



**UNIVERSIDADE DE ÉVORA**

**ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA RURAL

**Escolas Primárias do Plano dos  
Centenários do Concelho de Redondo:  
Proposta de Melhoria da sua Eficiência  
Energética**

**Maria Dulce Gato Serranito**

Sob a Orientação de: Professor Doutor José Júlio  
Correia da Silva

**Mestrado em Engenharia Civil**

Área de Especialização: Construção

Dissertação

Évora, 2014



**UNIVERSIDADE DE ÉVORA**

**ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA RURAL

**Escolas Primárias do Plano dos  
Centenários do Concelho de Redondo:  
Proposta de Melhoria da sua Eficiência  
Energética**

**Maria Dulce Gato Serranito**

Sob a Orientação de: Professor Doutor José Júlio  
Correia da Silva

**Mestrado em Engenharia Civil**

Área de Especialização: Construção

Dissertação

Évora, 2014



**Escolas Primárias do Plano dos Centenários do Concelho de Redondo:  
Proposta de Melhoria da sua Eficiência Energética**

**RESUMO**

As Escolas do Plano dos Centenários, com a sua arquitetura típica, acabaram por se tornar uma imagem de marca de Portugal. No entanto, a grande maioria destes edifícios encontra-se hoje desativada. É, pois, com base nesses factos, que se propôs fazer a presente dissertação.

Tendo em consideração as exigências regulamentares e sendo que as questões relacionadas com a eficiência energética dos edifícios estão cada vez mais em foco, torna-se de grande importância aproveitar as intervenções nestes edifícios como uma oportunidade para melhorar a sua eficiência energética.

Esta dissertação tem como objetivo caracterizar as Escolas Primárias do Plano dos Centenários do concelho de Redondo e, assumindo dois desses edifícios como representativos, propor novas utilizações e soluções para melhoria da sua eficiência energética sem, no entanto, comprometer a sua identidade.

Com base nas soluções de reabilitação energética propostas, pretende-se averiguar o comportamento térmico dos edifícios, comparando-os com as soluções existentes.

Palavras-chave: Escolas do Plano dos Centenários; Eficiência Energética; Reconversão de Edifícios; Reabilitação Energética.



**Primary Schools of Centenarian Plan of Redondo County**  
**Proposal to Improve their Energy Efficiency**

**ABSTRACT**

The Schools of *Plano Dos Centenários* (Plan of Centenarians), with its distinctive architecture, became a brand image of Portugal. However, the vast majority of these buildings is today unoccupied. It is on that basis, that was proposed the development of this thesis.

Taking into account the regulatory requirements and that issues related to energy efficiency in buildings are increasingly in focus, it becomes very important take advantage of the interventions in these buildings, as an opportunity to improve their energy Efficiency.

This dissertation aims to characterize the Primary Schools of *Plano Dos Centenários* county Redondo and, assuming two of these buildings as representative, propose new uses and solutions to improve their energy efficiency without, however, compromising their identity.

Based on proposed solutions for energy rehabilitation, it is intended to investigate the thermal performance of buildings, comparing them with existing solutions.

Key Words: Schools of Centenarians Plan; Energy efficiency; Buildings Reconversion; Energy Rehabilitation.



## **AGRADECIMENTOS**

Ao Professor Doutor José Júlio Correia da Silva, por ter aceite ser meu orientador, pela disponibilidade e incentivo que me prestou, de forma a conseguir alcançar os objetivos a que me propus.

Aos meus colegas do Gabinete Técnico da Câmara Municipal de Redondo, em particular à Arquiteta Teresa Carvalho, ao Engenheiro Pedro Proença e ao Desenhador Nuno Ramalho, pelos ensinamentos e pela disponibilidade, não só na elaboração da minha dissertação, mas também ao longo do meu percurso profissional na Câmara Municipal de Redondo.

Ao Tiago, pelo apoio incondicional que sempre me presta.

Aos meus pais e à minha irmã, por serem o meu pilar, e por estarem sempre presentes, em todas as etapas da minha vida.



## ÍNDICE GERAL

|            |   |    |
|------------|---|----|
| 1.         | Introdução.....   | 1  |
| 1.1.       | Enquadramento Geral.....  | 1  |
| 1.2.       | Objetivos.....  | 2  |
| 1.3.       | Organização do Trabalho.....                                      | 2  |
| 2.         | Escolas Primárias do Plano dos Centenários.....                   | 5  |
| 2.1.       | O Estado Novo e o Plano dos Centenários.....                      | 5  |
| 2.2.       | A Nova Rede Escolar.....  | 7  |
| 2.3.       | Os Projetos e a Construção das Escolas.....                       | 8  |
| 2.4.       | Intervenção das Câmaras Municipais na Construção das Escolas..... | 12 |
| 2.5.       | Escolas Primárias dos Centenários do Concelho de Redondo.....     | 13 |
| 3.         | Reabilitação Energética em Edifícios.....                         | 19 |
| 3.1.       | Conceitos de Intervenção no Património Construído.....            | 19 |
| 3.2.       | Breve Enquadramento Legal.....                                    | 20 |
| 3.3.       | Medidas de Reabilitação Energética em Edifícios.....              | 22 |
| 3.3.1.     | Reabilitação Térmica da Envolvente dos Edifícios.....             | 24 |
| 3.3.1.1.   | Reabilitação Térmica de Paredes Exteriores.....                   | 24 |
| 3.3.1.1.1. | Isolamento Térmico Aplicado pelo Exterior.....                    | 24 |
| 3.3.1.1.2. | Isolamento Térmico Aplicado pelo Interior.....                    | 27 |
| 3.3.1.1.3. | Isolamento Térmico na Caixa-de-ar de Paredes Duplas.....          | 28 |
| 3.3.1.2.   | Reabilitação Térmica de Pavimentos.....                           | 28 |
| 3.3.1.2.1. | Isolamento Térmico Inferior.....                                  | 29 |
| 3.3.1.2.2. | Isolamento Térmico Superior.....                                  | 29 |
| 3.3.1.2.3. | Isolamento Térmico Intermédio.....                                | 30 |
| 3.3.1.3.   | Reabilitação Térmica de Coberturas.....                           | 30 |
| 3.3.1.3.1. | Coberturas Inclínadas.....  | 31 |
| 3.3.1.3.2. | Coberturas Horizontais.....                                       | 32 |
| 3.3.1.4.   | Principais Materiais de Isolamento Térmico.....                   | 32 |
| 3.3.1.4.1. | Poliestireno Expandido Moldado (EPS).....                         | 33 |

|            |  |    |
|------------|--|----|
| 3.3.1.4.2. | Poliestireno Expandido Extrudido (XPS).....  | 34 |
| 3.3.1.4.3. | Lã Mineral (MW).....   | 35 |
| 3.3.1.4.4. | Aglomerado de Cortiça Expandida (ICB).....   | 35 |
| 3.3.1.4.5. | Espuma Rígida de Poliuretano (PUR).....  | 36 |
| 3.3.1.4.6. | Vermiculite Expandida (VA).....  | 37 |
| 3.3.1.4.7. | Argila Expandida (LwA).....  | 37 |
| 3.3.1.5.   | Reabilitação Térmica de Vãos Envidraçados.....   | 37 |
| 3.3.1.5.1. | Controlo dos Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados.....   | 39 |
| 3.3.1.5.2. | Controlo das Infiltrações de Ar.....   | 40 |
| 3.3.1.6.   | Melhoria da Eficiência da Iluminação Natural.....  | 41 |
| 3.3.1.7.   | Melhoria da Eficiência da Ventilação Natural.....  | 42 |
| 3.3.2.     | Recurso a Energia Proveniente de Fontes Renováveis.....  | 43 |
| 3.3.2.1.   | Instalação de Coletores Solares Térmicos.....  | 44 |
| 3.3.3.     | Reabilitação Energética dos Sistemas e Instalações.....  | 44 |
| 3.3.3.1.   | Melhoria da Eficiência da Iluminação Artificial.....   | 44 |
| 3.3.3.2.   | Melhoria da Eficiência dos Sistemas de Climatização.....   | 45 |
| 3.3.3.3.   | Melhoria da Eficiência dos Equipamentos para Produção de Águas<br>Quentes Sanitárias.....                                  | 45 |
| 4.         | Casos de Estudo – Propostas de Intervenção.....  | 47 |
| 4.1.       | Edifício Escolar da Aldeia da Serra D’Ossa.....  | 47 |
| 4.1.1.     | Imagens do Existente.....  | 47 |
| 4.1.2.     | Reconversão da Escola Primária da Aldeia da Serra D’Ossa em Centro de Dia<br>e Apoio Domiciliário.....                     | 49 |
| 4.1.2.1.   | Contexto.....  | 49 |
| 4.1.2.2.   | Reconversão – Proposta.....  | 50 |
| 4.1.2.3.   | Acessos – Proposta.....  | 50 |
| 4.1.2.4.   | Áreas Funcionais - Proposta.....   | 51 |
| 4.1.2.5.   | Intervenção Construtiva - Proposta.....  | 51 |
| 4.1.3.     | Medidas de Reabilitação Energética a Implementar no Edifício.....  | 52 |
| 4.1.3.1.   | Reabilitação Térmica das Paredes Exteriores.....   | 52 |
| 4.1.3.1.1. | Benefícios Térmicos da Solução Proposta face à Solução Existente –<br>Coeficientes de Transmissão Térmica das Paredes..... | 54 |

|            |  |    |
|------------|--|----|
| 4.1.3.2.   | Reabilitação Térmica do Pavimento .....  | 56 |
| 4.1.3.2.1. | Benefícios Térmicos da Solução Proposta face à Solução Existente –<br>Coeficientes de Transmissão Térmica dos Pavimentos.....      | 57 |
| 4.1.3.3.   | Reabilitação Térmica da Cobertura.....   | 59 |
| 4.1.3.3.1. | Benefícios Térmicos da Solução Proposta face à Solução Existente –<br>Coeficientes de Transmissão Térmica das Coberturas .....     | 59 |
| 4.1.3.4.   | Reabilitação Térmica dos Vãos Envidraçados.....  | 61 |
| 4.1.3.5.   | Melhoria da Eficiência da Iluminação.....  | 65 |
| 4.1.3.6.   | Melhoria da Eficiência da Ventilação Natural .....   | 65 |
| 4.1.3.7.   | Melhoria da Eficiência dos Sistemas de Climatização.....   | 66 |
| 4.1.3.8.   | Melhoria da Eficiência dos Equipamentos para Produção de Águas<br>Quentes sanitárias (AQS) .....                                   | 66 |
| 4.1.4.     | Estudo Térmico Comparativo - Escola da Serra D`Ossa (Solução Existente) e<br>Centro de Dia da Serra D`Ossa (Solução Proposta)..... | 66 |
| 4.1.4.1.   | Elementos Gerais – Solução Existente e Solução Proposta.....   | 67 |
| 4.1.4.2.   | Caracterização dos Parâmetros Térmicos dos Sistemas de Climatização -<br>Solução Existente e Solução Proposta.....                 | 67 |
| 4.1.4.3.   | Caracterização dos Parâmetros Térmicos do Sistemas de Produção de AQS<br>– Solução Existente e Solução Proposta .....              | 68 |
| 4.1.4.4.   | Definição dos Parâmetros das Soluções de Ventilação – Solução Existente<br>e Solução Proposta.....                                 | 68 |
| 4.1.4.5.   | Identificação de Espaços não Úteis - Solução Existente e Solução<br>Proposta.....  | 69 |
| 4.1.4.6.   | Caracterização das Propriedades Térmicas da Envolvente Opaca – Solução<br>Existente e Solução Proposta.....                        | 69 |
| 4.1.4.7.   | Caracterização das Propriedades Térmicas dos Vãos Envidraçados –<br>Solução Existente e Solução Proposta.....                      | 72 |
| 4.1.4.8.   | Inércia Térmica – Solução Existente e Solução Proposta.....  | 73 |
| 4.1.4.9.   | Análise do Comportamento Térmico do Edifício – Solução Existente e<br>Solução Proposta .....                                       | 74 |
| 4.2.       | Edifício Escolar de redondo.....   | 77 |
| 4.2.1.     | Imagens dos Existente .....  | 77 |

|            |   |    |
|------------|---|----|
| 4.2.2.     | Reconversão da Antiga Escola Primária de Redondo em Pousada da Juventude.....   | 79 |
| 4.2.2.1.   | Contexto.....   | 79 |
| 4.2.2.2.   | Reconversão – Proposta.....   | 80 |
| 4.2.2.3.   | Programa – Proposta.....  | 81 |
| 4.2.2.4.   | Organização funcional – Proposta.....   | 82 |
| 4.2.2.5.   | Solução Construtiva: Materiais e Acabamentos – Proposta.....  | 83 |
| 4.2.3.     | Medidas de Reabilitação Energética a Implementar no Edifício.....   | 84 |
| 4.2.3.1.   | Reabilitação Térmica das Paredes Exteriores.....  | 84 |
| 4.2.3.1.1. | Benefícios Térmicos das Soluções Propostas face às Soluções Existentes – Coeficientes de Transmissão Térmica das Paredes.....   | 85 |
| 4.2.3.2.   | Reabilitação Térmica do Pavimento.....  | 87 |
| 4.2.3.2.1. | Benefícios Térmicos das Soluções Propostas face às Soluções Existente – Coeficientes de Transmissão Térmica dos Pavimentos..... | 88 |
| 4.2.3.3.   | Reabilitação Térmica da Cobertura.....  | 90 |
| 4.2.3.3.1. | Benefícios Térmicos das Soluções Propostas face às Soluções Existente – Coeficientes de Transmissão Térmica das Coberturas..... | 91 |
| 4.2.3.4.   | Reabilitação Térmica dos Vãos Envidraçados.....   | 93 |
| 4.2.3.5.   | Melhoria da Eficiência da Iluminação.....   | 95 |
| 4.2.3.6.   | Melhoria da Eficiência da Ventilação Natural.....   | 96 |
| 4.2.3.7.   | Melhoria da Eficiência dos Sistemas de Climatização.....  | 96 |
| 4.2.3.8.   | Melhoria da Eficiência dos Equipamentos para Produção de AQS.....   | 96 |
| 4.2.4.     | Estudo Térmico Comparativo - Escola de redondo (Solução Existente) e pousada da juventude de redondo (Solução Proposta).....    | 97 |
| 4.2.4.1.   | Elementos Gerais – Solução Existente e Solução Proposta.....  | 97 |
| 4.2.4.2.   | Caracterização dos Parâmetros Térmicos dos Sistemas de Climatização - Solução Existente e Solução Proposta.....                 | 98 |
| 4.2.4.3.   | Caracterização dos Parâmetros Térmicos do Sistemas de Produção de AQS – Solução Existente e Solução Proposta.....               | 98 |
| 4.2.4.4.   | Definição dos Parâmetros das Soluções de Ventilação – Solução Existente e Solução Proposta.....                                 | 99 |

|              |  |     |
|--------------|--|-----|
| 4.2.4.5.     | Identificação de Espaços não Úteis - Solução Existente e Solução Proposta.....                             | 100 |
| 4.2.4.6.     | Caracterização das Propriedades Térmicas da Envolvente Opaca - Solução Existente e Solução Proposta.....   | 101 |
| 4.2.4.7.     | Caracterização das Propriedades Térmicas dos Vãos Envidraçados - Solução Existente e Solução Proposta..... | 103 |
| 4.2.4.8.     | Inércia Térmica – Solução Existente e Solução Proposta.....  | 103 |
| 4.2.4.9.     | Análise do Comportamento Térmico do Edifício – Situação Existente e Situação Proposta.....                 | 104 |
| 5.           | Conclusões .....   | 107 |
| 6.           | Bibliografia .....   | 111 |
| Anexos ..... |  | 117 |
|              | Anexo I- Isolamento Térmico na Envolvente Opaca dos Edifícios .....  | 119 |
|              | Anexo II- Edifício Escolar da Aldeia da Serra .....  | 127 |
|              | II.1 - Projeto de Arquitetura – Existente e Proposto .....   | 129 |
|              | II.2 - Folhas de Cálculo do RCCTE – Situação Existente e Situação Proposta .....                           | 137 |
|              | II.3 - Inércia Térmica – Situação Existente e Situação Proposta .....                                      | 163 |
|              | Anexo III- Cálculo dos Coeficientes de Transmissão Térmica .....   | 169 |
|              | III.1 - Coeficientes de Transmissão Térmica dos Elementos da Envolvente.....                               | 171 |
|              | Anexo IV- Edifício Escolar de Redondo .....  | 177 |
|              | IV.1 - Projeto de Arquitetura – Existente e Proposto .....   | 179 |
|              | IV.2 – Reconversão da Antiga Escola em Pousada da Juventude .....  | 209 |
|              | IV.3 – Folhas de Cálculo do RCCTE – Situação Existente e Situação Proposta.....                            | 215 |
|              | IV.4 – Inércia Térmica – Situação Existente e Situação Proposta.....                                       | 241 |



# ÍNDICE DE FIGURAS

## CAPITULO 2

|   |    |
|---|----|
| Figura 2. 1 – Desenhos Representativos – Escola do Freixo – Planta, Alçado Principal e Alçado Posterior.....  | 15 |
| Figura 2. 2 – Desenhos Representativos – Escola da Serra D`Ossa – Planta, Alçado Principal, Alçado Posterior, Alçado Lateral Direito e Alçado Lateral Esquerdo..... | 16 |
| Figura 2. 3 – Escola de Santa Susana – Plantas, Alçado Principal, Alçado Posterior, Alçado Lateral Direito e Alçado Lateral Esquerdo. ....                          | 17 |

## CAPITULO 4

|  |    |
|--|----|
| Figura 4. 1 – Acessos, um de viaturas e outro pedonal ao lote. ....                    | 47 |
| Figura 4. 2 – Vista geral da fachada principal e da fachada posterior do edifício..... | 48 |
| Figura 4. 3 – Zona de acesso e vãos de peito da fachada principal.....                 | 48 |
| Figura 4. 4 – Fachada lateral e pormenor da zona do recreio coberto. ....              | 48 |
| Figura 4. 5 – Fachada posterior na sua totalidade. ....                                | 48 |
| Figura 4. 6 – Átrio de entrada e sala de aula.....                                     | 49 |
| Figura 4. 7 – Janela da sala de aula. ....   | 49 |
| Figura 4. 8 – Sistema de isolamento pelo interior com placas <i>Gypcork</i> .....      | 54 |
| Figura 4. 9 – Disposição dos vãos na fachada poente. ....                              | 63 |
| Figura 4. 10 – Disposição dos vãos na fachada nascente (Proposto).....                 | 64 |
| Figura 4. 11 – Disposição dos vãos na fachada norte (Proposto).....                    | 64 |
| Figura 4. 12 – Fachada Principal e Fachada Posterior.....                              | 77 |
| Figura 4. 13 – Fachada lateral Esquerda e Fachada Lateral Direita.....                 | 77 |
| Figura 4. 14 – Fachada Principal e Fachada Posterior.....                              | 77 |
| Figura 4. 15 – Fachada Lateral Direita. ....   | 77 |
| Figura 4. 16 – Vista geral da Fachada Lateral Esquerda. ....                           | 78 |
| Figura 4. 17 – Fachada Principal. ....   | 78 |
| Figura 4. 18 – Fachada Posterior.....  | 78 |
| Figura 4. 19 – Fachada Lateral Direita. ....   | 78 |
| Figura 4. 20 – Fachada Lateral Esquerda. ....  | 78 |
| Figura 4. 21 – Disposição dos Edifícios no Lote de Terreno. ....                       | 79 |



# ÍNDICE DE QUADROS

## CAPITULO 4

|   |     |
|---|-----|
| Quadro 4. 1 – Caracterização das propriedades térmicas dos elementos verticais da envolvente opaca – Coeficiente de transmissão térmica (U) – Paredes .....               | 55  |
| Quadro 4. 2 – Caracterização das propriedades térmicas dos elementos horizontais da envolvente opaca – Coeficiente de transmissão térmica (U) – Pavimentos.....           | 58  |
| Quadro 4. 3 – Caracterização das propriedades térmicas dos elementos horizontais da envolvente opaca – Coeficiente de transmissão térmica (U) – Coberturas.....           | 60  |
| Quadro 4. 4 – Coeficiente $\tau$ para os espaços não úteis. ....  | 69  |
| Quadro 4. 5 – Coeficiente U ( $W/m^2\text{°C}$ ) para a zona climática de inverno I1 (Quadro IX.1 do RCCTE).....  | 70  |
| Quadro 4. 6 – $g_{\perp}$ máximos admissíveis de vãos envidraçados com mais de 5% de área útil do espaço que servem (Quadro IX.2, RCCTE).....                             | 70  |
| Quadro 4. 7 – Coeficiente de transmissão térmica (U) – Paredes. ....  | 70  |
| Quadro 4. 8 – Coeficiente de transmissão térmica (U) – Pavimentos.....  | 71  |
| Quadro 4. 9 – Coeficiente de transmissão térmica (U) – Coberturas.....  | 71  |
| Quadro 4. 10 – Características dos vãos envidraçados - solução existente.....   | 72  |
| Quadro 4. 11 – Características dos vãos envidraçados - solução proposta. ....   | 73  |
| Quadro 4. 12 – Coeficientes de transmissão térmica dos elementos dos vãos envidraçados - solução proposta.....  | 73  |
| Quadro 4. 13 – Classe da Inércia Interior (Quadro VII.6 do RCCTE).....  | 73  |
| Quadro 4. 14 – Classes Energéticas dos edifícios. ....  | 74  |
| Quadro 4. 15 – Mapa de valores nominais para a fração autónoma – Situação Existente e Situação Proposta.....  | 75  |
| Quadro 4. 16 - Caracterização das propriedades térmicas dos elementos verticais da envolvente opaca dos edifícios – Coeficiente de transmissão térmica (U) – Paredes..... | 85  |
| Quadro 4. 17 – Caracterização das propriedades térmicas dos elementos horizontais da envolvente opaca – Coeficiente de transmissão térmica (U) – Pavimentos.....          | 89  |
| Quadro 4. 18 – Caracterização das propriedades térmicas dos elementos horizontais da envolvente opaca – Coeficiente de transmissão térmica (U) – Coberturas.....          | 92  |
| Quadro 4. 19 – Coeficiente $\tau$ para os espaços não úteis – Edifícios 1 e 2. ....   | 100 |
| Quadro 4. 20 – Coeficiente $\tau$ para os espaços não úteis – Edifício 3.....   | 100 |

|   |     |
|---|-----|
| Quadro 4. 21- Coeficiente $\tau$ para os espaços não úteis – Edifício 4.....  | 101 |
| Quadro 4. 22 – Coeficiente de transmissão térmica (U) – Paredes.....  | 101 |
| Quadro 4. 23 – Coeficiente de transmissão térmica (U) – Pavimentos.....   | 101 |
| Quadro 4. 24 – Coeficiente de transmissão térmica (U) – Coberturas.....   | 102 |
| Quadro 4. 25 – Mapa de valores nominais para a frações autónoma – Situação Existente e Situação Proposta – Edifícios 1 e 2..... | 104 |
| Quadro 4. 26 – Mapa de valores nominais para a frações autónoma – Situação Existente e Situação Proposta – Edifício 3.....      | 105 |
| Quadro 4. 27 – Mapa de valores nominais para a frações autónoma – Situação Existente e Situação Proposta – Edifício 4.....      | 105 |

## ANEXOS

|   |     |
|---|-----|
| Quadro I. 1 – Soluções de isolamento térmico pelo lado exterior de paredes exteriores . | 121 |
| Quadro I. 2 – Soluções de isolamento térmico nos pavimentos, em posição inferior .....  | 121 |
| Quadro I. 3 – Soluções de isolamento térmico em coberturas inclinadas.....              | 122 |
| Quadro I. 4 – Soluções de isolamento térmico em coberturas horizontais .....            | 123 |
| Quadro I. 5 – Principais isolantes térmicos na reabilitação de paredes exteriores ..... | 124 |
| Quadro I. 6 – Principais isolantes térmicos na reabilitação térmica de pavimentos.....  | 125 |
| Quadro I. 7 – Principais isolantes térmicos na reabilitação térmica de coberturas.....  | 126 |

| SÍMBOLO        | DESIGNAÇÃO  | UNIDADE             |
|----------------|---|---------------------|
| $A_i$          | Área do elemento que separa o espaço útil interior do espaço não útil.          | $m^2$               |
| $A_u$          | Área que separa o espaço não útil do ambiente exterior adjacente.               | $m^2$               |
| $A_p$          | Área útil de pavimento.   | $m^2$               |
| $I_t$          | Massa superficial útil por unidade de área útil de pavimento (inércia térmica)  | $kg/m^2$            |
| $M_{si}$       | Massa superficial útil do elemento.   | $kg/m^2$            |
| $m_t$          | Massa total do elemento.  | $kg/m^2$            |
| $N_a$          | Necessidades nominais anuais para produção de águas quentes sanitárias máximas. | $kWh/m^2.ano$       |
| $N_{ac}$       | Necessidades nominais anuais para produção de águas quentes sanitárias.         | $kWh/m^2.ano$       |
| $N_i$          | Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento máximas.          | $kWh/m^2.ano$       |
| $N_{ic}$       | Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento.                  | $kWh/m^2.ano$       |
| $N_t$          | Necessidades globais de energia primária máximas.                               | $kg_{ep}/m^2.ano$   |
| $N_{tc}$       | Necessidades globais de energia primária.                                       | $kg_{ep}/m^2.ano$   |
| $N_v$          | Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento máximas.        | $kWh/m^2.ano$       |
| $N_{vc}$       | Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento.                | $kWh/m^2.ano$       |
| $\theta_{atm}$ | Temperatura média do ar exterior.   | $^{\circ}C$         |
| $R$            | Resistência térmica.  | $m^2.{}^{\circ}C/W$ |
| $R$            | Fator de redução.   | -                   |
| $r_i$          | Fator de correção   | -                   |
| $g$            | Fator solar do vão envidraçado  | -                   |

|   |  |                      |
|---|--|----------------------|
| T | Coeficiente de redução das perdas térmicas, para locais não aquecidos. | -                    |
| U | Coeficiente de transmissão térmica superficial.                        | W/m <sup>2</sup> .°C |
| L | Permeabilidade ao ar   | -                    |
| S | Fração envidraçada   |                      |
| Λ | Condutibilidade térmica.   | W/m.°C               |
| Ψ | Coeficiente de transmissão térmica linear.                             | W/m.°C               |

## **ABREVIATURAS    DENOMINAÇÃO**

|        |   |
|--------|---|
| EPS    | Poliestireno Expandido Moldado  |
| ETICS  | Sistemas Compósitos de Isolamento Térmico pelo Exterior                         |
| GEE    | Gases de Efeito de Estufa   |
| ICB    | Placas de Aglomerado de Cortiça Expandida                                       |
| LNEC   | Laboratório Nacional de Engenharia Civil.                                       |
| LWA    | Argila Expandida (em grânulos)  |
| MW     | Placas e Mantas de Lã Mineral   |
| NZEB   | <i>Net Zero Energy Buildings</i>  |
| PUR    | Espuma Rígida de Poliuretano  |
| PVC    | Policloreto de Vinil  |
| RQSECE | Regulamento da Qualidade dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios  |
| RSECE  | Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios               |
| SCE    | Sistema de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios. |
| UF     | Espuma de Ureia-formaldeído   |
| VA     | Vermiculite Expandida (em grânulos)   |
| XPS    | Poliestireno Expandido Extrudido  |



# **1. INTRODUÇÃO**

## **1.1. ENQUADRAMENTO GERAL**

As Escolas do Plano dos Centenários, com a sua arquitetura típica, acabaram por se tornar uma imagem de marca de Portugal, existindo, pelo menos, um exemplar em quase todas as povoações do país. O Redondo não é exceção, existindo várias escolas deste plano, quer na vila quer em todas as aldeias que compõem o Concelho.

Presentemente todas essas escolas do Concelho estão desativadas, devido, não só, à quebra populacional nas pequenas povoações e à baixa da natalidade, mas, também, à construção de novos centros escolares nas sedes de freguesia, criados com o objetivo de conseguir espaços mais funcionais e de concentrar todas as crianças num mesmo espaço, reduzindo, deste modo, os custos relativos ao funcionamento de várias escolas em simultâneo.

Ficam, assim, um conjunto de edifícios, com grande potencial a nível arquitetónico e estrutural, livres para outras utilizações, dependendo das necessidades atuais do concelho.

Tendo em consideração a Diretiva 2012/27/UE de 25 de Outubro de 2012 relativa à eficiência energética, a Diretiva 2010/31/UE de 19 de Maio relativa ao desempenho energético dos edifícios, o Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifício (RCCTE - Decreto-Lei 80/2006) e atualmente com a entrada em vigor em Portugal da nova regulamentação térmica (Decreto-Lei 118/2013), torna-se de grande importância aproveitar as intervenções em edifícios existentes, como uma oportunidade para tomar medidas rentáveis para melhorar a sua eficiência energética.

Esta dissertação pretende abordar as escolas do 1º ciclo do Plano dos Centenários do concelho de Redondo e propor medidas de reabilitação energética a implementar em dois desses edifícios escolares existentes.

Pretende-se melhorar o conforto térmico dos edifícios, para que não sejam necessários gastos exagerados de energia auxiliar para fins de aquecimento e/ou arrefecimento, conduzindo, assim, à criação de edifícios mais autónomos energeticamente.

A reabilitação de edifícios deve enquadrar-se nos princípios da Construção Sustentável, procurando não só a redução do impacto na produção de energia mas, também, a redução da extração de matérias-primas para a produção de materiais de construção e a redução das necessidades energéticas para o transportes de materiais.

Com este estudo, espera-se obter uma melhoria da eficiência energética dos edifícios escolhidos como representativos, de modo a que estes possam servir como ponto de partida para a efetiva reabilitação das escolas do Concelho.

## **1.2. OBJETIVOS**

Este trabalho visa caracterizar as Escolas do Plano dos Centenários do concelho de Redondo e, com base em dois edifícios representativos, propor novas utilizações para os mesmos e soluções para melhoria da sua eficiência energética, procurando que estes edifícios, atualmente desativados, ganhem uma nova vida e dinâmica e, deste modo, constituam uma mais-valia para o Concelho e para os que nele habitam.

Definem-se como objetivos principais:

- Caracterização das escolas primárias do Plano dos Centenários do concelho de Redondo;
- Propostas de intervenção no sentido de melhorar a eficiência energética dos edifícios representativos.

## **1.3. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO**

A presente dissertação divide-se em cinco capítulos, de acordo com o que se apresenta em seguida.

### **Capítulo 1 – Introdução**

Neste capítulo, e a título de enquadramento, é apresentado, de uma forma breve, o paradigma energético existente atualmente, bem como as motivações que levaram à escolha do tema da dissertação e o objetivo que se pretende com a elaboração da mesma.

### **Capítulo 2 – Escolas Primárias do Plano dos Centenários**

No segundo capítulo é apresentado, de uma forma breve, o Plano dos Centenários, o contexto em que surgiu, as motivações e os objetivos do mesmo. Dentro deste contexto, são apresentadas as escolas do concelho de Redondo, construídas durante o Estado Novo.

### **Capítulo 3 – Reabilitação Energética nos Edifícios**

O terceiro capítulo contempla o enquadramento legal no que respeita à eficiência energética dos edifícios e uma revisão geral dos conceitos relacionados com a reabilitação energética. Da mesma forma, é descrito um conjunto de medidas gerais de reabilitação energética que podem ser implementadas em edifícios.

### **Capítulo 4 - Casos de Estudo: Edifício Escolar da Aldeia da Serra D`Ossa e Edifício Escolar de Redondo**

Neste capítulo são caracterizados dois edifícios escolares onde se pretende intervir e as novas opções para os mesmos, em termos de utilização futura, tendo em conta as

necessidades do concelho. Com base nas soluções apresentadas para cada edifício, cujas intervenções arquitetónicas passam principalmente por uma reestruturação do espaço interior, são apresentadas propostas para melhoria da sua eficiência energética.

Por fim, é apresentado um estudo térmico comparativo para os edifícios no seu estado atual e com a implementação das soluções propostas.

### **Capítulo 5 – Conclusões**

Por fim, são apresentadas as conclusões tiradas com a elaboração deste trabalho.



## 2. ESCOLAS PRIMÁRIAS DO PLANO DOS CENTENÁRIOS

### 2.1. O ESTADO NOVO E O PLANO DOS CENTENÁRIOS

#### O Estado Novo

Designa-se por “Estado Novo” o regime político que vigorou em Portugal entre 1933 (data da Constituição) e 1974, tendo como chefe de governo António de Oliveira Salazar e Marcello Caetano. Foi um regime autoritário, em que o poder legislativo, executivo e judicial se concentrou no chefe de governo. [1]

#### Breve Contextualização da Ascensão de Salazar ao Poder e do Início do Estado Novo

Em 1926, quando o país se encontrava sob a ditadura militar do general Gomes da Costa, António de Oliveira Salazar é convidado a assumir a pasta das finanças. Porém, manteve o cargo durante pouco tempo, oficialmente durante dois meses, “*Não era homem para estar á volta de uma mesa a suportar o convívio da governação, ouvindo opiniões de uns e de outros, aquiescendo numas, repudiando outras, discutindo até ao ponto de se alcançar o consenso geral...*” [1]p.721.

Devido à má situação financeira do país e, dada a urgência em remediá-la, insistiu-se para a volta de Salazar, pela confiança e determinação que transmitia, sendo que dois anos depois, em 1928, ainda em plena ditadura militar, assume novamente a pasta das Finanças. Durante este cargo, destacou-se por ter conseguido um saldo positivo para o orçamento do Estado. [1]

É, então, em 5 de Junho de 1932, que assume a pasta da Presidência do Conselho de Ministros, onde começa um período de 41 anos de um poder conservador e autoritário. [1]

#### O Estado Novo e a Educação

Com o novo regime político pretendia-se impor nas Escolas Portuguesas as regras de pensamento e de comportamento da doutrina social. Havia a intenção de ensinar as crianças a ler e escrever, mas era prioritário educar ideológica e politicamente o povo. [2]

A partir de 18 de Janeiro de 1936, começaram a ser redigidas e publicadas um conjunto de leis e decretos que impregnaram todo o Sistema Educativo da Ideologia do Estado Novo, nomeadamente: [2]

- A instituição da Junta Nacional de Educação, que estabeleceu o exame e aprovação de projetos de construção escolar (Base I da Lei n.º 1941, de 11 de Abril de 1936).
- A obrigatoriedade dos livros únicos para as várias disciplinas do Ensino Primário (Base X da Lei n.º 1941, de 11 de Abril de 1936);

- Obrigatoriedade de todas as escolas públicas disporem de um crucifixo de modelo oficial, atrás e acima da cadeira do professor (Base XII da Lei n.º 1941, de 11 de Abril de 1936);
- Criação da Organização Nacional da Mocidade Portuguesa e consequente extinção de todas as outras organizações juvenis (Decreto-Lei n.º26611, de 19 de Maio de 1936);
- A gerência em todas as formas do ensino infantil e da educação própria das raparigas pela Obra das Mães para a Educação Nacional (Decreto n.º26893, de 15 de Agosto de 1936);
- Atribuição da 3ª Classe como escolaridade elementar (Decreto n.º 27603, de 20 de Março de 1937);
- Aceitação do nível elementar (3º Classe) como habilitação suficiente em todos os casos em que fosse exigida por lei, a instrução primária (Base III da Lei n.º 1969, de 20 de Maio de 1938);
- Criação de Postos Escolares, nos meios rurais, cujo regente de cada posto teria que prestar provas de cultura geral (Base IV e V da Lei n.º 1969, de 20 de Maio de 1938);
- Atribuição às Câmaras Municipais a responsabilidade de fornecerem as instalações para as Escolas e Postos Escolares (Base VII da Lei n.º 1969, de 20 de Maio de 1938);
- O Ensino Primário passou a ser gratuito para quem atestasse ser pobre, estabelecendo-se o pagamento de propinas, variáveis dependendo da situação económica das famílias. Criou-se, também, uma bolsa de estudos para os alunos pobres mas com boas capacidades morais e intelectuais (base X da Lei n.º 1969, de 20 de Maio de 1938).

### **O Plano dos Centenários**

O Plano dos Centenários constituiu um projeto de construção de escolas, em larga escala, realizado no período de 1941 a 1974, em Portugal. O Plano deve o seu nome ao terceiro centenário da Restauração da Independência e ao oitavo centenário da Independência de Portugal, comemorados, respetivamente, em 1940 e 1943. A elaboração do Plano foi atribuída a uma Comissão Central, que funcionava junto da Direcção-Geral do Ensino Primário do Ministério da Educação Nacional, com vários representantes dos Ministérios do Interior, das Obras Públicas e Comunicações, com a colaboração dos diversos presidentes de câmaras municipais, diretores escolares dos distritos e delegados escolares dos concelhos. [3]

A construção das escolas coube à Direcção-Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais do Ministério das Obras Públicas.

Pretendia-se com o Plano a organização e a instalação de todos os edifícios de ensino primário necessários à instrução do Povo Português, de maneira que nenhuma criança deixasse de ter escola nas proximidades da sua residência e que cada escola tivesse construção própria e apropriada para o seu funcionamento. [2] [3]

*“O analfabetismo em Portugal vem de longe e não impediu que a nossa literatura fosse, em determinadas épocas, extremamente rica. Não nos cabe, aliás, a responsabilidade dessa lacuna e estamos fazendo tudo, ao contrário, para que deixe de existir, sobretudo para alargar quanto possível a nossa base de recrutamento dos valores sociais, hoje demasiado restrito. Estão lançadas as bases da grande reforma do ensino primário. Dentro de cinco, seis anos, conto que todas as crianças em idade escolar tenham à sua disposição escolas e professores que lhes ensinem a ler...”* (Salazar a António Ferro, Setembro de 1938, *in* Diário de Notícias de 16 de Outubro de 1938)

*“A escolaridade dos adultos ficava de fora, no Programa de Educação Nacional, admitindo-se que a emigração, o serviço militar e algumas condicionantes legais, acabariam, de algum modo, por atenuar as elevadas taxas de analfabetismo.”* (Diário de Notícias, de 16 de Outubro de 1938).

Ao nível de cada capital de distrito, os edifícios escolares produziam um forte impacto social e político. Impacto esse que teria de ser transmitido aos núcleos de freguesia: as novas escolas primárias seriam, assim, chamadas Escolas Centenárias.

## **2.2. A NOVA REDE ESCOLAR**

*“O governo iniciará em 1941 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 as verbas necessárias para as obras a realizar em participação com os corpos administrativos ou outras entidades.”* (art.º 7.º da Lei n.º 1985, de 17 de Dezembro de 1940).

Em 29 de Julho de 1941, foram publicados no Diário do Governo n.º174: [2]

- O despacho do presidente do concelho de ministros, datado de 15 de julho de 1941, em que eram apresentados os critérios de formulação do plano e em que era referida a comissão que trabalharia no desenvolvimento da rede escolar. (o Decreto Lei n.º31468, de 19 de Agosto de 1941, regulamentou o funcionamento

da Comissão. A portaria, de 5 de Setembro de 1941, do MEN, as nomeações para os respetivos cargos);

- Os mapas de estimativa de despesas;
- Os mapas de distribuição de verbas, em que estabelecia o ano de 1951 como limite para o dispêndio de verbas, prolongando-se até 1956 o reembolso das participações das Câmaras (50% dos custos totais) adiantadas pelo estado;
- As previsões de edifícios e número de salas para cada edifício, definidas, concelho a concelho (que seria publicado no Diário do Governo II Série, de 5 de Abril de 1943).

### **2.3. OS PROJETOS E A CONSTRUÇÃO DAS ESCOLAS**

Com o surgimento do Plano dos Centenários, é criada a Delegação para as Obras de Construções de Escolas Primárias, que funcionou até a execução do Plano.

Os projetos-tipo escolhidos para as escolas primárias iriam ser os mesmos que os aplicados em 1935, os chamados “Projetos Regionalizados” de Raul Lino e Rogério Azevedo. [4]

#### **Projetos - tipo Regionalizados – Escolas Raul Lino e Rogério de Azevedo**

Os “Projetos-tipo Regionalizados” para edifícios escolares do ensino primário foram aprovados em 1935.

No Norte e Centro do País o projeto-tipo aprovado foi o projeto elaborado pelo arquiteto Rogério de Azevedo. Este consistia em 6 tipos regionais: Minho, Alto Minho, Douro, Beira Alta, Beira Litoral e Trás-os-Montes. As soluções de projeto permitiam harmonizar a zona envolvente com as características arquitetónicas do edifício. [2]

Na zona de Lisboa e no sul do país o projeto-tipo aprovado foi o projeto elaborado pelo arquiteto Raúl Lino. Este consistia em 3 tipos regionais: Algarve, Estremadura, Alentejo e Ribatejo.

A criação destes projetos teve por base as *Normas técnicas, higiénicas e pedagógicas* aprovadas em 1917 e deveriam ser construídos em série de acordo com as características da arquitetura regional, impostas pelos materiais próprios da região e pelas variações do clima. Deu-se igualmente importância à variação da luminosidade e ao grau de arejamento, o que condicionava a abertura de vãos e o pé-direito do edifício. [2]

De uma forma geral, os edifícios escolares de Raul Lino, tinham uma construção onde predominava o tijolo, com características arquitetónicas regionais. Cada edifício tinha um pequeno alpendre de entrada, seguindo-se um vestíbulo de acesso à sala de aula e ao pátio coberto, onde se situavam os sanitários. O telhado era revestido a telha de canudo. Na sala

de aula existia um fogão de sala tipo lareira, situado na parede oposta à das janelas e junto à parede do quadro preto. [2]

No exterior, as chaminés tinham, muitas vezes, um cata-vento, de ferro forjado, com motivo regional alegórico, girando sobre base construída em forma de arco, sobre-elevado de três centros.

As “Escolas Raúl Lino” apresentavam, para cada região, quatro soluções: soluções de 1, de 2, de 3 e de 4 salas.

As “Escolas Rogério de Azevedo” apresentavam as mesmas soluções para cada região que as soluções de Raul Lino. As plantas apresentavam soluções para 1 sala de aula, 2 salas sobrepostas, 2 salas térreas, 3 e 4 salas de aula. [2]

Até 1940 poucas escolas foram construídas por iniciativa do Estado. Era sobretudo devido à pressão de influentes locais e de doações que a sua construção era autorizada.

A partir de 1941 a Ditadura anunciou o grande plano para a concretização da rede escolar, que daria lugar a projetos-tipo designados por Plano dos Centenários. Os edifícios deste plano seriam uma adaptação de dois dos projetos regionais anteriores, procurando tornar efetiva a separação por sexos: recreios divididos para meninas e meninos, entradas diferentes e salas também separadas por alas ou por pisos, segundo o número de salas. [2] [4]

No entanto, e após a realização de estudos e consultas necessárias às câmaras municipais, percebeu-se que nem todas as soluções dos Projetos Regionalizados se poderiam adaptar às novas exigências funcionais.

Os projetos apresentavam alguns pormenores de arquitetura que tornavam bastante caros os orçamentos para a construção em massa de escolas. Foi assim determinada a revisão desses mesmos projetos, que coube aos arquitetos Manuel Fernandes de Sá, Joaquim Areal, Eduardo Moreira dos Santos e Alberto Braga de Souza. Nem Raúl Lino nem Rogério de Azevedo trabalhariam nos projetos das Escolas dos Centenários. [2] [4]

Os projetos teriam as seguintes configurações:

**Edifícios de 1 Sala – 1 Sexo** – Átrio, sala de aula, recreio coberto posterior com bloco de instalações sanitárias.

**Edifícios de 2 Salas – 1 Sexo** – Átrio, 2 salas de aula, recreio coberto posterior com bloco de instalações sanitárias. Os recreios cobertos eram separados através de instalações sanitárias existindo ainda, entre ambos, um espaço de arrumos.

**Edifícios de 2 salas - 2 Sexos** – Dois blocos geminados tendo cada um: átrio; sala de aula e recreio coberto posterior com bloco de instalações sanitárias. Os recreios cobertos eram separados através de instalações sanitárias existindo ainda, entre ambos, um espaço de arrumos.

**Edifícios de 3 Salas – 1 Sexo** – Rés-do-chão composto por átrio com corpo de escadas de acesso ao piso superior, 2 salas de aula, recreio coberto posterior com bloco de instalações sanitárias. 1º Andar composto por átrio com corpo de escadas e uma sala de aula.

**Edifícios de 4 Salas – 1 Sexo** – Rés-do-chão composto por átrio com corpo de escadas de acesso ao piso superior, 2 salas de aula, recreio coberto posterior com bloco de instalações sanitárias. 1º Andar composto por átrio com corpo de escadas e duas salas de aula.

**Edifícios de 4 Salas – 2 Sexos** – Dois blocos geminados de dois pisos, tendo cada um: rés-do-chão com átrio com corpo de escadas de acesso ao piso superior, sala de aula, recreio coberto posterior com bloco de instalações sanitárias. No 1º andar um átrio com corpo de escadas e sala de aula. Os recreios cobertos eram separados através de instalações sanitárias existindo ainda, entre ambos, um espaço de arrumos.

Também fora prevista a construção de edifícios de 6 e 8 salas, em cidades e em vilas, onde a concentração de crianças em idade escolar fosse significativa.

Quanto à escolha de terrenos destinados à edificação das escolas primárias, as principais regras a seguir foram: [4]

- Orientação entre Este (Nascente) e Sul, com preferência para a banda de Este;
- Frente do terreno adequada às dimensões das fachadas principais dos edifícios;
- Serem locais planos de modo a facilitar a construção;
- Terem pontos de água ou serem facilmente abastecíveis;
- Servirem corretamente o núcleo que o Plano dos Centenários determinava para a escola.

Em 1949, foi publicado o Decreto-Lei nº. 37 575, de 8 de Outubro, que estabelecia uma distância mínima de afastamento (200m) a cemitérios e a estabelecimentos considerados insalubres, incómodos, tóxicos ou perigosos. De igual forma, a Portaria nº. 15 760, de 9 de Março de 1956, retificou algumas das regras estipuladas pelas Instruções para a escolha de terrenos destinados à edificação das escolas primárias. Também foi definido que os terrenos para as escolas deveriam ser escolhidos nas sedes dos núcleos escolares. [5]

Os edifícios gémeos foram criados tendo em conta o princípio da não co-educação dos sexos. Eram edifícios geminados, em que a escola masculina e feminina se concentrara num único edifício, numa relação de simetria. A grande maioria dos edifícios geminados apresentava plantas com dois eixos normais, no entanto, alguns edifícios gémeos no Centro e no Sul apresentavam plantas com dois eixos paralelos.

No ano de 1944, foi iniciada a I Fase do Plano dos Centenários com a construção de 561 escolas, num total de 1260 salas de aula, distribuídas por todos os distritos dos Países. [5]

Alguns dos critérios invocados para justificar as necessidades de escolas por distrito e as prioridades por concelho eram: [3]

- Mau estado das instalações escolares já existentes;
- Elevado número de crianças inscritas para a frequência escolar;
- Facilidade de aquisição de terrenos;
- Ofertas locais de materiais de construção;
- Falta de salas para a separação de sexos.

Durante o Plano dos Centenários, na elaboração dos projetos e na construção, foram havendo ajustes, de modo a corrigir deficiências de funcionamento e conforto encontradas e de modo a cumprir os orçamentos aprovados pelo Estado [4].

No final do ano 1955, são efetuados novos estudos para a construção de edifícios escolares de uma e duas salas. Pouco depois, no início de 1956, foi elaborado um anteprojecto que consistia na elaboração de duas soluções: uma denominada Tipo Urbano e outra Tipo Rural.

Nos aglomerados urbanos, com um certo desenvolvimento económico, eram utilizadas soluções do Tipo Urbano. Por outro lado nas localidades rurais e pouco desenvolvidas, eram soluções do Tipo Rural.

Os novos projectos de escolas, nos quais se incluem o Tipo Rural e Tipo Urbano tinham que obedecer a alguns critérios, nomeadamente: [4]

- Uniformização das dimensões dos compartimentos: salas de aula, vestiários, blocos sanitários;
- Uniformização das dimensões dos vãos;
- Simplificação das coberturas, passando a duas águas em vez de quatro águas;
- Eliminação dos fogões de sala que, quando necessário, pudessem ser substituídos na sua função por salamandras;
- Redução de cantarias cujo emprego se limitará a peitoris, degraus e soleiras;
- Redução da espessura das paredes.

Os edifícios do tipo Urbano caracterizavam-se por apresentar uma ou duas salas de aula de 8,0 x 6,0 m, com 3,5 m de pé direito; um vestiário dimensionado de forma a nele se poder desenvolver uma escada, para o caso do edifício vir a ser acrescido de 1º andar; um recreio coberto com alpendre; blocos sanitários; e uma arrecadação. Nestes casos, os edifícios ou eram só para um sexo ou previam a separação da parte masculina e feminina.

[4]

Nos edifícios do Tipo Rural o mais comum era o de uma sala, de 8,0 x 6,0 m, com 3,5m de pé direito, um anexo com dois compartimentos sanitários, e um pequeno abrigo coberto, na zona da entrada. Muitas destas salas não dispunham de iluminação elétrica, uma vez que esta não estava difundida por todas as zonas do país, (a partir dos anos 60 é que se verificou uma progressiva expansão da rede elétrica). [5]

Com as novas reformulações, aprovadas em 1961 como Lei n.º 2107, iniciou-se a construção dos primeiros edifícios do Tipo Urbano de 4, 6 e 8 salas. Sendo que os edifícios de 1 e 2 salas foram considerados com um acréscimo à série de escolas de 4, 6, 8 e até 10 salas. No entanto continuaram a construir-se escolas do Tipo Rural de 1 e 2 salas [5].

Em 1966 dá-se por concluída a revisão dos projetos dos novos edifícios escolares com a alteração dos processos de construção e materiais, mantendo apenas o aspeto visual e áreas funcionais do edifício. As construções passaram a designar-se por Tipo Urbano 2 e Tipo Rural 2.

A última alteração aos projetos ocorreu em 1971, com a adaptação dos projetos-tipo à nova conceção pedagógica e construtiva. Com as alterações os edifícios obtiveram a designação de Tipo Urbano 3 e Tipo Rural 3.

Características previstas na nova solução: [5]

- Aumento do espaço das salas de aula, para uma área quadrada, com 7,10m x 7,10m (+ 2,5 m<sup>2</sup>/sala);
- Criação de áreas de trabalhos manuais, no prolongamento das salas de aula, ocupando parte do recreio coberto;
- Aumento do número de cabines dos blocos sanitários;
- Equipamento das salas com painéis de parede, para expor os trabalhos dos alunos;
- Criação de pequenas arrecadações, junto de cada aula, destinadas ao material escolar e didático;
- Construção de um pequeno recreio coberto para abrigo das crianças, localizado sobre a fachada posterior das escolas.

#### **2.4. INTERVENÇÃO DAS CÂMARAS MUNICIPAIS NA CONSTRUÇÃO DAS ESCOLAS**

Durante o Estado Novo, a administração das escolas ficou a cargo do Poder Central, e os projetos de arquitetura definidos pelo Ministério da Educação.

As Câmaras Municipais mantinham o controlo das políticas locais sobre os professores e a responsabilidade da reparação e conservação das infra-estruturas escolares, passando

a ter verbas específicas para as construções de novas escolas. Estas verbas estavam inscritas em Orçamento de Estado que depois de aprovadas eram transferidas para os Municípios.

No que diz respeito à tomada de decisão de construir as escolas nos seus concelhos, as Câmaras Municipais tinham um papel pouco significativo. No entanto, tinham a responsabilidade da escolha dos terrenos, juntamente com a sua aquisição ou expropriação. [4]

## **2.5. ESCOLAS PRIMÁRIAS DOS CENTENÁRIOS DO CONCELHO DE REDONDO**

Por observação e pela análise dos dados do arquivo da Câmara Municipal de Redondo, foram identificadas nove escolas primárias no concelho, construídas durante o Estado Novo, que integraram o Plano dos Centenários.

| <b>Escola</b>                            | <b>Ano de Construção</b> |
|--|--------------------------|
| Escola Primária de Redondo               | 1947                     |
| Escola Primária de Santa Susana          | 1958                     |
| Escola Primária do Freixo                | 1959                     |
| Escola Primária da Aldeia da Serra Dossa | 1959                     |
| Escola Primária das Vinhas               | 1960                     |
| Escola Primária das Aldeias de Montoito  | 1960                     |
| Escola Primária de São Bento do Zambujal | 1961                     |
| Escola Primária de Montoito              | 1961                     |
| Escola Primária das Ferrenhas            | 1961                     |

### **Escola de Redondo**

As primeiras escolas do Plano dos Centenários construídas em Redondo, são datadas de 1947 e correspondem a dois edifícios idênticos entre si, implantados num mesmo alinhamento e em posição paralela, num terreno localizado dentro do perímetro da vila de Redondo. Durante o Estado Novo, um desses edifícios funcionava como edifício escolar feminino, e outro como edifício escolar masculino, dado o princípio da separação dos sexos.

Cada edifício apresenta, no piso térreo, um espaço de entrada, que corresponde a um hall de distribuição central, com acesso ao piso superior, e duas salas de aula. O 1º andar repete o sistema de distribuição em hall e duas outras salas. Na zona posterior do edifício, ao nível do rés-do-chão, surge um pátio coberto. Nos seus topos, localizam-se, de um lado, as instalações sanitárias de apoio e, no lado oposto, uma pequena sala de apoio num dos edifícios, e no outro edifício, duas pequenas salas. Todas as quatro salas de aula que compõem cada um dos edifícios, apresentam medidas iguais, de 8,00mx6,00m. Sendo que os átrios onde se desenvolvem as escadas, no piso térreo e piso superior têm dimensões de 6,00mx5.10m.

As fachadas principais encontram-se orientadas a este (nascente).

No que respeita à construção, sempre que possível foram utilizados materiais disponíveis na região, sendo o processo construtivo tradicional e típico dessa altura. De uma forma geral, as fundações foram executadas em alvenaria hidráulica<sup>1</sup>, as paredes exteriores são constituídas por alvenaria ordinária<sup>2</sup>, com cerca de 50cm de espessura, e as paredes interiores e alguns pormenores são em tijolo maciço (tijolo burro). Nas coberturas inclinadas verificam-se as típicas asnas, madres, varas e ripas em madeira. Sob o pavimento, cuja cota de soleira está cerca de 50cm acima da cota do terreno exterior, existe uma caixa-de-ar, fracamente ventilada, sendo o revestimento interior em tacos de madeira. Os vãos envidraçados são constituídos por caixilharia de madeira e vidro simples. O rodapé exterior e as molduras dos vãos da fachada principal, são revestidos por pedras de granito, de grande porte. Todas as paredes, exteriores e interiores, são rebocadas e caiadas a branco.

Ao longo dos anos foram realizadas obras de conservação em ambos os edifícios, e introduzidos elementos de betão armado em algumas zonas, nomeadamente nas coberturas e lajes.

Nos anos 50 foi construído mais um edifício, de um piso apenas, no mesmo terreno de implantação, que funcionou como cantina escolar até 2011, altura em que as escolas ficaram desocupadas.

No final dos anos 70, por serem necessárias mais salas de aula, foi construído um novo edifício, de dois pisos, ao lado dos edifícios gêmeos já existentes. Este novo edifício apresenta uma tipologia semelhante, no entanto com diferenças arquitetónicas nas fachadas. Este último não pertence ao Plano dos Centenários.

---

<sup>1</sup> Alvenaria hidráulica - Alvenaria em pedra, executada com argamassas mistas, à base de cal e areia, adicionando cimento.

<sup>2</sup> Alvenaria ordinária - Alvenaria de pedra, constituída por pedras toscas, irregulares em forma e dimensão, ligadas entre si por argamassas tradicionais à base de cal.

Todos os edifícios que fazem parte deste núcleo, serão abordados mais detalhadamente no Capítulo 4 do presente trabalho.

### **Escolas Primárias do Freixo, Vinhas, São Bento do Zambujal e Ferrenhas**

As escolas Primárias do Freixo, Vinhas, São Bento do Zambujal e Ferrenhas, foram construídas entre 1959 e 1961. São edifícios rurais, compostos por átrio, sala de aula e bloco de instalações sanitárias. As salas de aula têm dimensões de, aproximadamente, 8,00mx6,00m. Na figura 2.1 apresentam-se a planta e os alçados (sem escala) da escola do Freixo, como exemplo representativo das escolas de uma sala.

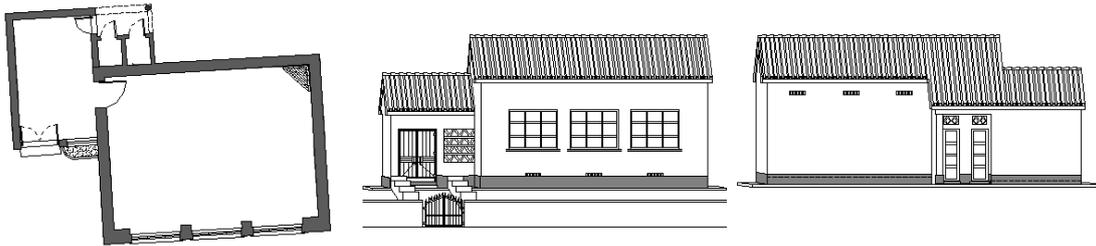


Figura 2. 1 – Desenhos Representativos – Escola do Freixo – Planta, Alçado Principal e Alçado Posterior.

Todos os edifícios foram implantados em terrenos, com cerca de 1200 m<sup>2</sup> de área, bem servidos de acessos e nas proximidades dos aglomerados. Em geral todos os terrenos são regulares e pouco acidentados. As fachadas principais dos edifícios estão orientadas, aproximadamente, a sudeste.

O processo construtivo dos edifícios é semelhante ao já apresentado, para a escola do Redondo, com elementos de madeira e betão (nos pilares e vigas de alpendre, na cobertura e pavimento), alvenaria de pedra nas paredes exteriores, e tijolo maciço na constituição da laje de esteira da cobertura, que é em abóbada.

### **Escolas Primárias da Aldeia da Serra D'Ossa, Aldeias de Montoito e Montoito**

As escolas Primárias da Serra D'Ossa, Aldeias de Montoito e Montoito, foram construídas entre 1959 e 1960. Os edifícios são constituídos por duas áreas individualizadas, iguais e simétricas. Cada um dos espaços, com entradas distintas, é constituído por átrio, sala de aulas, de 8,00x6,00m aproximadamente, e uma área de recreio coberto, situada na zona posterior do edifício. As instalações sanitárias encontram-se em paralelo com o recreio coberto. Na figura 2.2 apresentam-se a planta e os alçados (sem escala) da escola primária da Aldeia da Serra D'Ossa ,como exemplo representativo das escolas de duas salas.

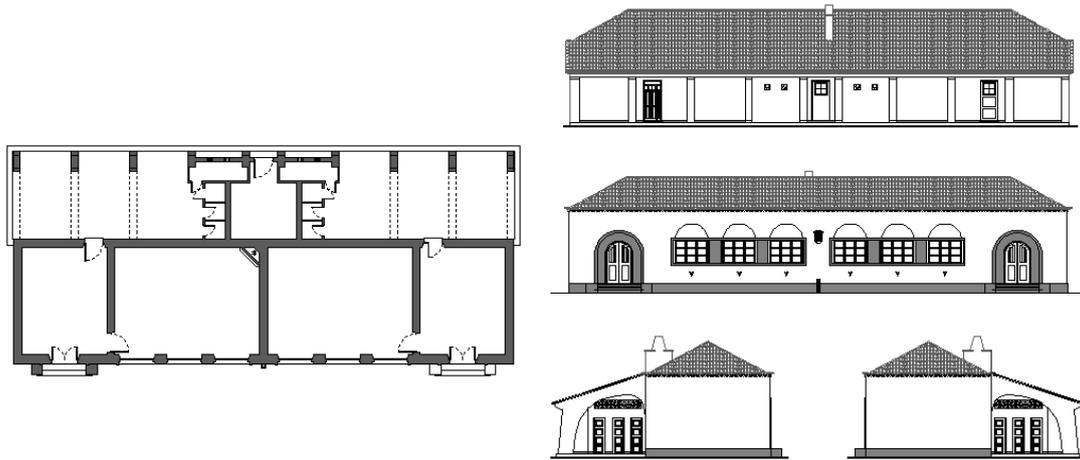


Figura 2. 2 – Desenhos Representativos – Escola da Serra D'Ossa – Planta, Alçado Principal, Alçado Posterior, Alçado Lateral Direito e Alçado Lateral Esquerdo.

Todos os edifícios foram implantados em terrenos com bons acessos e nas proximidades dos aglomerados. Em geral todos os terrenos são planos, regulares e pouco acidentados.

A fachada principal da escola da Serra D'Ossa está orientada a oeste (poente), na escola das Aldeias de Montoito está orientada a sudeste, e na escola de Montoito está orientada a sudoeste.

O processo construtivo dos edifícios é semelhante ao já apresentado, para a escola do Redondo, com elementos de madeira e betão, alvenaria de pedra nas paredes exteriores, e tijolo maciço na constituição da laje de esteira da cobertura, que é em abóbada.

### **Escola Primária de Santa Susana**

A escola primária de Santa Susana foi construída no ano de 1961. É um edifício de três salas, com duas entradas principais individualizadas. Cada um dos espaços, com entradas distintas, é constituído por átrio, sala de aulas e a uma área de recreio coberto, situada na zona posterior do edifício. As instalações sanitárias estão localizadas em paralelo com o recreio coberto. Uma parte do edifício (metade simétrica), tem um piso superior, constituído por átrio onde se desenvolvem as escadas e uma sala de aula. Todas as salas de aula têm dimensões iguais, de aproximadamente 8,00mx6,00m. Na figura 2.3 apresentam-se a planta e os alçados (sem escala) da escola primária de Santa Susana.



Figura 2. 3 – Escola de Santa Susana – Plantas, Alçado Principal, Alçado Posterior, Alçado Lateral Direito e Alçado Lateral Esquerdo.

O edifício fica localizado na aldeia, junto ao caminho municipal principal, sendo um terreno plano, e regular. A fachada principal está orientada a sudoeste.

O processo construtivo do edifício é semelhante ao já apresentado, para a escola do Redondo, com elementos de madeira e betão, alvenaria de pedra nas paredes exteriores e algumas paredes interiores em tijolo maciço. As lajes de esteira são aligeiradas com elementos de betão e blocos cerâmicos.

No Capítulo 4 serão abordados, com maior detalhe, os edifícios escolares da Aldeia da Serra D'Ossa e de Redondo, assumindo-se estes como representativos de todos os outros edifícios escolares do concelho.



## 3. REABILITAÇÃO ENERGÉTICA EM EDIFÍCIOS

### 3.1. CONCEITOS DE INTERVENÇÃO NO PATRIMÓNIO CONSTRUÍDO

O conceito de intervenção no património construído engloba os diversos procedimentos que podem ser aplicados a diferentes soluções de intervenção. Existem várias possibilidades e tipos de intervenção dependendo da natureza do objeto e dos objetivos previstos. Todos estes procedimentos têm como base a alteração, mais ou menos significativa, de uma realidade existente.

Alguns dos conceitos mais utilizados no âmbito desta temática são a conservação, o restauro, a reconstrução, a reabilitação, a requalificação, a reconversão e a renovação. Embora não seja inteiramente linear, estes termos podem ser referidos segundo o seu grau de intervenção. [6] [7]

Tentando expor estes conceitos gradualmente, a Conservação pode ser entendida como o procedimento com menos expressão do conjunto. Conservar é, principalmente, preservar a integridade de algo, sendo um processo que decorre ao longo do tempo, tendo em vista prolongar a vida útil de um objeto ou bem cultural, através da manutenção da sua qualidade e condição original. [6] [7]

O Restauro acontece quando já existe degradação das condições originais do objeto, tendo como finalidade a revelação dos valores históricos presentes no edifício. É um processo que implica uma maior especialização técnica. [6] [7]

A Reconstrução aplica-se, por um lado, em trabalhos de restauro, quando se vê necessária a recolocação ou reconstituição de elementos originais deslocados de acordo com o projeto original, com vista à conservação do valor histórico da obra e, por outro, acrescenta elementos sem que se assemelhem ao já existente, quando existe a necessidade de se acrescentar algo novo ao conjunto a restaurar. [6] [7]

A Reabilitação refere-se às intervenções necessárias no edifício, implicando obras de beneficiação, visando aumentar a sua vida útil e o seu valor económico, melhorar a qualidade de vida dos ocupantes e implementar medidas de eficiência energética.

Os conceitos de reabilitação e de sustentabilidade estão intimamente ligados na medida em que a reabilitação sustentável de edifícios existentes implica que se consuma menores quantidades de energia na produção e aplicação de produtos de construção, reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> e limitar as quantidades de produtos de demolição a remover e destruir.

Ainda no âmbito da reabilitação, é adequado distinguir duas linhas de ação distintas, conforme se trate de edifícios correntes ou edifícios com valor patrimonial. No primeiro caso o conceito corresponde ao britânico *refurbishment*, que pode ser definido, segundo a Royal Institution of Chartered Surveyors, como a “reparação, renovação e modificação

extensas de um edifício para o pôr de acordo com critérios económicos ou funcionais equivalentes aos exigidos a um edifício novo para o mesmo fim. Pode envolver a execução de instalações e sistemas de serviços, acessos, iluminação natural, equipamento e acabamentos aproveitando apenas os toscos do edifício antigo” *apud* [8]. No segundo caso, o conceito corresponde ao americano *rehabilitation*, definido, segundo o Secretary of Interior's Standards for Rehabilitation, como o “ato ou processo de possibilitar um uso eficiente e compatível de uma propriedade através de reparações, alterações e acrescentos, preservando, ao mesmo tempo, as partes ou características que transmitem os seus valores histórico, cultural e arquitetónico” *apud* [8].

A Requalificação diz respeito a um grau de transformação mais elevado, associada a intervenções em tecidos urbanos obsoletos, compreendendo a introdução ou reativação de estruturas capazes de potenciar uma melhor condição social e urbana no tecido em que interveio, podendo ir desde a subtração/adição até à renovação de elementos.[6] [7]

Como a tendência mais comum é que a estrutura do edifício dure mais do que a sua função, surge, então, a Reconversão. Assim, os projetos de reconversão têm como principal objetivo a adaptação de um imóvel geralmente desatualizado a um novo uso e, deste modo, a necessidade de reorganização da funcionalidade e dos espaços. Segundo o grau de transformação do edifício original, o projeto de reconversão poderá passar por uma preservação do edifício histórico, por uma reinterpretação do mesmo ou por uma afirmação do contraste entre o passado e o presente. Há situações em que a reconversão não contribui inteiramente para a valorização do edifício pré-existente, por exemplo, quando se encontram incompatibilidades de adaptação entre o novo uso e o edifício original. No entanto, poderá contribuir para a requalificação do meio urbano onde se insere. [6] [7]

A Renovação é o procedimento mais invasivo e destrutivo em relação às pré-existências. Está maioritariamente associado a projetos de dimensão urbana e pressupõe a demolição de edifícios obsoletos e desvirtuados para a inserção (ou não) de novos elementos, requalificado um determinado espaço. [6] [7]

### **3.2. BREVE ENQUADRAMENTO LEGAL**

Em 1990 entrou em vigor, em Portugal, a primeira regulamentação térmica designada Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos edifícios (RCCTE – DL 40/90) [9], tendo como principal objetivo a melhoria das condições de conforto no interior dos edifícios sem gastos excessivos de energia. Assumio-se a melhoria da qualidade térmica da envolvente dos edifícios como elemento de primordial importância.

Em 1992 surge o Regulamento da Qualidade dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RQSECE – DL 156/92) [10], que estabeleceu as condições em que se deveriam processar a instalação e utilização dos equipamentos e sistemas energéticos de aquecimento e arrefecimento, por forma a assegurar a qualidade das respetivas prestações, com respeito pela utilização racional de energia, pelo ambiente e pela segurança das instalações.

No entanto, devido ao RQSECE carecer de revisão, no sentido de serem introduzidas algumas correções decorrentes da necessidade de compatibilização com o direito comunitário, surge, em 1998, o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE – DL 118/98) [11], no qual se verificaram importantes alterações nas exigências técnicas para os sistemas de climatização, no método de verificação e nos aspetos relacionados com o licenciamento, responsabilidades e sanções.

O protocolo de Quioto, assinado em 1998 pela comunidade europeia e por outros, estabeleceu compromissos mais rígidos para a redução da emissão dos gases que agravam o efeito estufa. Comprovado o facto do setor residencial ocupar uma grande parcela do consumo de energia, surgiu a Diretiva Europeia, 2002/91/CE [12], sobre o desempenho energético dos edifícios, que estabeleceu um conjunto de requisitos, com vista a promover a melhoria do desempenho energético e dessa forma atender aos compromissos assumidos no Protocolo de Quioto.

De forma resumida, as principais exigências da Diretiva foram:

- Adoção de uma metodologia de cálculo para avaliar o desempenho energético dos edifícios;
- Estabelecimento de requisitos mínimos para o projeto de novos edifícios ou para os antigos, sujeitos a grandes obras de renovação;
- Obrigatoriedade de implantação da certificação energética dos edifícios;

Os países membros tinham a obrigação de transportar a referida Diretiva para a legislação nacional. Nesse âmbito, em Portugal, o RCCTE e o RSECE, foram sujeitos a revisões pelos DL 80/2006 [13] e DL 79/2006 [14], sendo também implementada a certificação energética dos edifícios, através do Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior dos Edifícios (SCE – DL 78/2006) [15], conforme estabelecido na Diretiva. Destas revisões surgiu, entre outras alterações, maior exigência ao nível do isolamento da envolvente dos edifícios, sendo o principal objetivo do isolamento térmico da envolvente, a redução do consumo energético para o aquecimento ambiente.

Mais recentemente foi criada uma nova Diretiva 2010/31/EU de 19 de Maio [16], substituindo e revogando a anterior Diretiva 2002/91/CE, de 16 de Dezembro.

Esta nova diretiva estabeleceu metas mais ambiciosas para os edifícios. Pretende-se, entre outras ambições, que até 2020 ocorra uma redução de 20% nas emissões de gases de efeito de estufa (GEE), que 20% de energia seja proveniente de fontes renováveis, e um aumento de 20% na eficiência energética. Ambicionam-se edifícios com necessidades energéticas quase nulas (NZEB). De igual forma pretende-se que as “grandes intervenções” em edifícios existentes, constituam uma oportunidade para tomar medidas rentáveis para melhorar o desempenho energético, através de planos de incentivo para recuperação do parque edificado existente e para construção de novos “edifícios energia quase zero”. Estabelece também uma melhoraria do desempenho energético dos edifícios durante a estação de arrefecimento (Verão).

Com base nestas metas surgem em Portugal o decreto-lei nº118/2013 [17], um novo documento integrador, em substituição aos anteriores SCE, RSECE e RCCTE, de 2006, que coloca em vigor os novos Sistema de Certificação Energética (SCE), o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS) e as portarias nº353-A/2013 [18], nº 349-A/2013 [19], nº 349-B/2013 [20], nº 349-C/2013 [21], nº 349-D/2013 [22]. A nova Regulamentação define assim, o aumento dos requisitos e exigências ao nível do conforto térmico dos edifícios, nomeadamente para a sua envolvente exterior.

Face ao já enunciado, a reabilitação energética tem ganho cada vez mais notoriedade, devido às alterações climáticas e consequentemente às novas exigências da Comissão Europeia e do Parlamento Europeu.

### **3.3. MEDIDAS DE REABILITAÇÃO ENERGÉTICA EM EDIFÍCIOS**

A eficiência energética pode definir-se como a otimização que pode ser feita no consumo de energia, ou seja, debruça-se sobre como podem ser empregues os recursos energéticos para serem obtidos os melhores resultados. Aplicando o conceito à construção, é a procura pelo melhor comportamento da edificação, consumindo menos energia. [23] [24]

A eficiência energética dos edifícios baseia-se na qualidade da construção através da escolha adequada dos materiais, aproveitamento de fontes de energias renováveis e técnicas passivas de ventilação, objetivando o máximo de conforto para os utilizadores, sem despende de grande quantidade de recursos.

A reabilitação energética dos edifícios constitui, assim, uma das vias mais promissoras para a correção de situações de inadequação funcional, proporcionando a melhoria da qualidade térmica e das condições de conforto, permitindo reduzir o consumo de energia para aquecimento, arrefecimento, ventilação e iluminação, contribuindo para a redução

das necessidades energéticas do país e possibilitando, em muitas situações, a correção de certas patologias ligadas à presença de humidade e à degradação do aspeto nos edifícios. [23] [24]

As medidas de reabilitação energética em edifícios podem ser essencialmente de três tipos: [23] [24]

**Reabilitação térmica da envolvente do edifício:**

- Reforço da proteção térmica das partes opacas, tais como, paredes exteriores, pavimentos sobre espaços exteriores ou não-aquecidos e coberturas;
- Controlo dos ganhos solares através dos vãos envidraçados, dotando-os com vidros apropriados e proteções solares, de forma a adequar os ganhos térmicos às necessidades de aquecimento e de arrefecimento;
- Controlo das infiltrações de ar, mediante a reparação ou substituição da caixilharia exterior;
- Melhoria da eficiência da ventilação natural, através de trocas controladas de ar pelas aberturas;
- Melhoria da eficiência da iluminação natural, através de uma adequada orientação dos vãos, utilização de paredes de cor clara, recurso a iluminação zenital;
- Recurso a outras tecnologias solares passivas, tais como, a utilização da capacidade de armazenamento térmico dos materiais, adequados sistemas de sombreamento, etc.

**Recurso a energia proveniente de fontes renováveis**

- Recurso a sistemas que transformem a energia proveniente de fontes renováveis em energia final, nomeadamente através da utilização de painéis solares térmicos e painéis solares fotovoltaicos.

**Reabilitação energética dos sistemas e instalações**

- Melhoria da eficiência dos sistemas de iluminação;
- Melhoria da eficiência dos sistemas de climatização;
- Melhoria da eficiência dos equipamentos para produção de AQS.

Nos edifícios existentes, a solução de reabilitação mais eficaz e mais rentável é, muitas vezes, uma combinação de várias medidas. No entanto, dados os constrangimentos a que estes edifícios estão sujeitos, é difícil, senão impossível, atingir a meta dos edifícios de balanço energético quase zero de forma rentável.

E preciso ter em conta que, por vezes, só quando se adota uma determinada medida, o efeito de outra será completamente assegurado, (por exemplo a melhoria do isolamento térmico na envolvente dos edifícios está associada a um controlo mais apertado da temperatura ambiente interior ou a uma redução das infiltrações de ar). [23] [25] [26]

### **3.3.1. REABILITAÇÃO TÉRMICA DA ENVOLVENTE DOS EDIFÍCIOS**

A reabilitação térmica da envolvente construtiva do edifício possibilita a melhoria do nível de conforto térmico interior, tornando o edifício mais eficiente energeticamente. A utilização de um isolamento térmico constitui uma das medidas mais simples para responder aos requisitos de conforto térmico, possibilitando a minimização de trocas de calor com o exterior, reduzindo as necessidades de aquecimento e arrefecimento. [23] [24]

#### **3.3.1.1. REABILITAÇÃO TÉRMICA DE PAREDES EXTERIORES**

A reabilitação térmica das paredes exteriores admite três grandes opções, tendo em conta a localização do isolamento térmico: [23]

- Isolamento térmico aplicado pelo exterior;
- Isolamento térmico aplicado pelo Interior;
- Isolamento aplicado na caixa-de-ar;

Cada uma destas opções admite ainda vários tipos de soluções.

No caso de paredes constituídas por um único pano, o reforço do isolamento térmico pode ser aplicado pelo exterior ou pelo interior, dependendo a escolha da especificidade do caso a tratar.

O reforço do isolamento térmico pelo exterior, desde que não seja inviabilizado por constrangimentos de ordem arquitetónica, constitui, geralmente, a melhor solução a adotar, dado que é um método mais vantajoso em comparação com a solução de isolamento pelo interior.

O Isolamento na caixa-de-ar está limitado às paredes duplas, quando for possível de concretizar. [23]

##### **3.3.1.1.1. Isolamento Térmico Aplicado pelo Exterior**

Este tipo de solução, quando possível de aplicar, apresenta sempre vantagens relativamente à aplicação do isolamento pelo interior, nomeadamente: [23]

- Proteção das paredes contra agentes atmosféricos;
- Ausência de descontinuidade na camada isolante;
- Supressão de “pontes térmicas” e redução dos riscos de condensação;

- Conservação da inércia térmica das paredes;
- Manutenção das dimensões dos espaços interiores;
- Menores riscos de incêndio e de toxicidade;
- Manutenção da ocupação dos edifícios durante as obras;
- Dispensa de interrupções nas instalações interiores e de trabalhos de reposição de acabamentos;
- Eventual melhoria do aspeto exterior dos edifícios.

Inconvenientes das soluções de isolamento térmico pelo exterior, face às soluções de isolamento pelo interior, são: [23]

- Constrangimentos arquitetónicos;
- Constrangimentos de ordem técnica;
- Maior vulnerabilidade da parede ao choque, sobretudo no rés-do-chão;
- Custo, em regra, mais elevado;
- Condicionamento do trabalho pelo estado do tempo;
- Risco de fendilhação dos revestimentos (em soluções com revestimentos contínuos).

Existem diferentes tipos de soluções para aplicação do isolamento térmico pelo exterior, como se sintetiza no Quadro I.1 do Anexo I.

Dentro das soluções possíveis, aquelas que são aplicadas mais frequentemente e que, por isso, merecem mais destaque são: os revestimentos independentes descontínuos com interposição de um isolante térmico na caixa-de-ar, os sistemas compósitos de isolamento térmico pelo exterior (ETICS) e os revestimentos isolantes.

#### **Revestimentos Independentes Descontínuos com Interposição de um Isolante Térmico na Caixa-de-ar**

Os Revestimentos independentes descontínuos consistem, basicamente, na colocação de uma camada de isolamento térmico, fixada diretamente à parede e na execução de um revestimento independente exterior, constituído por elementos descontínuos, fixado à parede através de uma estrutura de suporte metálica ou de madeira. Entre o revestimento e o isolante é deixada uma caixa-de-ar fortemente ventilada. De maneira a evitar descontinuidades na camada de isolamento térmico, as peças da estrutura de suporte devem ficar afastadas do respetivo paramento e fixadas pontualmente através de peças acessórias. No entanto, quando o isolante térmico for muito deformável, podem dispensar-se as peças acessórias, podendo a estrutura de suporte ser fixa diretamente à parede, apertando o isolante interposto entre ambas, com recuso a fixações mecânicas que atravessam o isolante. [23] [24]

### **Sistemas Compósitos de Isolamento Térmico pelo Exterior com Revestimento sobre Isolante**

Os sistemas compósitos de isolamento térmico por revestimento sobre isolante, designados pela sigla ETICS a partir da terminologia anglo-saxónica (*External Thermal Insulation Composite Systems*), surgiram na tentativa de melhorar o comportamento térmico das paredes exteriores, através de uma melhor correção das pontes térmicas e da disponibilização de praticamente toda a massa da parede para a inércia térmica interior.

Neste tipo de isolamento térmico, uma camada isolante térmica, composta por placas, é fixada contra a parede por colagem, por fixação mecânica ou por ambos os processos e recebe em obra um revestimento exterior contínuo armado, como camada de proteção contra os agentes atmosféricos.

Nos sistemas colados, o produto usado como camada de base é, em geral, também usado como produto de colagem.

Nos sistemas de fixação mecânica, a ligação ao suporte pode ser constituída por ancoragens diretas do isolante ao suporte ou por perfis metálicos ancorados ao suporte, nos quais encaixam as placas de isolante.

As placas de isolante podem possuir uma espessura variável de acordo com a resistência térmica que se pretende obter, normalmente entre 40 e 100 mm.

Sobre o isolante é aplicada uma camada de base, incorporando armaduras para melhoria da resistência à fissuração e reforço da resistência aos choques.

Por fim, aplica-se o acabamento final, que poderá ser uma pintura ou, por exemplo, um revestimento plástico espesso.

Existem dois subtipos de ETICS, os revestimentos espessos e os revestimentos delgados, que se distinguem, basicamente, pela espessura do revestimento aplicado. [23] [27] [28]

### **Revestimentos Isolantes**

Os sistemas de isolamento térmico por elementos descontínuos pré-fabricados (“vêtures”), são obtidos a partir de elementos previamente produzidos em fábrica, constituídos por um material isolante em placa e por um revestimento de natureza metálica, mineral ou orgânica. Em virtude de o isolante e o revestimento serem pré-fabricados, a aplicação, em obra, destes sistemas é feita numa única operação, apresentando, no entanto, algumas dificuldades de adaptação a pontos singulares das fachadas.

Em comparação com os sistemas de isolamento térmico por revestimentos de elementos descontínuos com isolante na caixa-de-ar, os sistemas de isolamento térmico por elementos descontínuos pré-fabricados dispensam da existência da estrutura de

fixação intermédia e da lâmina de ar entre o revestimento e o isolante. Em relação aos sistemas ETICS, estes dispensam a execução de camadas sucessivas. [23] [24]

O reboco isolante consiste num tipo de revestimento constituído por argamassas que incorporam grânulos de um isolante térmico de diâmetro muito pequeno, por forma a reduzir a condutibilidade térmica do material. Comparativamente a outras soluções de isolamento térmico, esta solução, por si só, não é suficiente para conferir às paredes o nível de isolamento térmico requerido, sendo necessária, na maioria dos casos, a adoção de outras medidas em simultâneo. Este facto leva a que os rebocos isolantes sejam considerados apenas soluções de complemento de isolamento térmico. [23] [24]

#### **3.3.1.1.2. Isolamento Térmico Aplicado pelo Interior**

Como já foi referido, o isolamento térmico pelo exterior é, em geral, uma solução mais vantajosa relativamente à solução de isolamento térmico aplicado no interior. No entanto, a aplicação de uma ou outra solução depende da especificidade do caso a tratar.

A aplicação de isolamento térmico pelo interior pode ser indicada nos casos em que não se considere modificar o aspeto exterior do edifício e sempre que compense a perda de espaço útil com as poupanças energéticas e benefícios ambientais que pressupõe a intervenção. [23] [29]

Por conseguinte, este sistema apresenta algumas vantagens, nomeadamente, ser uma solução mais versátil, menos dispendiosa e mais fácil de executar. Da mesma forma, permite a reabilitação de cada fração separadamente, no caso de edifícios constituídos por frações autónomas.

Um dos principais inconvenientes é o não permitir a correção de pontes térmicas lineares correspondentes aos topos das lajes de pavimento e de esteira. [23] [29]

Existem diferentes tipos e soluções para reforçar o isolamento térmico pelo interior, nomeadamente: [23]

- Aplicação de painéis isolantes pré-fabricados, fixados contra a parede;
- Execução de uma contra - fachada em alvenaria ou aplicando um forro contínuo (com caixa-de-ar simples; com interposição dum isolante térmico e sem caixa-de-ar; com interposição dum isolante térmico e com caixa-de-ar);

#### **Painéis Isolantes Pré-fabricados, Fixados contra a Parede**

A solução mais correntemente utilizada realiza-se através de painéis com a altura do andar, constituídos por gesso cartonado e uma camada de isolamento térmico em placas, coladas no tardo das placas de paramento. Estes são fixados contra o paramento interior

da parede a reabilitar por colagem ou através de uma estrutura de apoio, que define uma caixa-de-ar intermédia. [23]

#### **Contra – Fachadas**

Esta solução consiste na construção de um pano de alvenaria de espessura reduzida, ou na fixação de um forro em placas de gesso cartonado ou de outro material, pelo lado interior da parede, incorporando um isolante térmico entre os dois elementos.

Sempre que for viável, deve ser deixada uma caixa-de-ar entre o isolante térmico e a parede existente, por forma a proteger o isolamento do eventual acesso de água. [23]

#### **3.3.1.1.3. Isolamento Térmico na Caixa-de-ar de Paredes Duplas**

Esta solução é aplicável apenas a edifícios em que as paredes exteriores sejam constituídas por dois panos.

Existem diferentes tipos e soluções para reforçar o isolamento térmico na caixa-de-ar, nomeadamente, através da injeção de produtos isolantes a granel ou através da injeção de espumas isolantes.

Esta solução apresenta algumas limitações importantes como, por exemplo, o facto da caixa-de-ar poder ter uma espessura pequena ou apresentar-se preenchida com argamassa ou detritos, o que, em qualquer dos casos, pode dificultar a aplicação homogénea do isolante térmico ao longo da parede. [23] [24]

#### **3.3.1.2. REABILITAÇÃO TÉRMICA DE PAVIMENTOS**

Os pavimentos a reabilitar termicamente dividem-se em pavimentos em contacto com o solo, pavimentos em contacto com o exterior e pavimentos em contacto com zonas não aquecidas.

Nos edifícios existentes, a reabilitação térmica de pavimentos nem sempre é fácil, devido quer às condições da construção quer ao elevado custo de investimento inicial.

Ao nível do reforço da proteção térmica, podem realizar-se três tipos de intervenções nos pavimentos: [30]

- Reabilitação destrutiva: reabilitação em que a totalidade ou grande parte da estrutura é destruída, permanecendo apenas a fachada intacta, sendo necessária realizar uma estrutura nova;
- Reabilitação parcialmente destrutiva: neste tipo de reabilitação as lajes não necessitam de ser totalmente removidas, tendo apenas de se efetuar rasgos ou aberturas para a introdução de material isolante;

- Reabilitação não destrutiva: neste caso, os pavimentos permanecem inalterados, sendo necessário encontrar modos mais expeditos para a colocação de isolantes.

O reforço do isolamento térmico de pavimentos sobre espaços exteriores ou não-aquecidos pode fazer-se segundo três grandes opções, dependendo da localização do isolamento térmico a aplicar:

- Isolamento térmico inferior;
- Isolamento térmico superior;
- Isolamento térmico intermédio.

#### **3.3.1.2.1. Isolamento Térmico Inferior**

Em reabilitações não destrutivas, quando a zona inferior ao pavimento for acessível, as soluções de isolamento térmico inferior são geralmente as indicadas, uma vez que são mais fáceis e rápidas de aplicar, são menos dispendiosas e são mais eficientes do ponto de vista térmico, sendo o isolamento térmico colocado no lado exterior.

Uma desvantagem deste sistema é a perda de pé-direito, no caso dos pavimentos em contacto com zonas não aquecidas.

Apesar de não poder ser considerado como material isolante, o teto falso é utilizado na grande maioria das intervenções térmicas, pelas suas propriedades e, também, pelo facto de servir de apoio a algum isolante que não possa ser colado ou fixado ao pavimento.

Existem diferentes tipos de soluções para reforçar o isolamento térmico de pavimentos em posição inferior, como se sintetiza no Quadro I.2 do Anexo I. [23] [30]

#### **3.3.1.2.2. Isolamento Térmico Superior**

No isolamento térmico na zona superior do pavimento, o facto de este ter de aguentar um elevado número de cargas pressupõe que deva ser capaz de manter o seu comportamento e durabilidade ao longo do tempo. Muitas vezes, os isolantes têm de suportar o peso próprio da solução de proteção mecânica, o peso próprio do revestimento de piso e, também, as cargas permanentes e sobrecargas adicionais associadas à utilização do espaço interior.

Estas soluções são normalmente utilizadas em casos de reabilitação de edifícios não destrutiva, sendo que a sua aplicação irá reduzir o pé direito da habitação e a inércia térmica interior, aliados a um custo mais elevado.

Existem diferentes soluções para reforçar o isolamento térmico de pavimentos em posição superior, nomeadamente, a introdução de uma camada de isolante de betão leve

entre o pavimento resistente e o revestimento de piso e a aplicação de uma camada de isolante térmico entre o pavimento resistente e um piso flutuante. [23] [30]

#### **3.3.1.2.3. Isolamento Térmico Intermédio**

A colocação de um isolante na zona intermédia não se consegue sem que exista uma reabilitação destrutiva ou parcialmente destrutiva, para que o isolamento seja introduzido no pavimento.

No caso de se adotar uma solução parcialmente destrutiva, é necessário levantar parte do revestimento para se introduzir o isolante. Neste tipo de situação e de modo a que a totalidade do espaço seja preenchido opta-se, geralmente, pela utilização de um isolante a granel.

Nas situações de reabilitação destrutiva, o isolante pode ser colocado logo na formação da laje, com a aplicação, por exemplo, de abobadilhas de EPS que substituem os blocos cerâmicos ou de betão normal, proporcionando, simultaneamente, o aligeiramento da laje e o seu reforço térmico.

Para uma colocação na zona intermédia do pavimento, a rigidez dos materiais, apesar de importante, não é um pormenor fundamental tal como a resistência ao fogo e humidades, uma vez que este material estará protegido pelo pavimento e revestido superior e interiormente. [23] [30]

#### **3.3.1.3. REABILITAÇÃO TÉRMICA DE COBERTURAS**

A cobertura de um edifício tem uma contribuição decisiva para o conforto e o abrigo que o espaço interior deve proporcionar, sendo que, de entre todos os elementos da envolvente, é aquele que se encontra mais exposto, tanto no Inverno (estação de aquecimento) como, especialmente, no Verão (estação de arrefecimento).

De forma a garantir o conforto interior de um edifício, tal como acontece com as fachadas a cobertura também deve possuir isolamento térmico para reduzir as perdas térmicas no Inverno e os ganhos de calor no Verão.

A opção quanto ao isolamento térmico mais adequado deverá corresponder a uma ponderação do seu desempenho face às solicitações a que é correntemente submetido, durante o período de vida. É necessário, para garantir a durabilidade da intervenção, avaliar corretamente os fatores que estão associados à cobertura, nomeadamente, a qualidade do suporte, as características do isolamento, a exposição à ação do vento e da chuva, a higrometria dos espaços, a aptidão ao uso e o risco de condensações internas e superficiais. [23] [24]

### 3.3.1.3.1. Coberturas Inclinadas

Numa cobertura inclinada, a posição da camada de isolamento térmico tem importantes consequências no seu desempenho. De uma forma geral, o reforço do isolamento térmico das coberturas inclinadas é possível segundo quatro grandes opções: [23]

Quando o desvão é um espaço útil:

- Isolamento térmico aplicado ao longo das vertentes, em posição superior, isto é, sobre as madres;
- Isolamento térmico aplicado ao longo das vertentes, em posição inferior, ou seja, sob as varas;

Quando o desvão é um espaço não útil:

- Isolamento térmico aplicado na esteira do teto em posição superior;
- Isolamento térmico aplicado na esteira do teto, em posição inferior.

Para cada uma destas situações são possíveis várias soluções, conforme se sintetiza no Quadro I.3 do Anexo I.

O isolamento térmico ao nível das vertentes é um princípio que prevê a utilização do desvão do telhado como um espaço habitável. No entanto, quando o isolamento térmico é colocado imediatamente sob o revestimento descontínuo da cobertura há o risco de penetração de água da chuva batida pelo vento através das juntas daquele revestimento. É, por isso, recomendável a proteção superior do isolante com uma camada que impeça a passagem da água no estado líquido, para que esta não chegue ao isolamento. Por conseguinte, deve ter-se o cuidado de não se criar uma barreira para-vapor do lado exterior do isolamento, uma vez que esta originaria nele condensações internas. [23]

O isolamento térmico aplicado sobre a esteira horizontal é uma opção construtiva nas situações em que o espaço da cobertura não se destina ao uso permanente de pessoas. Esta solução tem algumas vantagens, nomeadamente, o facto de ser mais económica, ser mais fácil de realizar, ocupar menor área e necessitar, por isso, de uma menor quantidade de material isolante para a sua realização. Isto originará um menor consumo de energia quer na estação fria, pois o desvão não necessita de ser aquecido, quer na estação quente, devido à dissipação do calor permitida pela ventilação do desvão. [23] [24]

Em comparação com as soluções de isolamento térmico aplicado sobre a esteira horizontal, as soluções de isolamento térmico sob a esteira são sempre menos aconselháveis, porque não protegem a estrutura contra as variações térmicas e favorecem as condensações internas. [23]

### **3.3.1.3.2. Coberturas Horizontais**

De uma forma geral, o reforço do isolamento térmico das coberturas horizontais é possível segundo três grandes opções:

- Isolamento térmico superior;
- Isolamento térmico intermédio;
- Isolamento térmico inferior.

Para cada uma destas opções são possíveis várias soluções, conforme se sintetiza no Quadro I.4 do Anexo I.

As soluções em que o isolamento térmico se localiza entre a esteira horizontal e a camada de forma, ou seja, em posição intermédia, requerem o prévio levantamento da camada de forma existente, exigindo cuidados especiais na aplicação, de modo a evitar a ocorrência de fenómenos de choque térmico nas camadas subjacentes ao isolante térmico e consequente fendilhação e degradação dos materiais. É, portanto, necessário o esquartelamento da camada de forma e a adoção de um sistema de impermeabilização compatível com as condições do suporte. [23] [24]

Quanto às soluções em que o isolamento térmico se localiza em posição inferior à esteira, nos casos em que a mesma é concretizada por uma laje, estas apenas são aceitáveis quando integradas num teto-falso desligado da esteira e, mesmo assim, tem o inconveniente de não proteger termicamente a estrutura. Quando não existe teto-falso estas soluções são desaconselháveis, pois a direta aplicação contra o paramento interior da laje contribui para agravar as deformações de origem térmica da mesma. [23] [24]

Relativamente às soluções em que o isolamento térmico se localiza em posição superior, ou seja, em cima da camada de forma, poderão optar-se por dois caminhos: colocar o isolamento térmico sobre a impermeabilização ou colocar o isolamento térmico sob a impermeabilização.

As coberturas em que o isolamento térmico é colocado sobre a impermeabilização são conhecidas por coberturas invertidas. Estas requerem, sempre, a aplicação de um isolante térmico com células fechadas e de uma proteção pesada sobre o mesmo. A proteção tem como funções impedir que as placas de isolamento se desloquem e protegê-las contra a incidência direta da radiação solar. [23] [24]

### **3.3.1.4. PRINCIPAIS MATERIAIS DE ISOLAMENTO TÉRMICO**

Nos Quadros I.5, I.6 e I.7 do Anexo I são referidos os principais isolantes térmicos usados, respetivamente, na reabilitação térmica de paredes, de pavimentos e de coberturas.

De uma forma geral, os isolantes térmicos têm a função de dificultar a transmissão de calor, estabelecendo uma “barreira” entre os dois meios - exterior e interior. Estes materiais, com coeficientes de condutibilidade térmica ( $\lambda$ ) reduzidos, ajudam a aumentar a resistência térmica (R) dos elementos da envolvente.

A condutibilidade térmica é uma propriedade térmica típica de um material homogéneo que é igual à quantidade de calor por unidade de tempo que atravessa uma camada de espessura e de área unitárias desse material por unidade de diferença de temperatura entre as suas duas faces.

A resistência térmica representa a capacidade do material de se opor ao fluxo do calor. No caso de materiais homogéneos é a razão entre a espessura (e) e a condutibilidade térmica do material:  $R = e / \lambda$ , medindo-se em  $((m^2 \cdot ^\circ C)/W)$ .

Assim, para espessuras iguais, quanto menor for o valor da condutividade térmica, maior será o valor da resistência térmica e, para valores de condutibilidade térmica iguais, quanto maior for a espessura, maior é o valor da resistência térmica. Logo, quanto maior for o valor da resistência térmica, melhor isolante é o material.

Convencionalmente, consideram-se como isolantes térmicos os materiais ou produtos que apresentem valores de  $\lambda$  inferiores a  $0,065 (W/(m \cdot ^\circ C))$ , e valores de R superior a  $0,30 ((m^2 \cdot ^\circ C) / W)$  [31]-

Na descrição dos isolantes térmicos especificam-se, para cada material, coeficientes de condutibilidade térmica médios de referência, tendo por base as fichas técnicas de alguns fabricantes e a publicação do LNEC ITE 50 [31].

#### **3.3.1.4.1. Poliestireno Expandido Moldado (EPS)**

Para efeitos de cálculo, os valores correntes do coeficiente de condutibilidade do EPS variam de  $0,055$  a  $0,037 (W/(m \cdot ^\circ C))$  para valores de massa volúmica entre  $11$  e  $20 (kg/m^3)$ , sendo que o valor de  $\lambda$  diminui (melhora a capacidade de isolamento térmico) com o aumento da massa volúmica do material. Ou seja, quanto maior a densidade, maior será a proteção. [31] [32] [33] [33]

Outras características importantes que o material apresenta são: [32] [33] [34]

- Baixa densidade (é um material leve), o que permite uma redução substancial do peso das construções;
- Elevada resistência mecânica;
- Baixa absorção de água e insensibilidade à humidade;
- Resistência química compatível com a maior parte dos materiais utilizados na construção (cimento, gesso, cal, etc.);
- Facilidade no manuseamento e colocação e versatilidade;

- Resistência ao envelhecimento;
- Não apodrece nem ganha bolor, não é solúvel em água nem liberta substâncias para o ambiente;
- Não constitui substrato ou alimento para o desenvolvimento de animais ou microrganismos;
- É um material combustível, no entanto existe um EPS Não Inflamável, ocasionalmente denominado "Auto extingüível", que contém um inibidor de combustão.

#### **3.3.1.4.2. Poliestireno Expandido Extrudido (XPS)**

Para efeitos de cálculo, o valor corrente do coeficiente de condutibilidade do XPS é de 0,037 (W/(m.°C)).

Comparativamente ao EPS, o XPS é isolante de melhor qualidade, com menor condutibilidade térmica. [31] [35] [36]

Outras características importantes que o material apresenta são: [35] [36]

- Não contêm CFC'S ou HCFC's, (gases considerados responsáveis pelo aquecimento global);
- Elevada resistência mecânica, nomeadamente à compressão;
- Baixa absorção de água e insensível à humidade;
- Grande resistência à difusão de vapor de água - facilidade em evitar condensações;
- Resistência química compatível com a maior parte dos materiais utilizados na construção (cimento, gesso, cal, etc.);
- Facilidade de transportar, cortar e aplicar;
- Elevada estabilidade dimensional;
- Grande inércia em relação às variações climáticas;
- As suas propriedades não são alteradas aquando da presença de ciclos repetidos de gelo-degelo;
- Resistente ao envelhecimento;
- Insensibilidade ao ataque dos ácidos e das bases;
- Não apodrece nem ganha bolor, não é solúvel em água nem liberta substâncias para o ambiente;
- Não constitui substrato ou alimento para o desenvolvimento de animais ou microrganismos;
- É 100% reciclável;

- É um material combustível, no entanto, se as placas estiverem apenas sujeitas a uma ignição acidental não ardem (uma vez que na sua composição têm um inibidor de combustão).

#### **3.3.1.4.3. Lã Mineral (MW)**

A lã mineral normalmente é utilizada sob duas formas mas com características muito semelhantes: Lã de Vidro e Lã de Rocha.

A lã de rocha e a lã de vidro são indicadas para isolamento térmico e para tratamento acústico. São caracterizadas por baixa condutibilidade térmica e elevado índice de absorção acústica, garantindo conforto ambiental e gerando economia de energia. Estão disponíveis em vários formatos, sendo os mais utilizados em manta ou placas. As placas podem ser apresentadas com diferentes revestimentos. [37] [38]

Para efeitos de cálculo, os valores correntes do coeficiente de condutibilidade da lã de vidro variam de 0,045 a 0,040 (W/(m.°C)) para valores de massa volúmica entre 8 e 100 (kg/m<sup>3</sup>).

Os valores correntes do coeficiente de condutibilidade da lã de rocha variam de 0,045 a 0,042 (W/(m.°C)) para valores de massa volúmica entre 20 e 180 (kg/m<sup>3</sup>). [31]

Outras características importantes que o material apresenta são: [37] [38]

- Alta resistência à temperatura e ao fogo;
- Incombustibilidade;
- Alta absorção sonora;
- Facilidade de manusear, cortar e aplicar;
- Podem ser fornecidas em diversas dimensões, espessuras, formatos e revestimentos;
- Disponíveis em várias densidades, desde mantas leves e flexíveis, até muito rígidas.

Para este material obter um bom desempenho como isolante deve ter uma espessura maior do que 80mm. Por outro lado, é um material com fraca resistência à compressão. Possui grande permeabilidade ao vapor de água, sendo que a sua utilização apenas é viável como isolamento primário, em conjunto com uma barreira anti-vapor.

#### **3.3.1.4.4. Aglomerado de Cortiça Expandida (ICB)**

O Aglomerado de Cortiça Expandida é um produto 100% ecológico e reciclável, proveniente de uma matéria-prima renovável, visto que a extração da casca do sobreiro se insere no seu ciclo de vida. No seu fabrico são utilizados unicamente grânulos de cortiça

que, quando sujeitos a um processo térmico, libertam uma resina – a Suberina, que funciona como aglutinante natural. [39] [40]

Este material apresenta um elevado desempenho térmico, com valor de condutibilidade térmica ( $\lambda$ ) na ordem dos 0,045 (W/(m.°C)) para valores de massa volúmica entre 90 e 140 (kg/m<sup>3</sup>). [31]

Outras características importantes que o material apresenta são: [39] [40]

- Bom isolante acústico e anti-vibrátil;
- Durabilidade ilimitada, sem perda das suas características;
- Elevada resistência mecânica;
- Excelente estabilidade dimensional;
- Resistência à penetração de humidade;
- Resistência ao desgaste;
- Bom comportamento ao fogo;
- Não liberta gases tóxicos;
- Não atacado por roedores.

#### **3.3.1.4.5. Espuma Rígida de Poliuretano (PUR)**

Este material, em placas, apresenta um elevado desempenho térmico, com valores de condutibilidade térmica ( $\lambda$ ) entre 0,040 a 0,037 (W/(m.°C)) para valores de massa volúmica entre 20 e 50 (kg/m<sup>3</sup>). [31]

As principais características que o PUR apresenta são: [41] [42]

- Possibilidade de eliminar pontes térmicas, por poder ser projetado *in situ*, uma vez que não existem juntas entre as placas, formando uma superfície contínua de isolamento;
- Não contêm CFC'S ou HCFC's;
- Excelente aderência a todos os materiais de construção;
- Baixa permeabilidade ao vapor de água;
- Grande flexibilidade;
- Grande resistência à compressão;
- Grande elasticidade;
- Boa estabilidade dimensional;
- Facilmente inflamável, sendo que, em caso de incêndio, a espuma de poliuretano liberta gases tóxicos;
- Reforça e protege a zona aplicada;
- Não atrai roedores;

- Evita as condensações;
- Rápida aplicação;
- Menor espessura em relação a outros materiais.

#### **3.3.1.4.6. Vermiculite Expandida (VA)**

A vermiculite expandida é um produto mineral, comercializado a granel ou em painéis aglomerados por cimento (silicatos), betume ou gesso.

As principais características que a VA apresenta são: [43] [44]

- Condutibilidade térmica a granel cerca de 0,053 (W/(m.°C)) (para as placas aglomeradas, a condutividade térmica depende da massa volúmica da substância aglomeradora);
- Baixa condutividade acústica;
- Baixa densidade;
- Praticamente incombustível;
- Grande inércia às variações climatéricas;
- Não abrasiva;
- Não solúvel em bases e ácidos fracos e solventes orgânicos.

#### **3.3.1.4.7. Argila Expandida (LWA)**

É um agregado leve, de formato esférico, com uma estrutura interna formada por uma espuma cerâmica com micróporos e com uma superfície rígida e resistente.

Como principais características a LWA apresenta: [45] [46]

- Valores de condutibilidade térmica a granel na ordem dos 0,110 (W/(m.°C));
- Boa resistente mecânica;
- Boas propriedades acústicas;
- É incombustível e não inflamável;
- É inalterável com o tempo;
- É de fácil aplicação;
- É um material leve;
- Permite executar uma superfície nivelada.

#### **3.3.1.5. REABILITAÇÃO TÉRMICA DE VÃOS ENVIDRAÇADOS**

O vão envidraçado constitui um intermediário nas trocas de energia entre os ambientes exterior e interior dos edifícios.

Atendendo a que os vãos envidraçados têm um peso significativo no balanço térmico global dos edifícios e que podem ser responsáveis por uma boa percentagem das perdas térmicas no inverno e por problemas de sobreaquecimento interior no verão, devem ser estudadas medidas para se minimizarem esses impactos.

A reabilitação térmica dos vãos envidraçados deve visar: [23]

- O reforço do respetivo isolamento térmico;
- A redução das infiltrações de ar não-controladas através das juntas de caixilharia;
- O reforço da proteção contra a penetração indesejável da radiação solar (em particular na estação quente).

O comportamento térmico do vão envidraçado resulta do conjunto vidro/caixilharia. São as características da superfície envidraçada, mas também as características do sistema de caixilharia e o sistema de vedação entre estes e entre estes e o edifício, que podem determinar diferentes coeficientes de transmissão térmica ( $U$ ). Este coeficiente define a quantidade de calor, por unidade de tempo, que atravessa uma superfície de área unitária de um elemento da envolvente, por unidade de diferença de temperatura entre os ambientes que o elemento separa, expresso em ( $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ). [17]

O fator solar do vão envidraçado ( $g_l$ ), que representa da relação entre a energia solar transmitida para o interior através do vão envidraçado e a radiação solar nele incidente, depende principalmente do tipo de vidro, mas é naturalmente afetado pela relação superfície envidraçada/ superfície de perfis. Em qualquer edifício, o desempenho do vão envidraçado está relacionado com a globalidade dos componentes que o constituem e com as características que lhes estão associadas.

As propostas de reabilitação têm que encontrar a melhor relação entre as funções que as janelas desempenham e as necessidades do edifício em que estão inseridas.

De um modo geral, as ações de reabilitação energética dos vãos envidraçados devem incluir: [23] [47] [48]

- Reforço do isolamento térmico (e assim deduzir as trocas de calor associadas às diferenças entre o ambiente interior e o exterior);
- Reduzir a permeabilidade ao ar da caixilharia (e assim minimizar as perdas de calor associadas à infiltração do ar);
- Controlar os ganhos solares através dos vãos envidraçados (e assim permitir a admissão da radiação solar quando é necessária e limitando-a quando não for necessária);
- Fornecer a iluminação natural suficiente ao interior do edifício, sem causar o encandeamento);

- Incorporar dispositivos nas caixilharias que permitam a ventilação natural (e assim reduzir problemas de humidades e condensações);
- Minimizar a sensação de desconforto térmico associado ao fenómeno de “superfície fria”.

Para se reforçar o isolamento térmico nos vãos envidraçados de edifícios existentes, existem várias opções com graus de eficácia diferentes consoante a opção que se tome, podendo substituir-se os componentes do vão, nomeadamente as janelas, por outras aptas às exigências atuais ou fazer uma conservação da janela existente. [47] [48]

Quando a caixilharia se encontrar em bom estado, pode ser ponderada a substituição do vidro simples por um vidro duplo, caso o caixilho assim o permita. Uma solução de referência deve ser a solução de janela de alumínio com vidro duplo. A espessura da lâmina de ar do vidro deve ser tanto maior quanto possível, preferencialmente de 16 mm. [24]

Atualmente existem diversos tipos de vidro especiais, nomeadamente vidros de baixa emissividade<sup>3</sup> e vidros com lâminas preenchidas com gases raros, como o argón, SF<sub>6</sub> ou krypton, que reduzem ainda mais as perdas térmicas.

Quando for necessário manter a caixilharia existente voltada para o exterior, pode ser ponderada a instalação de uma segunda janela pelo interior, afastada da primeira cerca de 10 cm.

Se as caixilharias se encontrarem degradadas, deverá ser ponderada a aplicação de janelas novas. É de extrema importância, em qualquer caixilharia, especificar (e verificar em obra) a vedação de todas as uniões entre a caixilharia e as suas estruturas de suporte. [49]

#### **3.3.1.5.1. Controlo dos Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados**

Com o controlo dos ganhos solares pretende-se controlar a admissão da radiação solar quando esta é necessária, ou seja, nos períodos de aquecimento (Inverno) e, limitar a radiação solar quando não é necessária, nomeadamente, nos períodos de Verão.

Atualmente existem disponíveis no mercado diferentes tipos de envidraçados, com características distintas. No entanto, é importante perceber quais as características mais favoráveis para um determinado objetivo. Por exemplo, a utilização de vidros com “controlo solar”, ao invés de vidros simples, constitui uma medida eficaz no controlo dos

---

<sup>3</sup> Propriedade da superfície do vidro que permite a redução das trocas de radiação e, desta forma, melhorar o coeficiente de transmissão térmica (U) dos vidros duplos que integra, que são assim considerados vidros duplos de baixa ou reduzida emissividade

ganhos solares, no entanto, este tipo de vidros não é o mais indicado para o aproveitamento da luz natural. [23] [48]

Uma medida eficiente, e que não põe em causa as condições de iluminação natural, é a adoção de dispositivos de proteção solar, preferencialmente, a aplicação de proteções exteriores. A aplicação de persianas ou portadas de baixa permeabilidade ao ar contribui para o aumento do isolamento térmico do vão envidraçado. Quando os vãos estão expostos a Sul, poderão adotar-se palas ou lâminas que reduzam também os ganhos solares. No entanto, qualquer uma destas medidas contribui para alterar a estética exterior dos edifícios.

Em contrapartida a estes, os dispositivos de proteção solar interiores são menos eficazes na redução dos ganhos solares, no entanto, podem ser importantes no controlo da luz natural.

Em reabilitações mais invasivas, onde se pretenda alterar a fachada dos edifícios, poder-se-á aumentar da área dos vãos envidraçados nas fachadas viradas a Sul e implementar espaços tipo “estufa” ligados a envidraçados pré-existentes, ambas as soluções com vista a aumentar a captação de ganhos solares no inverno. Porém, nestas circunstâncias, não se deve descuidar a situação inversa, ou seja, na estação quente, devendo prever-se a possibilidade de abertura dos vãos, para permitir uma ventilação e arejamento dos espaços interiores e aplicar dispositivos de sombreamento ou proteções solares reguláveis e eficientes. [23] [48]

Nas proximidades dos vãos orientados a Poente, a criação de um espaço de vegetação de folha caduca que permita criar condições diferenciadas de sombreamento no Inverno e no Verão no sentido de uma maior adequação às necessidades, poder-se-á revelar uma medida interessante. [23] [48]

#### **3.3.1.5.2. Controlo das Infiltrações de Ar**

O controlo das infiltrações de ar contribui, também, para a redução das necessidades de consumo de energia, tal como para a melhoria das condições de conforto no interior dos edifícios.

As janelas, as portas, as caixas de estore e outras aberturas são zonas críticas por onde o excesso de ventilação pode acontecer. Por esse motivo, devem ter características vedantes que impeçam infiltrações de ar não controladas para o interior dos edifícios.

Por um lado, é necessário controlar as infiltrações e, por outro, há que conceber sistemas e dispositivos de ventilação que possibilitem as trocas e a renovação do ar interior, sempre que assim se deseje.

Em obras de reabilitação, e caso a caixilharia se encontre em bom estado, a permeabilidade ao ar deve ser reduzida através da afinação de caixilhos, com ajustamentos eventuais das respetivas posições, da interposição de perfis vedantes nas juntas móveis e/ou pela substituição de materiais vedantes envelhecidos das juntas vidro-caixilho. [23] [48]

Em termos gerais, as propostas de reabilitação dos vãos envidraçados deverão centrar-se na modificação dos seguintes parâmetros de qualidade térmica: [48]

- Coeficiente de Transmissão Térmica – Transmissão de calor por condução;
- Coeficiente de Transmissão Térmica Linear – Transmissão de calor pelo elementos de enquadramento do vão;
- Permeabilidade ao Ar – Infiltrações de ar; permeabilidade ao ar das janelas;
- Área de Abertura da Janela – Ventilação natural por abertura das folhas móveis;
- Fator Solar / Fração Envidraçada – Ganhos solares pelo vão envidraçado.

### **3.3.1.6. MELHORIA DA EFICIÊNCIA DA ILUMINAÇÃO NATURAL**

O uso otimizado da luz natural em edifícios com ocupação frequente, em substituição da luz artificial, contribui para a redução do consumo de energia, bem como para a melhoria do conforto visual e bem-estar dos ocupantes.

Um contributo para que a edificação seja energeticamente eficiente, refere-se a um nível adequado de iluminação natural, que permita reduzir o uso da iluminação artificial.

No entanto, deve haver um balanço entre iluminação natural e os ganhos térmicos nos ambientes internos.

A preocupação de otimização do recurso à iluminação natural deve estar presente desde o início do desenvolvimento do projeto do edifício, na medida em que os espaços devem ser bem localizados, organizados, orientados e dotados de vãos de iluminação adequados, tendo em conta as funções previstas para esses espaços e as atividades que neles irão ser realizadas.

Os fogos mais frequentemente ocupados, particularmente durante o dia, devem dispor-se de forma a que os respetivos vãos de iluminação se orientem para os quadrantes que recebem diretamente o sol (sul, nascente e poente). Em contrapartida, os espaços de serviços devem localizar-se preferencialmente a Norte, uma vez que não são espaços de ocupação permanente. [23] [24]

São exemplos de medidas que potencializam a iluminação natural, a utilização de tetos brancos e paredes de cor clara, pois facilitam a refletividade. Da mesma forma, o recurso à

iluminação zenital, por exemplo, claraboias, lanternins e poços de luz, são opções de iluminação natural em espaços interiores. [23] [24]

Em reabilitações, as questões relacionadas com área e orientação dos vãos, são mais complexas, uma vez que se parte de um edifício pré-existente com todos os condicionalismos que daí advêm.

Tal como já foi referido, deve haver uma ponderação entre a iluminação natural e o conforto térmico nos edifícios, daí que todos os envidraçados devam ser protegidos da incidência direta do sol, de modo a minimizar não só os problemas de desconforto visual causados por contrastes da iluminação, com os de desconforto térmico devidos ao sobreaquecimento dos espaços interiores na estação quente. [23] [24]

### **3.3.1.7. MELHORIA DA EFICIÊNCIA DA VENTILAÇÃO NATURAL**

A ventilação natural poderá ser entendida como um regulador do clima interno de um edifício, por meio de trocas controladas de ar pelas aberturas. Dentro de um ambiente construído, uma circulação natural e controlada de ar, para além de auxiliar na diminuição do gradiente térmico, contribui para a renovação do ar interno.

O uso da ventilação natural deve ser uma estratégia para a obtenção de um ambiente interno confortável. Devem, por isso, em projeto, ser ponderados espaços fluidos, facilitar a ventilação vertical e utilizar elementos para direcionar o fluxo de ar para o interior.

Qualquer construção deve ser dotada de soluções que permitam uma adequada ventilação natural, nomeadamente: [24]

- Aberturas de admissão de ar nos compartimentos principais;
- Passagem de ar dos compartimentos principais para os compartimentos de serviço;
- Aberturas de evacuação de ar dos compartimentos de serviço, ligadas a condutas individuais ou coletivas, de evacuação de ar para o exterior;
- Limitação da permeabilidade ao ar da envolvente exterior, nomeadamente em janelas e caixas de estore.

Os compartimentos principais devem ser dotados de aberturas de admissão de ar, localizadas em locais estratégicos, no entanto, devem ser evitadas correntes de ar indesejáveis que perturbem o normal sentido de circulação.

As entradas de ar podem ser de secção constante, ou seja, não-reguláveis, localizadas preferencialmente em fachadas pouco expostas ao vento, ou de secção variável, podendo estas ser acionadas manualmente ou por ação do vento. [50]

As passagens de ar dos compartimentos principais para os compartimentos de serviço podem ser realizadas através do aumento das folgas na parte inferior ou nas partes laterais das portas interiores ou através da instalação de grelhas de ventilação. [50]

Em espaços frequentemente utilizados e com necessidade excecional de ventilação, como é o caso de cozinhas, devem ser previstas aberturas de evacuação de ar que permitam, em simultâneo, a exaustão do ar viciado da habitação e dos fumos provenientes da preparação dos alimentos.

As instalações sanitárias também devem ser alvo de um estudo mais ponderado da ventilação. Por exemplo, as aberturas de evacuação de ar devem ser localizadas a, pelo menos, 2 m acima do pavimento e tão distantes quanto possível da porta de acesso a estes compartimentos, de forma a que todo o ar que entra através da porta proceda ao varrimento de todo o compartimento, evitando-se assim a ocorrência de zonas de estagnação.

A ventilação mecânica pode ser uma solução alternativa, quer para as cozinhas, quer para as instalações sanitárias. No entanto, em obras de reabilitação, a instalação de sistemas de ventilação mecânica deve ser alvo de um estudo detalhado, uma vez que para além de exigir espaço para a colocação de condutas, é uma intervenção potencialmente mais dispendiosa. [24] [50]

### **3.3.2. RECURSO A ENERGIA PROVENIENTE DE FONTES RENOVÁVEIS**

Os sistemas solares ativos transformam as energias provenientes de fontes renováveis (solar, eólica, biomassa, geotérmica) em energia final. Os sistemas que, normalmente, estão integrados nos edifícios são os coletores solares e os painéis fotovoltaicos.

Os coletores solares térmicos, que transformam a radiação solar absorvida em calor, o qual é distribuído através de um fluido, destinam-se, fundamentalmente, ao aquecimento das águas sanitárias.

Os painéis fotovoltaicos convertem a energia solar diretamente em eletricidade. O seu grau de eficiência é sensível à intensidade da radiação solar e à temperatura do ar.

Ao instalarem-se sistemas solares nos edifícios, não só se contribui para a eficiência energética do próprio edifício, como, também, para a redução dos gastos energéticos globais do país e, nesse sentido, para a redução das emissões de CO<sub>2</sub> para a atmosfera. [25]

### **3.3.2.1. INSTALAÇÃO DE COLETORES SOLARES TÉRMICOS**

A obrigatoriedade da instalação de sistemas solares térmicos em edifícios de habitação é uma medida que tem contribuído para a eficiência energética e autonomia dos edifícios. A localização de Portugal no globo é, pois, uma mais-valia, uma vez que existe uma abundância de horas de sol ao longo do ano. O contributo da utilização de sistemas solares corresponde a cerca de 70% das necessidades energéticas para o aquecimento de águas quentes sanitárias. [51]

Os sistemas solares térmicos carecem sempre de uma fonte de energia que complemente ou substitua a energia solar quando esta não esteja disponível, por exemplo, a utilização de gás natural ou eletricidade.

Em obras de reabilitação, estes sistemas são facilmente executáveis, utilizando as coberturas dos edifícios, sendo que a energia recebida por um painel solar depende do ângulo que a superfície coletora faz com a direção dos raios solares.

Para aproveitar a energia proveniente da radiação solar interessa que a superfície sobre a qual incide a radiação consiga absorver o máximo da energia radiante incidente.

Para aproveitar o máximo de energia que uma dada geometria pode captar, num painel orientável, este deve ser mantido numa posição perpendicular aos raios solares. Mas para isso, este tipo de painéis têm que permitir a rotação segundo dois eixos. Outros painéis orientáveis podem permitir apenas uma rotação ao longo do dia, garantindo, desta forma, que o ângulo azimutal do painel seja sempre nulo ao longo do dia, sendo que o painel está sempre orientado na direção do azimute solar, mas não permitem variar a sua inclinação. [51]

Importa, pois, aproveitar ao máximo a energia proveniente da radiação solar, ou seja, a máxima radiação que a superfície sobre a qual incide consiga absorver e que essa energia, uma vez captada, seja fornecida ao fluido que se pretende aquecer.

### **3.3.3. REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DOS SISTEMAS E INSTALAÇÕES**

#### **3.3.3.1. MELHORIA DA EFICIÊNCIA DA ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL**

É possível reduzir o consumo energético de um edifício, substituindo os dispositivos de iluminação convencional por outros com maior eficiência energética.

Quanto mais tempo se utilizar a iluminação artificial maior será a vantagem da substituição das lâmpadas convencionais por lâmpadas energeticamente eficientes. As lâmpadas fluorescentes e de LED (*Light Emitter Diode*) devem substituir as lâmpadas incandescentes porque, apesar de apresentarem um custo inicial superior, são muito mais resistentes do que as lâmpadas tradicionais.

É, pois, importante, na construção de novos edifícios e em reabilitações, optar-se pela utilização de lâmpadas de “baixo consumo”, mesmo que inicialmente seja um investimento mais elevado será mais vantajoso a longo prazo. [23] [25]

### **3.3.3.2. MELHORIA DA EFICIÊNCIA DOS SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO**

Quando as soluções de reabilitação térmica da envolvente dos edifícios não garantam, por si só, as condições de conforto, torna-se necessário recorrer à utilização de sistemas de climatização ativos que funcionem como apoio destes.

Os sistemas de climatização devem ser instalados no interior dos edifícios, para criar boas condições térmicas. Devem, no entanto, ser utilizados como complemento a uma boa qualidade térmica da envolvente.

É importante que, quando se pondere a utilização de dispositivos de climatização, sejam previstos em fase de projeto, uma vez que a sua instalação posterior é bastante mais propícia a eventuais anomalias.

Devem ser ponderadas soluções adequadas a cada intervenção. Por exemplo, em espaços com ocupação ocasional devem ser previstos equipamentos com um tempo de resposta mais baixo. Em contrapartida, em espaços com ocupação frequente, devem ser ponderadas soluções de maior inércia. Na reabilitação de edifícios que não disponham de nenhum tipo de sistema de climatização, recomenda-se a instalação de sistemas fixos, que satisfaçam as exigências de aquecimento e arrefecimento. [23] [25]

### **3.3.3.3. MELHORIA DA EFICIÊNCIA DOS EQUIPAMENTOS PARA PRODUÇÃO DE ÁGUAS QUENTES SANITÁRIAS**

Pode definir-se Águas Quentes Sanitárias (AQS) como a água potável a temperatura superior a 45°C, utilizada para banhos, limpezas, cozinha e outros fins análogos, preparada em dispositivo próprio, com recurso a formas de energia convencionais ou renováveis. (alínea a. do Art.º 2 do Decreto-lei 118/2013 de 20 de Agosto)

Nos edifícios com reduzida carga ocupacional, o aquecimento de AQS é, normalmente, produzido recorrendo a esquentadores a gás ou termoacumuladores elétricos. Para construções mais recentes, o Decreto-lei 118/2013 de 20 de Agosto impõe a obrigatoriedade do recurso a sistemas de coletores solares térmicos. [25]



## 4. CASOS DE ESTUDO – PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO

Neste capítulo serão descritos os edifícios escolares do Plano dos Centenários localizados na Aldeia da Serra D'Ossa e em Redondo. Além disso, serão apresentadas detalhadamente as soluções propostas para reconversão e reabilitação energética dos mesmos.

Estes edifícios foram considerados representativos da totalidade das Escolas do Plano dos Centenários do concelho de Redondo porque, no caso da escola da Aldeia da Serra D'Ossa, este é um edifício de um piso, com duas estradas individualizadas e simétricas, podendo dividir-se em duas frações autónomas e atribuir-se-lhe utilizações distintas. Por permitir esta individualização, transformando-se em dois espaços simétricos, constituídos, cada um, por uma sala de aula e átrio, representa também as escolas de uma sala de aula apenas, na medida em que as dimensões dos compartimentos e os processos construtivos são semelhantes. No caso da escola de Redondo, a escolha partiu do facto de esta ser a escola com maiores dimensões do Concelho, englobando um conjunto de edifícios, dos quais dois são de 4 salas e dois pisos sendo, por esse motivo, um projeto mais ambicioso.

### 4.1. EDIFÍCIO ESCOLAR DA ALDEIA DA SERRA D'OSSA

#### 4.1.1. IMAGENS DO EXISTENTE

Parte do edifício (metade simétrica) já se encontra reestruturada e em funcionamento, desde 2007, como posto de serviço e atendimento aos utentes da Aldeia da Serra D'Ossa, extensão do Centro de Saúde de Redondo, pelo que não será objeto de estudo neste trabalho.

Atualmente, a parte do edifício em que se pretende intervir, funciona como sede (temporária) de uma associação de caçadores.

Nas figuras seguintes são apresentadas fotografias do exterior e do interior do edifício escolar, nomeadamente, zonas de acesso, fachadas e compartimentos interiores.



Figura 4. 1 – Acessos, um de viaturas e outro pedonal ao lote.



Figura 4. 2 – Vista geral da fachada principal e da fachada posterior do edifício.



Figura 4. 3 – Zona de acesso e vãos de peito da fachada principal.



Figura 4. 4 – Fachada lateral e pormenor da zona do recreio coberto.



Figura 4. 5 – Fachada posterior na sua totalidade.



Figura 4. 6 – Átrio de entrada e sala de aula.



Figura 4. 7 – Janela da sala de aula.

#### **4.1.2. RECONVERSÃO DA ESCOLA PRIMÁRIA DA ALDEIA DA SERRA D’OSSA EM CENTRO DE DIA E APOIO DOMICILIÁRIO**

##### **4.1.2.1. CONTEXTO**

Tal como já foi referido na secção 2.5, o edifício localiza-se no núcleo da Aldeia da Serra D’Ossa, concelho de Redondo. A sua construção é datada de 1959, com todas as características da construção dessa época, distinguindo-se as alvenarias de pedra de elevada inércia térmica.

A parcela encontra-se situada junto ao eixo viário principal que atravessa o aglomerado da Aldeia da Serra, a nascente, lado direito para quem o percorre, no sentido Redondo – Estremoz.

O lote de terreno encontra-se murado, tendo na sua envolvente duas entradas distintas, permitindo sempre individualizar duas áreas funcionais.

O grau de degradação é resultante do decorrer do tempo incidindo mais visivelmente ao nível da cobertura e vãos, e na inadequação face às atuais necessidades de infra-estruturas técnicas com serviços autónomos, em espaço próprio e funcionamento independente.

A fachada principal do edifício está orientada a oeste (poente), a fachada posterior a este (nascente), a fachada lateral direita a sul, a fachada lateral esquerda a norte, e não existem obstáculos/edifícios que constituam obstrução da radiação solar.

Em 2007, depois de ter deixado de funcionar como escola, parte do edifício (cerca de metade), foi reconvertida em posto de serviço e atendimento aos utentes da Aldeia da Serra, extensão do Centro de Saúde de Redondo.

O espaço em estudo corresponde atualmente ao compartimento da entrada, sala de aulas, área de recreio coberto, situada na zona posterior do edifício, e bloco de instalações sanitárias. A parte do edifício que se encontra já reestruturada, não será objeto de estudo deste trabalho.

A titularidade da propriedade pertence à Câmara Municipal de Redondo.

#### **4.1.2.2. RECONVERSÃO – PROPOSTA**

Depois de se procurar entender as necessidades da Aldeia, para o aproveitamento deste espaço (parte autónoma do edifício escolar do 1º ciclo da Aldeia da Serra), decidiu-se que se iria reconverter em Centro de Dia e Apoio Domiciliário. O projeto de reconversão do edifício está a cargo de uma equipa multidisciplinar da Câmara Municipal de Redondo.

O projeto proposto visa a reconversão e revitalização dos espaços existentes de modo a serem desenvolvidas novas funcionalidades, com as valências de Centro de Dia e Apoio Domiciliário, concretamente, atividades de apoio social a pessoas idosas, onde se incluem as refeições, os cuidados de saúde/higiene e bem-estar, a ocupação dos tempos livres/convívio e o tratamento de roupas.

Na proposta desenvolvida, são tidas em atenção as condições de utilização necessárias para o bom funcionamento de um espaço vocacionado para os idosos, como as necessárias acessibilidades, desenvolvendo-se toda a solução à mesma cota.

Importa ainda referir que, num clima temperado como o nosso, os espaços exteriores tornam-se muitas das vezes uma continuação dos espaços interiores. A possibilidade de se usufruir destes é uma mais-valia para os utentes, pois representa um espaço gerador de bem-estar e de vivência salutar.

#### **4.1.2.3. ACESSOS – PROPOSTA**

Estão contemplados quatro áreas de acesso ao edifício. O acesso existente na fachada principal será mantido, mas deixará de ser o principal, embora mantendo essa força visual, passará a dar acesso apenas a um espaço reservado aos serviços: hall de distribuição, cozinha, despensa e instalação sanitária/vestiário.

O acesso na empena lateral é novo, e comunicará diretamente com a cozinha.

Os restantes acessos localizam-se na zona posterior do edifício. Um acesso direto à lavandaria e rouparia e por último, mas não menos importante, o acesso dos utentes ao Centro de Dia. Este acesso poderá ser múltiplo e ocorrer em qualquer um dos vãos envidraçados do antigo recreio (pátio coberto), dependendo da organização, posição do mobiliário e funcionalidade interna.

#### **4.1.2.4. ÁREAS FUNCIONAIS - PROPOSTA**

Estabeleceram-se nesta proposta cinco áreas funcionais básicas; (1) Sala de convívio e estar; (2) Sala de refeições, a qual poderá vir a ter uma maior flexibilização permitindo outras atividades, como por exemplo, trabalhos manuais ou artesanais, aulas de movimentação/ginástica, etc.; (3) Área de higiene, que corresponde às duas instalações sanitárias de separação por sexo e uma outra para pessoas com mobilidade condicionada; (4) Cozinha, que estabelece a comunicação direta para a sala de refeições, com um pequeno hall de distribuição para a zona de despensa, instalação sanitária e vestiário do pessoal de serviço; (5) Lavandaria e rouparia.

#### **4.1.2.5. INTERVENÇÃO CONSTRUTIVA - PROPOSTA**

O edifício destina-se a um espaço de Centro de Dia, procurando-se uma rentabilização máxima do espaço, através de medidas mínimas mas ergonómicas, tendo sempre presente a reutilização e manutenção da construção existente.

Prevê-se a construção de paredes divisórias em alvenaria de tijolo de 7cm até aos 2m de altura, na individualização da instalação sanitária e das várias zonas de serviços.

Na fachada lateral (alçado poente) serão constituídas duas áreas técnicas de apoio, em cada um dos lados do novo vão, que se propôs para iluminação e ventilação do espaço da cozinha e áreas de serviços anexas.

As áreas técnicas foram previstas para a instalação e deposição de lixos diferenciados, para o depósito de aquecimento de águas – termoacumulador, para os aparelhos de climatização do ambiente – aquecimento e arrefecimento, para os quadros técnicos das instalações elétricas e das infra-estruturas informáticas e de telecomunicações, entre outras. Não serão mais do que armários fechados por grelhas que permitem a sua ventilação.

Na fachada posterior os arcos existentes serão envidraçados.

A lavandaria e rouparia terão um funcionamento independente e de acesso direto ao exterior.

Quer a cozinha, quer a lavandaria, possuem circuitos de funcionamento próprios. A cozinha compõe-se de: área de preparação dos alimentos; área de confeção; área de empratamento e de apoio ao serviço; zona de lavagem; área de arrumação de equipamento/ louça.

No espaço da lavandaria também se prevê o funcionamento em várias etapas ou fases: separação de roupa; lavagem; secagem mecânica ou manual no espaço exterior; acertos de costura; engomadoria; dobragem, separação e armazenagem.

Os desenhos principais do projeto de arquitetura, do existente e do proposto, encontram-se no Anexo II, secção II.1.

#### **4.1.3. MEDIDAS DE REABILITAÇÃO ENERGÉTICA A IMPLEMENTAR NO EDIFÍCIO**

No Capítulo 3, foi apresentado um conjunto de possíveis medidas de reabilitação energética em edifícios. É com base nas soluções apresentadas e nas características do edifício, que se propõe a reabilitação energética da antiga escola, que será convertida em Centro de Dia.

Todas as medidas de reabilitação energética a implementar no edifício, serão ponderadas tendo por base as opções do projeto de reconversão do espaço.

##### **4.1.3.1. REABILITAÇÃO TÉRMICA DAS PAREDES EXTERIORES**

De uma forma geral, todas as paredes se apresentam em bom estado de conservação, uma vez que, periodicamente, a Câmara Municipal de Redondo tem feito a manutenção do edifício, nomeadamente lavagem das paredes e pintura.

As paredes exteriores são paredes estruturais, constituídas por alvenaria de pedra, com aproximadamente 50cm de espessura e não possuem qualquer tipo de isolamento térmico.

Tal como se pode verificar nas imagens apresentadas no ponto 4.1.1, na fachada principal do edifício, os vãos (porta e janelas) têm na sua constituição uma moldura em cantaria de pedra de granito, que sobressai da parede cerca de 3cm. Da mesma forma, em toda a envolvente do edifício existe uma cornija (cimalha) que sobressai cerca de 5cm da parede. O rodapé exterior também é em granito, com cerca de 50cm de altura na fachada principal, que corresponde á cota do pavimento interior.

Como foi referido na secção 3.3.1.1. do Capítulo 3, a aplicação do isolamento térmico pelo exterior da parede, em relação ao isolamento térmico pelo interior é, em geral, uma solução mais vantajosa. No entanto, tendo em conta os condicionalismos arquitetónicos que o edifício em estudo apresenta, a aplicação de um isolamento térmico pelo exterior

não é a solução mais adequada, na medida em que manter a pedra à vista é uma solução difícil de implementar, caso se aplique um sistema de isolamento contínuo. O isolamento térmico pelo exterior iria aumentar o perímetro exterior do edifício, sobrepondo-se às cantarias que o ornamentam. Por outro lado, se a solução fosse ponderada não cobrindo a zona dos vãos, iriam predominar muitas pontes térmicas associadas à envolvente, logo, o sistema, que ganha por garantir uma camada contínua de isolamento térmico, acabaria por não cumprir a sua função, nas zonas onde existe pedra na fachada.

Dadas as limitações que o projeto acarreta, porque se pretende manter a imagem existente da fachada, a solução mais viável é a aplicação de um isolamento térmico pelo interior. No entanto, esta solução acaba por comprometer a forte inércia térmica conferida pelas paredes exteriores do edifício, que no seu estado atual, mesmo sem isolamento térmico, contribuem significativamente para atenuar as variações da temperatura do ar no interior.

Tendo em conta que o edifício será reconvertido em Centro de Dia e que não terá ocupação permanente, a aplicação de um isolamento térmico pelo interior, poderá ser vantajosa em termos de gastos energéticos, na medida em que possibilita que uma determinada temperatura ambiente, quando necessária, seja atingida mais rapidamente. Com este tipo de isolamento, embora se possa consumir mais energia para arrefecer a casa de verão, numa situação de inverno, será mais rápido aquecer o espaço interior (na medida em que as paredes de elevada inércia térmica estão localizadas do lado exterior do isolamento térmico), o que poupará bastante energia.

Propõe-se então a execução de uma contra-fachada, no interior da parede, em gesso cartonado, com incorporação de um isolante térmico entre a parede exterior e a contra-fachada, com uma caixa-de-ar entre o isolante e a parede exterior.

Como isolamento térmico propõe-se a utilização de placas de aglomerado de cortiça expandida (ICB), com 60mm de espessura. Tratando-se de uma reabilitação e tendo em conta as limitações que daí advêm, optou-se por não colocar o isolamento mais espesso, pois iria reduzir ainda mais as dimensões do espaço interior.

Tendo em conta as características de cada material de isolamento apresentadas na secção 3.3.1.4. do Capítulo 3, a escolha da cortiça baseia-se nas inúmeras vantagens que o material apresenta como isolante térmico e principalmente porque, face aos outros materiais similares em termos de características térmicas, este é um produto natural, muito provavelmente produzido em Portugal, característico da região Alentejo, é um material renovável, o processo industrial é natural, sem aditivos, é totalmente reciclável e reutilizável, traduzindo-se, por isso, num material mais sustentável.

A aplicação do sistema consiste, primeiramente, na fixação, por aparafusamento, de uma estrutura metálica (constituída por um conjunto de perfis convenientemente espaçados entre si) à face interior da parede exterior. Em seguida o conjunto isolamento térmico mais placa de gesso cartonado é fixado à estrutura de suporte, com altura do pé direito, posicionado de modo a que as respetivas juntas verticais e horizontais coincidam com os perfis da estrutura metálica (entre a parede e o isolamento é definida um caixa de ar com 25mm de espessura). Como acabamento é aplicado um barramento (com massa apropriada para este tipo de material) e um reforço em rede, nas juntas entre placas. Para finalização toda a parede é pintada, a branco.

A título exemplificativo, por consulta do fabricante *Amorim Isolamentos S.A*, a placa *Gypcork* associa o isolamento térmico em cortiça, à placa de gesso cartonado. Sendo que, como se representa na figura 4.8, o conjunto é constituído pelo isolamento térmico em placas de aglomerado de cortiça expandida, com tiras de madeira embutidas e pela placa de gesso cartonado aparafusada ao isolamento nos pontos coincidentes com as tiras de madeira.



Figura 4. 8 – Sistema de isolamento pelo interior com placas *Gypcork*.

#### 4.1.3.1.1. Benefícios Térmicos da Solução Proposta face à Solução Existente – Coeficientes de Transmissão Térmica das Paredes

O coeficiente de transmissão térmica superficial  $U$  pode definir-se como a quantidade de calor, por unidade de tempo, que atravessa uma superfície de área unitária desse elemento da envolvente, por unidade de diferença de temperatura entre os ambientes que ele separa, sendo calculado através da equação:  $U (W/(m^2 \cdot ^\circ C)) = 1/ (R_{si} + \sum R_j + R_{se})$ . Sendo que  $R_j$  é a resistência térmica de cada camada e  $R_{si}$  e  $R_{se}$   $((m^2 \cdot ^\circ C)/W)$ , as resistências térmicas superficiais interior e exterior, cujos valores se apresentam no

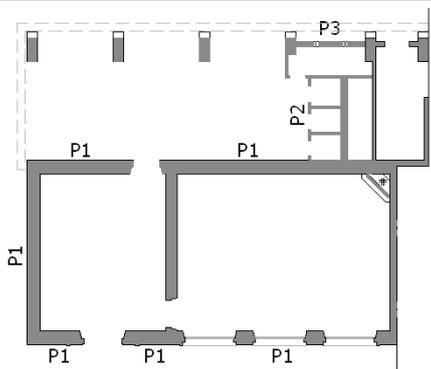
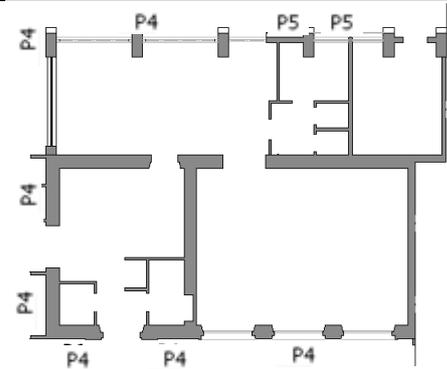
anexo VII do Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE)<sup>4</sup>.

O valor da resistência térmica de cada material é dado pela fórmula:  $R \text{ (m}^2\cdot\text{°C/W)} = e/\lambda$ , em que  $e$  representa a espessura da camada (m) e  $\lambda$  representa a condutibilidade térmica do material ( $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{°C})$ ).

No Quadro 4.1 apresentam-se os resultados de cálculo dos coeficientes de transmissão térmica das paredes, das soluções existentes e propostas no edifício em estudo. Os valores da condutibilidade térmica dos materiais ( $\lambda$ ) foram atribuídos com base na publicação ITE 50 do LNEC [31] e por consulta de fabricantes.

No Anexo III, secção III.1, encontra-se o cálculo efetuado, para obtenção de cada um dos valores de U, para os elementos verticais – Paredes.

Quadro 4. 1 – Caracterização das propriedades térmicas dos elementos verticais da envolvente opaca – Coeficiente de transmissão térmica (U) – Paredes

| Solução Existente   | Solução Proposta   |   |
|---|--|---|
|    |  |   |
| Descrição da Solução Existente e Proposta   |  | U                                       |
| Elementos Verticais – Paredes   |  | ( $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{°C}$ ) |
| P1 – Existente – Parede exterior – simples de alvenaria ordinária de pedra de granito com $e=0,44\text{m}$ e $\lambda=2,8 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{°C})$ ; Reboco interior e exterior tradicional, caiado a branco, com $e=0,03\text{m}$ em cada face da parede e $\lambda=1,3 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{°C})$ . |  | 2,679                                   |
| P2 – Existente – Parede exterior – simples de tijolo cerâmico maciço (tijolo burro) com $e=0,07\text{m}$ e $R_s=0,08 \text{ (m}^2\cdot\text{°C)}/\text{W}$ ; Reboco exterior e interior tradicional, caiado a branco, com $e=0,015\text{m}$ em cada face da parede e $\lambda=1,3 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{°C})$ .   |  | 3,662                                   |

<sup>4</sup> Utiliza-se este regulamento porque durante a proposta e na primeira fase da elaboração deste trabalho o RCCTE era o regulamento, ainda, em vigor

|   |       |
|---|-------|
| P3 – Existente – Parede exterior – simples de tijolo cerâmico maciço (tijolo burro) com $e=0,16\text{m}$ e $R_s=0,13 \text{ (m}^2\cdot\text{°C)/W}$ ; Reboco interior e exterior tradicional, caiado a branco, com $e=0,02\text{m}$ em cada face da parede e $\lambda=1,3 \text{ W/(m}\cdot\text{°C)}$ .  | 3,023 |
| P4 – Proposto – Parede exterior – simples de alvenaria ordinária de pedra de granito com $e=0,44\text{m}$ e $\lambda=2,8 \text{ W/(m}\cdot\text{°C)}$ ; Reboco exterior e interior tradicional, caiado a branco, com $e=0,03\text{m}$ em cada face da parede e $\lambda=1,3 \text{ W/(m}\cdot\text{°C)}$ ; Caixa-de-ar com $e=0,025\text{m}$ e $R_s=0,18 \text{ W/(m}^2\cdot\text{°C)}$ ; Placa de aglomerado de cortiça expandida (ICB) com $e=0,060\text{m}$ e $\lambda=0,04 \text{ W/(m}\cdot\text{°C)}$ ; Placa de gesso cartonado com $e=0,013\text{m}$ e $\lambda=0,25 \text{ W/(m}\cdot\text{°C)}$ . | 0,475 |
| P5 – Proposto – Parede exterior – simples de alvenaria de tijolo cerâmico furado com $e=0,22\text{m}$ e $R_s=0,53 \text{ (m}^2\cdot\text{°C)/W}$ ; Reboco exterior, caiado a branco, com $e=0,03\text{m}$ e $\lambda=1,3 \text{ W/(m}\cdot\text{°C)}$ ; Caixa-de-ar com $e=0,025\text{m}$ e $R=0,18 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$ ; Placa de aglomerado de cortiça expandida (ICB) com $e=0,060\text{m}$ e $\lambda=0,04 \text{ W/(m}\cdot\text{°C)}$ ; Placa de gesso cartonado com $e=0,013\text{m}$ e $\lambda=0,25 \text{ W/(m}\cdot\text{°C)}$ .  | 0,409 |

$e$  = Espessura (m)

$\lambda$  = Coeficiente de Condutibilidade Térmica ( $\text{W/(m}\cdot\text{°C)}$ )

$R_s$  = Resistência Térmica da Camada ( $\text{(m}^2\cdot\text{°C)/W}$ )

Tal como se pode verificar no quadro atrás representado, a aplicação de um isolamento térmico nas paredes exteriores reduziu cerca de 80%-85% o coeficiente de transmissão térmica das mesmas. Logo, a quantidade de calor, expressa em  $\text{W/(m}^2\cdot\text{°C)}$ , que atravessa as paredes na solução proposta é significativamente menor, em comparação com a solução existente, sem isolamento térmico.

#### 4.1.3.2. REABILITAÇÃO TÉRMICA DO PAVIMENTO

Na solução existente, o pavimento interior, elevado 50cm em relação ao terreno exterior, é constituído por uma laje aligeirada com cerca de 20 cm de espessura, revestida com tacos de madeira, sobre uma caixa-de-ar.

Na zona das instalações sanitárias, localizadas em paralelo com o recreio coberto, o pavimento, sobre o terreno, é constituído por camada de brita, com cerca de 0.20m de espessura, massame em betão, com 0.10m de espessura e betonilha de cimento e areia, com 0,05m de espessura.

Na solução proposta, o antigo pátio posterior será transformado em área de refeições, logo passará a integrar a área interior útil de pavimento.

Como reabilitação térmica, propõe-se a aplicação do isolamento térmico sobre as lajes de pavimento existentes. Não se ponderou a aplicação do isolamento térmico sob as lajes pois teria que se destruir todo o pavimento existente, o que em termos práticos é uma solução mais difícil, morosa e dispendiosa.

Propõe-se então, para o pavimento sobre a caixa-de-ar (espaço não aquecido), a remoção total do revestimento de madeira e a picagem da betonilha da laje aligeirada. Depois de se retirarem os revestimentos propõe-se a aplicação de um isolamento térmico, em placas de ICB de 40mm de espessura e a regularização de toda a superfície com argamassa para assentamento de mosaicos cerâmicos. Não se pondera a aplicação de placas mais espessas de isolamento porque isso implicaria alterar o pé direito do edifício.

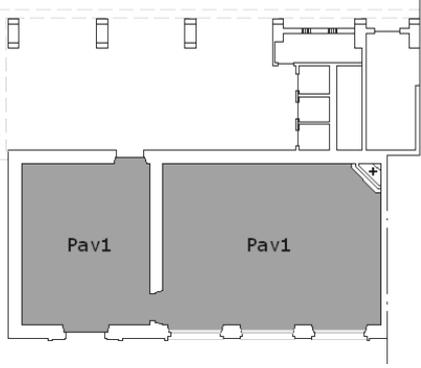
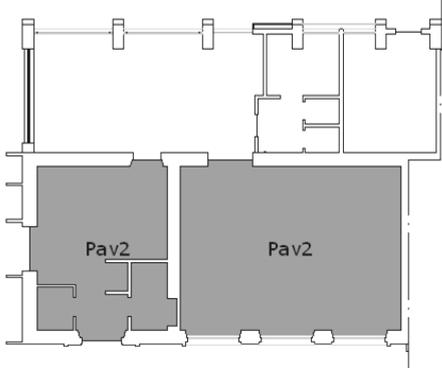
No pavimento do antigo pátio posterior e instalações sanitárias, que corresponde, no projeto de reconversão, a um espaço útil, sendo este um pavimento em contacto com o terreno, propõe-se a aplicação, sobre os revestimentos existentes, de um isolamento térmico em placas de ICB de 60mm de espessura, seguindo-se uma camada de argamassa para assentamento de mosaicos cerâmicos. Pretende-se que a todos os pavimentos do edifício estejam à mesma cota, logo a aplicação de um isolamento e de uma camada de argamassa com maiores espessuras, permitirá que este pavimento atinja a cota estipulada no projeto de arquitetura.

#### **4.1.3.2.1. Benefícios Térmicos da Solução Proposta face à Solução Existente – Coeficientes de Transmissão Térmica dos Pavimentos**

No Quadro 4.2 apresentam-se os resultados de cálculo dos coeficientes de transmissão térmica dos pavimentos, da solução existente e proposta, para o pavimento sobre a caixa-de-ar. Os valores da condutibilidade térmica dos materiais ( $\lambda$ ) foram atribuídos com base na publicação ITE 50 do LNEC [31] e por consulta de fabricantes.

No Anexo III, secção III.1, encontra-se o cálculo efetuado, para obtenção de cada um dos valores de U, para os elementos horizontais – Pavimentos.

Quadro 4. 2 – Caracterização das propriedades térmicas dos elementos horizontais da envolvente opaca – Coeficiente de transmissão térmica (U) – Pavimentos.

| Solução Existente  | Solução Proposta   |                             |
|--|--|-----------------------------|
|   |  |                             |
| Descrição da Solução Existente e Proposta<br>Elementos Horizontais – Pavimento   |  | U<br>(W/m <sup>2</sup> .°C) |
| <b>Pav1 – Existente</b> – Pavimento interior – laje aligeirada sobre caixa-de-ar fracamente ventilada, com $\tau=0.7$ , constituída por: Blocos cerâmicos com $e=0,20\text{m}$ e $R_s=0,21$ (m <sup>2</sup> .°C)/W; Revestimento em tacos de madeira com $e=0,05\text{m}$ e $\lambda=0,15$ W/(m.°C).   |  | Fluxo Descendente<br>1,132  |
| <b>Pav2 – Proposto</b> – Pavimento interior – laje aligeirada sobre caixa-de-ar fracamente ventilada, com $\tau=0.7$ , constituída por: Blocos cerâmicos com $e=0,17\text{m}$ e $R_s=0,18$ (m <sup>2</sup> .°C)/W; ICB com $e=0,04\text{m}$ e $\lambda=0,04$ W/(m.°C); Argamassa para assentamento de revestimento com $e=0,03\text{m}$ e $\lambda=1,3$ W/(m.°C); Revestimento em grés cerâmico com $e=0,01\text{m}$ e $\lambda=1,3$ W/(m.°C). |  | Fluxo Descendente<br>0,645  |

$e$  = Espessura (m)

$\lambda$  = Coeficiente de Condutibilidade Térmica (W/(m. °C))

$R_s$  = Resistência Térmica da Camada ((m<sup>2</sup>. °C)/W)

$\tau$  = Coeficiente de redução das perdas térmicas para locais não aquecidos (Ponto 7.2 da Tabela IV.1 do RCCTE)

A aplicação de um isolamento térmico no pavimento reduziu cerca de 43% o seu coeficiente de transmissão térmica, pelo que a quantidade de calor, expressa em W/m<sup>2</sup>C, que atravessa o pavimento na solução proposta, é significativamente menor, em comparação com a solução existente, sem isolamento térmico.

#### **4.1.3.3. REABILITAÇÃO TÉRMICA DA COBERTURA**

A cobertura do edifício é uma cobertura inclinada, com uma estrutura principal composta por asnas e uma estrutura secundária composta por madres, varas e ripas. Como teto do piso existe uma laje, em abóbada, que separa o piso do desvão do telhado.

Tal como acontecia com as paredes e pavimentos, também a cobertura não possui nenhum isolante térmico.

Sendo que o desvão da cobertura não é habitável, propõe-se a aplicação de um isolamento térmico contínuo no teto em abobada, em posição superior.

A colocação do isolante térmico na face superior da laje aumenta o aproveitamento da inércia, contribuindo de forma positiva para o atraso e amortecimento da onda de calor no verão e para um maior aproveitamento dos ganhos solares no inverno, o que originará um menor consumo de energia quer na estação fria, quer na estação quente. Esta solução também tem como vantagem permitir a manutenção do teto existente, em abóbada, o que não acontecia com a aplicação de um isolamento térmico pelo interior, por exemplo através de teto falso.

Propõe-se, então, o enchimento do topo das abóbadas com betão de argila expandida, de modo a criar uma superfície nivelada, seguindo-se a aplicação de uma camada de desempenho com uma argamassa de cimento e areia. Propõe-se a utilização da argila expandida porque é um material leve, com elevada durabilidade e que por si só possui propriedades de isolamento térmico. Em seguida, com a superfície nivelada, procede-se à colocação de placas de ICB de 60mm sobre a laje, sendo que se deve ter especial atenção na colocação das mesmas, de modo a que, sob elas, não circule ar em quantidades significativas, originadas pela deficiente justaposição do material.

Na zona do antigo pátio posterior, sobre a laje de cobertura, propõe-se a colocação do isolamento térmico em placas de ICB de 60mm e sobre este a fixação de um ripado em PVC para o assentamento do revestimento em telha. Não se considera a aplicação de uma proteção exterior do isolamento porque se prevê o assentamento de telha nova na cobertura, que deve garantir completa estanquidade à passagem de água no estado líquido para as camadas adjacentes.

##### **4.1.3.3.1. Benefícios Térmicos da Solução Proposta face à Solução Existente – Coeficientes de Transmissão Térmica das Coberturas**

No Quadro 4.3 apresentam-se os resultados de cálculo dos coeficientes de transmissão térmica das soluções, existentes e propostas, no edifício em estudo. Os valores da

condutibilidade térmica dos materiais ( $\lambda$ ) foram atribuídos com base na publicação ITE 50 do LNEC [31] e por consulta de fabricantes.

No Anexo III, secção III.1, encontra-se o cálculo efetuado, para obtenção de cada um dos valores de U, para os elementos horizontais – Coberturas.

Quadro 4.3 – Caracterização das propriedades térmicas dos elementos horizontais da envolvente opaca – Coeficiente de transmissão térmica (U) – Coberturas.

| Corte Esquemático do Edifício  |                             |
|--|-----------------------------|
|  |                             |
| Descrição da Solução Existente e Proposta<br>Elementos Horizontais - Cobertura   | U<br>(W/m <sup>2</sup> .°C) |
| <b>C1 – Existente</b> – Cobertura exterior – constituída por: Telha cerâmica de aba e canudo com $e=0,01m$ e $\lambda=0,60$ W/(m.°C); Laje aligeirada de blocos cerâmicos, com $e=0,20m$ e $R_s=0,21$ (m <sup>2</sup> .°C)/W; Reboco pelo interior tradicional, caiado a branco, com $e=0,02m$ e $\lambda=1,3$ W/(m.°C).   | Fluxo Ascendente<br>2,617   |
|  | Fluxo Descendente<br>2,212  |
| <b>C2 – Existente</b> – Cobertura interior/laje de teto – em abóbada sob desvão do telhado (fracamente ventilado), local não aquecido, com $\tau>0.7$ , constituída por: Tijolo cerâmico maciço (tijolo burro) com $e=0,16m$ e $R_s=0,13$ (m <sup>2</sup> .°C)/W; Reboco pelo interior tradicional, caiado a branco, com $e=0,02m$ e $\lambda=1,3$ W/(m.°C).   | Fluxo Ascendente<br>2,895   |
| <b>C1 – Proposto</b> – Cobertura exterior – constituída por: Telha cerâmica de aba e canudo com $e=0,010m$ e $\lambda=0,60$ W/(m.°C); Placa de aglomerado de cortiça expandida (ICB) com $e=0,060m$ e $\lambda=0,04$ W/(m.°C); laje aligeirada de blocos cerâmicos com $e=0,20m$ e $R_s=0,21$ (m <sup>2</sup> .°C)/W; Reboco pelo interior tradicional, caiado a branco, com $e=0,02m$ e $\lambda=1,3$ W/(m.°C).                                       | Fluxo Ascendente<br>0,531   |
|  | Fluxo Descendente<br>0,512  |
| <b>C2 – Proposto</b> – Cobertura interior/laje de teto – em abóbada sob desvão do telhado (fracamente ventilado), local não aquecido, com $\tau= >0.7$ , constituída por: Placa de aglomerado de cortiça expandida (ICB) com $e=0,060m$ e $\lambda=0,04$ W/(m.°C); Tijolo cerâmico maciço (tijolo burro) com $e=0,16m$ e $R_s=0,13$ (m <sup>2</sup> .°C)/W; Reboco pelo interior tradicional, caiado a branco, com $e=0,02m$ e $\lambda=1,3$ W/(m.°C). | Fluxo Ascendente<br>0,542   |

$\lambda$  = Coeficiente de Condutibilidade Térmica (W/(m.°C))

$R_s$  = Resistência Térmica da Camada ((m<sup>2</sup>.°C)/W)

$\tau$  = Coeficiente de redução das perdas térmicas para locais não aquecidos (Ponto 7.2 da Tabela IV.1 do RCCTE)

A aplicação de um isolamento térmico nas coberturas reduziu cerca de 80% o coeficiente de transmissão térmica das mesmas, pelo que a quantidade de calor, expressa em W/m<sup>2</sup>.°C, que atravessa esses elementos na solução proposta, é significativamente menor, em comparação com a solução existente, sem isolamento térmico.

#### **4.1.3.4. REABILITAÇÃO TÉRMICA DOS VÃOS ENVIDRAÇADOS**

Na solução existente, o edifício dispõe de vãos envidraçados, com caixilharia de madeira e vidro simples, na fachada principal (orientada a poente). A área atual dos vãos envidraçados corresponde a, aproximadamente, 7,00m<sup>2</sup>.

Na proposta de reconversão a área de envidraçados da fachada poente não será alterada, no entanto, prevê-se a utilização do espaço do pátio posterior (orientado a nascente), como área de refeições. Nesta perspetiva a área anteriormente aberta, será fechada, com envidraçados num total de 20,00m<sup>2</sup> de área, aproximadamente.

Para a fachada norte, também se prevê a abertura de vãos envidraçados, quer no acesso lateral da cozinha, quer na zona do arco aberto do pátio, em um total de, aproximadamente, 14,00m<sup>2</sup> de área.

##### **Vãos Envidraçados da Fachada Poente**

Nas fachadas orientadas a oeste (poente), o dimensionamento dos vãos envidraçados deverá ter em conta que:

- No inverno, a fachada recebe pouca radiação, durante poucas horas do período da tarde;
- No verão, a radiação solar incide em abundância, durante longas horas da tarde, desde o meio-dia até ao pôr do sol, que ocorre tarde e próximo da orientação noroeste. Esta é a fachada mais problemática em termos de verão. Estas fachadas são responsáveis por grandes cargas térmicas na generalidade dos edifícios, sendo necessário ter um maior cuidado com elas, quer em termos de áreas, tipos de vidro e sombreamentos.

Para esta fachada, como reabilitação térmica dos vãos envidraçados, propõe-se a substituição das janelas existentes, porque se considera que o conjunto (caixilharia em madeira + vidro simples) esta obsoleto, sendo que a caixilharia em madeira já se encontra

parcialmente degradada. No entanto mantêm-se os elementos fixos de guarnecimento do vão, que são em pedra de granito.

Tendo em conta que os vãos envidraçados, com orientação poente, são particularmente problemáticos na situação de verão, propõe-se a utilização de vidros duplos de baixa emissividade com espessura de 24mm (6+12+6), com argon no espaço de ar, a 90%. Esta opção partiu da consulta técnica do fabricante *Saint-Gobain Glass Portugal*. Este tipo de vidro, de isolamento térmico, reflete os raios infravermelhos de longo comprimento de onda, que transportam calor e são responsáveis pelo aquecimento. Comparativamente com um vidro duplo comum, o vidro com capa de baixa emissividade apresenta um coeficiente de transmissão térmica bastante mais reduzido. Da mesma forma, possui elevado nível de transmissão luminosa, não comprometendo a iluminação natural no edifício [52]. A escolha do tipo de vidro deve-se ao facto dos vãos a reabilitar serem particularmente problemáticos na situação de verão, pelo que devem ser usados vidros que reflitam a radiação, com ganhos solares térmicos reduzidos no verão. No inverno este tipo de vidro minimiza as perdas energéticas para o exterior, sendo mais eficiente que os vidros duplos convencionais.

Para a caixilharia propõe-se a utilização de alumínio, com corte térmico (característica que melhora o comportamento térmico da caixilharia). Este é um material leve e com elevada resistência mecânica, que permite criar caixilharias de grandes dimensões com perfis leves e de fácil manobra. Da mesma forma, é um material durável, incombustível, resistente à corrosão e estanque à chuva e ao vento. [53]

Não se considerou a utilização do PVC, pois neste clima, com muitas horas de sol, o PVC tem tendência a descolorar e também porque os perfis apresentam dimensões superiores (face ao alumínio), que do ponto de vista estético não é favorável, tendo sido posto de parte no projeto de arquitetura. Da mesma forma, não se considerou a utilização da madeira, pois este material necessita de uma manutenção mais cuidada e, principalmente, porque é bastante mais dispendioso.

Propõe-se a utilização de caixilharias em alumínio, com corte térmico e com acabamento lacado na cor castanha.

Um outro fator a ter em consideração é a introdução de dispositivos de sombreamento e proteção solar. Estes devem ser o mais flexível possível de modo a que possam ser adaptados às variações do clima, durante o dia e durante o ano. Assim, no inverno, os dispositivos deverão permitir a entrada de radiação solar, e no verão, deverão constituir um entrave aos ganhos solares.

Para os vãos da fachada poente e tendo em conta que não se prevê alterar a estética exterior do edifício, obteve-se por cortinas opacas interiores em tecido de cor bege. Este

tipo de dispositivos não apresenta desempenho térmico tão bom comparativamente com as portadas, mas em contrapartida, o controlo solar é mais eficaz. Neste edifício não existe a preocupação da total oclusão noturna, uma vez que irá funcionar como Centro de Dia e, como tal, não terá ocupação durante a noite.

Prevê-se também a implantação de árvores de folha caduca com o objetivo de fazer sombreamento nesta fachada.

Na figura 4.9 representa-se a disposição dos vãos na fachada poente (oeste).

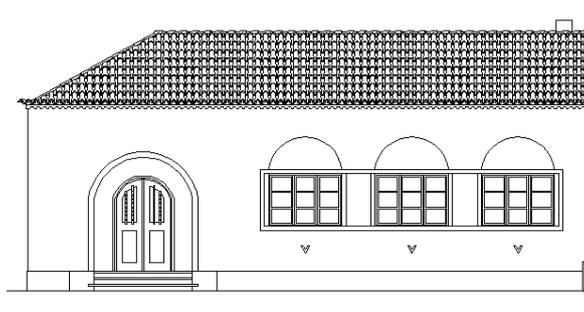


Figura 4. 9– Disposição dos vãos na fachada poente.

#### **Vãos Envidraçados da Fachada Nascente**

Numa fachada orientada a este (nascente), sendo simétrica em relação à fachada orientada a oeste, os efeitos da ação solar são semelhantes, diferindo apenas no período do dia em que ocorrem. O dimensionamento dos vãos envidraçados deverá ter em conta que:

- No Inverno, uma fachada com esta orientação recebe pouca radiação, uma vez que o Sol nasce próximo da orientação sudeste, incidindo na fachada durante poucas horas do período da manhã;
- No verão, a radiação solar incide em abundância e durante longas horas da manhã, desde o nascer do sol, que ocorre cedo e próximo da orientação nordeste, até ao meio-dia. Os ângulos de incidência são próximos da perpendicular à fachada, o que maximiza a captação de energia solar, que nesta estação é indesejável.

Tal como já foi referido prevê-se a utilização do espaço do pátio posterior como área de refeições. Nesta perspetiva os arcos serão fechados com envidraçados.

Propõe-se a colocação de janelas fixas e de janelas de abrir, com vidro duplo de baixa emissividade com espessura de 24mm (6+12+6), com árgon no espaço de ar, a 90%, e caixilharia de alumínio com corte térmico.

Como dispositivos de sombreamento e proteção solar propõe-se a colocação pelo exterior de estores venezianos de réguas metálicas.

Como soleiras dos vãos propõe-se a utilização de pedra de granito bujardada a pico fino, 3cm de espessura, uma vez que o material de guarnecimento já existente no edifício.

Na figura 4.10 representa-se a disposição dos vãos na fachada nascente (este).

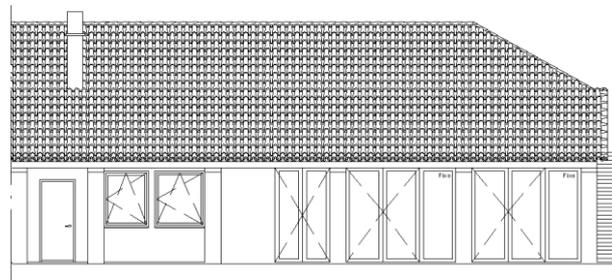


Figura 4. 10 – Disposição dos vãos na fachada nascente (Proposto).

### **Envidraçado da Fachada Norte**

A fachada orientada a norte é a menos problemática num edifício em termos de radiação solar, sendo pois, a fachada mais fria:

- No inverno, não recebe nenhuma radiação direta, porém recebe radiação difusa a partir da abóbada celeste e radiação refletida;
- No verão, recebe uma pequena fração de radiação direta do sol no princípio da manhã e fim da tarde.

Tal como já foi referido prevê-se a utilização do espaço do pátio posterior como área de refeições, sendo que o arco da fachada norte será fechado através de um vão envidraçado. Da mesma forma, será aberto um novo vão de acesso direto à cozinha.

Propõe-se a colocação de um vão fixo na zona do antigo pátio, e de uma porta com duas folhas de abrir no acesso à cozinha, ambos com vidro duplo de baixa emissividade de 24mm (6+12+6), com árgon no espaço de ar, a 90%, e caixilharia de alumínio com corte térmico.

Como dispositivos de sombreamento e proteção solar propõe-se a colocação de cortinas interiores opacas em tecido na cor bege.

Como elemento de guarnecimento dos vãos propõe-se a utilização de pedra de granito, bujardada a pico fino, 3cm de espessura, pois é o tipo de pedra existente no edifício.

Na figura 4.11 representa-se a disposição dos vãos na fachada norte.

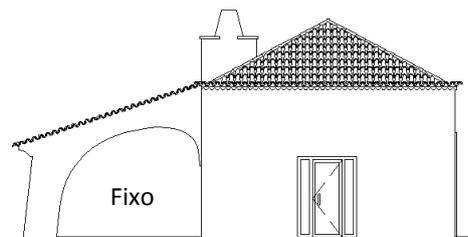


Figura 4. 11 – Disposição dos vãos na fachada norte (Proposto).

Optou-se pela colocação do mesmo tipo de vidros em todas as janelas, por uma questão de uniformização e facilidade no processo construtivo.

#### **4.1.3.5. MELHORIA DA EFICIÊNCIA DA ILUMINAÇÃO**

Com a solução de vãos proposta, todo o edifício será beneficiado em termos de iluminação natural, na medida em que a área de envidraçados será aumentada.

Nos fogos mais frequentemente ocupados, nomeadamente a área de refeições e a área de convívio e atividades, os vãos envidraçados localizam-se, respetivamente, a nascente e a poente, logo recebem diretamente a luz do Sol.

Como dispositivos de sombreamento definiu-se a colocação de cortinas interiores opacas em tecido de cor bege, a poente, e estores venezianos exteriores a nascente. Ambas as soluções com dispositivos reguladores capazes de controlar as entradas de luz.

Propõe-se igualmente a utilização da cor branca nas paredes e no teto do edifício, pois facilita a refletividade, potenciando a iluminação natural.

Como iluminação artificial propõe-se a instalação de lâmpadas de baixo consumo em todos os pontos de luz definidos no projeto de reconversão do edifício.

#### **4.1.3.6. MELHORIA DA EFICIÊNCIA DA VENTILAÇÃO NATURAL**

Dentro de um edifício, uma circulação natural e adequada de ar, para além de remover o excesso de carga térmica gerada pelos equipamentos e pelos ocupantes, contribui para a renovação do ar interno, evitando condensações e minimizando o movimento de massas de ar que causem sensação de desconforto aos ocupantes. O recurso à ventilação natural deve ser, por isso, uma estratégia para a obtenção de um ambiente interno confortável.

Para o edifício em estudo, como já foi referido, propõe-se a utilização de vãos envidraçados com sistema de batente e de correr. Serão também utilizadas caixilharias novas, que se pressupõe que vedem as entradas de ar, quando os vãos se encontrem fechados. Com esta medida é possível controlar as entradas de ar no edifício, pois sempre que for conveniente, é possível abrir as janelas para circular o ar nos compartimentos.

Para a cozinha prevê-se a abertura de duas portas que comunicam diretamente com o exterior, localizadas na fachada norte e na fachada poente. Estes vãos possibilitam não só uma maior simplicidade nos processos de abastecimento de alimentos e saída de lixos, mas também garantem a circulação do ar. Propõe-se também a colocação de um exaustor com uma conduta de ar para o exterior, para reduzir, em conjunto com a ventilação natural, os odores e fumos durante a confeção de alimentos.

Nas instalações sanitárias principais prevê-se a abertura de uma janela basculante na fachada nascente, que permitirá, sempre que necessário, abertura para renovação do ar no compartimento.

#### **4.1.3.7. MELHORIA DA EFICIÊNCIA DOS SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO**

Na reabilitação do edifício, e uma vez que, atualmente, não dispõe de nenhum tipo de sistema de climatização, propõe-se a instalação de um sistema fixo, que satisfaça as exigências de aquecimento e arrefecimento.

Como o Centro de Dia terá apenas ocupação diurna e tendo em conta que as soluções de reabilitação energética propostas nos pontos anteriores possibilitam, por si só, uma melhoria no desempenho térmico do edifício, minimizando as perdas térmicas pela envolvente, propõe-se a utilização de um sistema energeticamente eficiente e com um nível de resposta rápido. Como tal, prevê-se a utilização de bomba de calor.

Atualmente existem disponíveis no mercado, vários modelos, que produzem tanto ar frio como ar quente. É essencial que o equipamento tenha um bom sistema de filtragem para que não se verifique uma deterioração da qualidade do ar.

#### **4.1.3.8. MELHORIA DA EFICIÊNCIA DOS EQUIPAMENTOS PARA PRODUÇÃO DE ÁGUAS QUENTES SANITÁRIAS (AQS)**

Para aquecimento de águas e como contributo para a eficiência energética e autonomia do edifício, propõe-se a instalação de um coletor solar térmico.

Mesmo tratando-se da reabilitação de um edifício, este sistema é relativamente simples de executar, sendo que, a energia recebida por um painel solar depende do ângulo que a superfície coletora faz com a direção dos raios solares.

Propõe-se a instalação do painel solar na cobertura do edifício, orientado a sul. O dimensionamento do painel solar, deve atender a uma ocupação média de 20 pessoas e um gasto médio diário de água quente de 600l. Como sistema complementar propõe-se um sistema tipo caldeira a gás.

#### **4.1.4. ESTUDO TÉRMICO COMPARATIVO - ESCOLA DA SERRA D'OSSA (SOLUÇÃO EXISTENTE) E CENTRO DE DIA DA SERRA D'OSSA (SOLUÇÃO PROPOSTA)**

Em Dezembro de 2013 entrou em vigor em Portugal uma nova regulamentação térmica, decreto-lei nº118/2013 [17]. No entanto, para este estudo térmico comparativo, será aplicado o Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios

(RCCTE), decreto-lei n.º80/2006 [13]. Esta opção baseou-se no facto de, durante a proposta e na primeira fase da elaboração deste trabalho, ser o RCCTE o regulamento ainda em vigor. Além disso, foi o método de cálculo estudado durante o curso de Engenharia Civil.

Pretende-se analisar o edifício no seu estado atual e com as intervenções propostas no ponto 4.1.3, face às exigências do RCCTE e de acordo com o método de cálculo simplificado nele descrito.

Os coeficientes de transmissão térmica (U) dos elementos da envolvente do edifício foram calculados com base nos valores apresentados na publicação ITE 50 do LNEC [31], ajustando-se às características próprias do objeto em estudo.

Pretende-se que, com as medidas de reabilitação térmica propostas para o edifício, este cumpra com todos os requisitos mínimos na verificação da conformidade regulamentar, ou seja, que as necessidades nominais de energia útil para aquecimento (N<sub>ic</sub>), necessidades nominais de energia útil para arrefecimento (N<sub>vc</sub>), necessidades nominais de energia útil para aquecimento de águas sanitárias (N<sub>ac</sub>) e as necessidades nominais globais de energia primária (N<sub>tc</sub>), cumpram o RCCTE.

Os Desenhos de arquitetura do edifício, existente e proposto, encontram-se no Anexo II, secção II.1.

#### **4.1.4.1. ELEMENTOS GERAIS – SOLUÇÃO EXISTENTE E SOLUÇÃO PROPOSTA**

O edifício localiza-se na zona rural da aldeia da Serra, concelho de Redondo (zona climática I<sub>1</sub>-V<sub>3</sub>S - Anexo III – Quadro III.1 do RCCTE).

**Solução Existente:** O edifício tem uma área útil de 100,74m<sup>2</sup>, um pé direito médio de 3.20 m, apresenta uma área de envidraçados de 7,93 m<sup>2</sup> e uma altura média da fachada inferior a 10 m.

**Solução Proposta:** O edifício tem uma área útil de 136,12 m<sup>2</sup> (a área útil do edifício aumentou, pois na proposta de reconversão utiliza-se o espaço do pátio da escola como espaço útil), um pé direito médio de 3.20 m, apresenta uma área de envidraçados de 41,79 m<sup>2</sup> e uma altura média da fachada inferior a 10 m.

#### **4.1.4.2. CARACTERIZAÇÃO DOS PARÂMETROS TÉRMICOS DOS SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO - SOLUÇÃO EXISTENTE E SOLUÇÃO PROPOSTA**

**Solução Existente:** No edifício não existe um sistema de aquecimento nem arrefecimento ambiente. Considera-se para tal, que o sistema de aquecimento é obtido por

resistência elétrica e que o sistema de arrefecimento é uma máquina frigorífica com eficiência (COP) de 3, conforme o n.º 6 do art. 15.º do RCCTE. Sendo que, os valores de referência para o cálculo das necessidades nominais de energia útil para aquecimento e para arrefecimento estão definidos no art. 18.º do RCCTE.

**Solução Proposta:** Considera-se na solução proposta a utilização de Bomba de Calor para aquecimento e arrefecimento.

#### 4.1.4.3. CARACTERIZAÇÃO DOS PARÂMETROS TÉRMICOS DO SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE AQS – SOLUÇÃO EXISTENTE E SOLUÇÃO PROPOSTA

Conforme o artigo 7º do RCCTE cada fração autónoma, não pode exceder um valor máximo admissível de necessidades nominais anuais de energia útil para produção de águas quentes sanitárias (Na). Este valor é definido com base em número de utilizadores, consumo médio e equipamento de referência.

**Solução Existente:** Para a situação existente, apesar do edifício se encontrar presentemente desativado, considera-se uma média de 15 alunos, que não tomam banho nem almoçam na escola, e que apenas utilizam 45 litros de água quente por dia, atendendo a que a escola funcionava cinco dias por semana. Como sistema de aquecimento de águas considera-se um esquentador a gás.

**Solução Proposta:** Considera-se que o edifício irá ter uma ocupação média de 20 pessoas e que o gasto médio diário de água quente é de 600 litros (nas lavagens, lavatórios e duches). Como sistema de aquecimento de águas considera-se a utilização de coletores solares térmicos e como sistema alternativo uma caldeira a gás.

#### 4.1.4.4. DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS DAS SOLUÇÕES DE VENTILAÇÃO – SOLUÇÃO EXISTENTE E SOLUÇÃO PROPOSTA

O edifício situa-se na “Região A”, a 320m de altitude, numa zona rural (rugosidade II), com uma altura ao solo média da fachada inferior a 10 metros, resultando numa classe de exposição 2.

**Solução Existente:** A ventilação é processada de forma natural, através grelhas de ventilação nas fachadas e sem sistemas mecânicos. A caixilharia não possui classificação de permeabilidade ao ar e não existem caixas de estore nos vãos. As portas exteriores são mal vedadas. A área de envidraçados é inferior a 15% da área de pavimento. Não cumpre com a norma NP 1037-1, resultando numa taxa de renovação horária (RPH) = 0,95 h<sup>-1</sup>

**Solução Proposta:** A ventilação é processada de forma natural. A caixilharia possui classificação de permeabilidade ao ar e não possui caixas de estore nos vãos. As portas exteriores são bem vedadas. A área de envidraçados é superior a 15% da área de pavimento. Não cumpre a norma NP 1037-1, resultando numa taxa de renovação horária (RPH) = 0,85 h<sup>-1</sup>.

#### 4.1.4.5. IDENTIFICAÇÃO DE ESPAÇOS NÃO ÚTEIS - SOLUÇÃO EXISTENTE E SOLUÇÃO PROPOSTA

Em ambas as soluções (existente e proposta) foram considerados como espaços não úteis a caixa-de-ar sob pavimento e o desvão da cobertura. Considerou-se que não há perdas de calor através da separação entre a parte do edifício em estudo e metade simétrica que se encontra reestruturada.

As perdas térmicas das paredes e dos pavimentos, que separam os espaços úteis dos não úteis, são calculadas em função do coeficiente  $\tau$  (coeficiente de redução das perdas térmicas para locais não aquecidos). A determinação do valor  $\tau$ , tabela IV.1 do RCCTE, é feita em função do tipo de espaço não útil e da relação entre as áreas dos elementos que separam o espaço não útil do espaço útil ( $A_i$ ), e as áreas dos elementos que separam o espaço não útil do exterior ( $A_u$ ).

No Quadro 4.4, é apresentado o parâmetro  $\tau$ , para o cálculo das perdas pela envolvente em contacto com os locais não aquecidos identificados.

Quadro 4.4 – Coeficiente  $\tau$  para os espaços não úteis.

| Tipo de Espaço Não Útil  | $A_i$<br>(m <sup>2</sup> ) | $A_u$<br>(m <sup>2</sup> ) | $A_i/A_u$ | $\tau$ |
|--|----------------------------|----------------------------|-----------|--------|
| Caixa-de-ar Sob o Pavimento<br>(Fracamente Ventilada)<br>(Ponto 7.2 da Tabela IV.1 do RCCTE) | 76.57                      | 11.38                      | 6.73      | 0.7    |
| Desvão da Cobertura<br>(Fracamente Ventilado)<br>(Ponto 7.2 da Tabela IV.1 do RCCTE)         | 76.57                      | 107.03                     | 0.72      | 0.9    |

Nota: Sempre que  $\tau > 0,7$ , para o elemento que separa o espaço útil interior do espaço não útil, aplicam-se os requisitos mínimos definidos no anexo IX do RCCTE, para os elementos exteriores da envolvente. Os elementos em contacto com o solo, ou com outros espaços não aquecidos, não se contabilizam.

#### 4.1.4.6. CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES TÉRMICAS DA ENVOLVENTE OPACA – SOLUÇÃO EXISTENTE E SOLUÇÃO PROPOSTA

##### VALORES MÁXIMOS ADMISSÍVEIS

O RCCTE obriga à adoção de valores máximos para os coeficientes de transmissão térmica (U) da envolvente dos edifícios, em função da zona climática em que se inserem (Quadro IX.1 do RCCTE).

Para a zona climática do edifício em estudo, os valores são os apresentados no Quadro 4.5.

Quadro 4.5 – Coeficiente U (W/m<sup>2</sup>°C) para a zona climática de inverno I1 (Quadro IX.1 do RCCTE).

| Elementos da Envolvente               | Zona Climática – I <sub>1</sub> |
|---------------------------------------|---------------------------------|
| Elementos exteriores em zona corrente |                                 |
| Zonas opacas verticais                | 1,80                            |
| Zonas opacas horizontais              | 1,25                            |
| Elementos interiores em zona corrente |                                 |
| Zonas opacas verticais                | 2,00                            |
| Zonas opacas horizontais              | 1,65                            |

Os valores dos fatores solares (g<sub>l</sub>) máximos admissíveis de vãos envidraçados, com mais de 5% da área útil do espaço que servem, são os apresentados no Quadro 4.6, tendo em conta a inércia térmica do edifício e a zona climática onde se insere, que é a V<sub>3</sub>. (Quadro IX.2, RCCTE).

Quadro 4.6 – g<sub>l</sub> máximos admissíveis de vãos envidraçados com mais de 5% de área útil do espaço que servem (Quadro IX.2, RCCTE).

| Classe de Inércia Térmica | Zona Climática – V <sub>3</sub> |
|---------------------------|---------------------------------|
| Fraca                     | 0,10                            |
| Média                     | 0,50                            |
| Forte                     | 0,50                            |

### COEFICIENTES DE TRANSMISSÃO TÉRMICA DOS ELEMENTOS DA ENVOLVENTE OPACA

Nos Quadros 4.7, 4.8 e 4.9 apresenta-se um resumo dos coeficientes de transmissão térmica, das soluções existentes e propostas, tendo em conta as soluções já especificadas e os desenhos esquematizados nos Quadros 4.1; 4.2 e 4.3.

No Anexo III encontra-se o cálculo efetuado, para obtenção de cada um dos valores de U.

Quadro 4.7 – Coeficiente de transmissão térmica (U) – Paredes.

| Elementos Verticais – Paredes    | U (W/m <sup>2</sup> .°C) |      |      |
|----------------------------------|--------------------------|------|------|
|                                  | Solução                  | Máx. | Ref. |
| P1 – Existente – Parede Exterior | 2,679                    | 1,80 | 0,70 |
| P2 – Existente – Parede Exterior | 3,662                    | 1,80 | 0,70 |
| P3 – Existente – Parede Exterior | 3,023                    | 1,80 | 0,70 |
| P4 – Proposto – Parede Exterior  | 0,475                    | 1,80 | 0,70 |
| P5 – Proposto – Parede Exterior  | 0,409                    | 1,80 | 0,70 |

Quadro 4. 8 – Coeficiente de transmissão térmica (U) – Pavimentos.

| Elementos Horizontais – Pavimento     | U (W/m <sup>2</sup> .°C) |      |      |
|---------------------------------------|--------------------------|------|------|
|                                       | Solução                  | Máx. | Ref. |
| Pav1 – Existente – Pavimento Interior | FD – 1,132               | 1,65 | 1,00 |
| Pav2 – Proposto – Pavimento Interior  | FD – 0,645               | 1,65 | 1,00 |

Quadro 4. 9 – Coeficiente de transmissão térmica (U) – Coberturas.

| Elementos Horizontais – Coberturas  | U (W/m <sup>2</sup> .°C) |      |      |
|-------------------------------------|--------------------------|------|------|
|                                     | Solução                  | Máx. | Ref. |
| C1 – Existente – Cobertura Exterior | FA – 2,617               | 1,25 | 0,50 |
|                                     | FD – 2,212               |      |      |
| C2 – Existente – Cobertura Interior | FA – 2,895               | 1,25 | 0,50 |
| C1 – Proposto – Cobertura Exterior  | FA – 0,531               | 1,25 | 0,50 |
|                                     | FD – 0,512               |      |      |
| C2 – Proposto – Cobertura Interior  | FA – 0,542               | 1,25 | 0,50 |

FA – Fluxo Ascendente; FD – Fluxo Descendente

Como se pode verificar nos quadros atrás representados, as soluções existentes no edifício não estão de acordo com os limites regulamentares.

Com a introdução de isolamento térmico na envolvente opaca do edifício, verificou-se uma grande redução dos coeficientes de transmissão térmica dos elementos, ficando estes muito abaixo dos limites máximos regulamentares.

### PONTES TÉRMICAS LINEARES – ( $\Psi$ )

No RCCTE estão definidos os valores de referência para os coeficientes de transmissão térmica linear ( $\psi$ ) (Anexo IV do RCCTE) e ainda os valores de  $\psi$  para soluções construtivas não descritas, em que  $\psi=0.50$ .

**Solução Existente:** O valor definido para o coeficiente  $\psi$  dos elementos da envolvente, para as soluções existentes, é de 0.50, porque nenhum dos elementos da envolvente possui isolamento térmico.

**Solução Proposta:** Nas soluções propostas, os elementos da envolvente incluem isolamento térmico.

Nesta perspetiva, foram consideradas pontes térmicas lineares, a ligação entre a fachada com os pavimentos térreos (tabela IV.3 A do RCCTE), com os pavimentos sobre locais não aquecidos (tabela IV.3 B do RCCTE), a ligação da fachada com a cobertura (tabela IV.3 D do RCCTE) e a ligação entre duas paredes verticais tabela IV.3 F do RCCTE).

#### 4.1.4.7. CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES TÉRMICAS DOS VÃOS ENVIDRAÇADOS – SOLUÇÃO EXISTENTE E SOLUÇÃO PROPOSTA

Os requisitos regulamentares para os envidraçados são expressos em termos do fator solar dos vãos horizontais e verticais ( $g_{\perp}$ ),

Os requisitos relativos ao fator solar são impostos para vãos não orientados a norte (entre noroeste e nordeste) e com uma área total superior a 5% da área útil de pavimento do espaço que servem.

**Solução Existente** – No edifício existem vãos envidraçados na fachada oeste (poente) e na fachada este (nascente). Todos os envidraçados são constituídos por caixilharias de madeira sem classificação de permeabilidade ao ar, com sistema de abrir, com quadrícula e vidro simples incolor. Como dispositivos de proteção solar existem cortinas muito transparentes.

Um dos vãos localizados a este apresenta-se sombreado por um elemento horizontal (a cobertura do pátio) e por um elemento vertical (parte da fachada que corresponde às instalações sanitárias). O ângulo que o ponto médio do vão faz com o sombreamento horizontal, corresponde a 60°, aproximadamente. Com o elemento de sombreamento vertical, o ponto médio do vão envidraçado, faz um ângulo de, aproximadamente, 45°.

**Solução Proposta** – No edifício (tendo em conta o projeto de reconversão) estão previstos vãos envidraçados na fachada oeste (poente), na fachada este (nascente) e na fachada norte.

Prevê-se que todos os envidraçados sejam constituídos por caixilharias de alumínio com corte térmico, com sistemas de correr (na fachada oeste) e de abrir e fixo (na fachada este e norte). Na fachada oeste os vãos envidraçados têm quadrícula, os restantes vãos são sem quadrícula. Prevê-se a aplicação de vidro duplo de baixa emissividade com espessura de 24mm (6+12+6) com argón a 90% no espaço de ar, em todos os vãos.

No Quadros 4.10 e 4.11, apresenta-se o resumo das características térmicas dos vãos envidraçados, na situação existente e com as soluções propostas, assim como os valores máximos regulamentares.

Quadro 4. 10 – Características dos vãos envidraçados - solução existente.

| Envidraçado          | $U_w$ (quadro III.1 do ITE 50) | $g_{\perp}^{\text{verão}}$ | $g_{\perp}^{\text{inverno}}$ | $U_{\text{Ref.}}$ |
|----------------------|--------------------------------|----------------------------|------------------------------|-------------------|
| Oeste                | 5,10                           | 0,36                       | 0,70                         | 4,30              |
| Este (Vão Sombreado) | 5,10                           | 0,70                       | 0,70                         | 4,30              |
| Este                 | 5,10                           | 0,70                       | 0,70                         | 4,30              |

Quadro 4. 11 – Características dos vãos envidraçados - solução proposta.

| Envidraçado | U <sub>w</sub> (*) | g <sub>L</sub> verão | g <sub>L</sub> inverno | U <sub>Ref.</sub> |
|-------------|--------------------|----------------------|------------------------|-------------------|
| Oeste       | 1,32               | 0,37                 | 0,60                   | 4,30              |
| Este        | 1,32               | 0,09                 | 0,60                   | 4,30              |
| Norte       | 1,32               | 0,37                 | 0,60                   | 4,30              |

(\*) O valor de U para o envidraçado proposto, foi calculado com base nas indicações dos fabricantes, *Saint-Gobain Glass* e *Extrusal*. (Quadro 4.12)

Quadro 4. 12 – Coeficientes de transmissão térmica dos elementos dos vãos envidraçados - solução proposta.

| Descrição  | U<br>(W/m <sup>2</sup> .°C) | %   | U<br>(W/m <sup>2</sup> .°C) |
|--|-----------------------------|-----|-----------------------------|
| Vidro duplo de baixa emissividade - 24mm<br>(6+12+6) com árgon a 90% no espaço de ar | 1,10                        | 0,8 | 1,32                        |
| Caixilharia de Alumínio com Corte Térmico  | 2,20                        | 0,2 |                             |

#### 4.1.4.8. INÉRCIA TÉRMICA – SOLUÇÃO EXISTENTE E SOLUÇÃO PROPOSTA

A inércia térmica é a capacidade de armazenamento de calor que o edifício apresenta e depende da massa superficial útil de cada um dos elementos da construção.

A inércia térmica é calculada pela expressão:  $It = (\sum M_{si} * r_i * S_i) / A_p$

Em que:

M<sub>si</sub> – Massa superficial útil do elemento i (kg/m<sup>2</sup>);

r<sub>i</sub> – Fator de correção para cada elemento;

S<sub>i</sub> – Área útil do elemento (m<sup>2</sup>);

A<sub>p</sub> – Área útil de pavimento (m<sup>2</sup>).

Existem três classes de inércia, dependendo esta da massa superficial dos elementos, como se apresenta no quadro 4.13.

Quadro 4. 13 – Classe da Inércia Interior (Quadro VII.6 do RCCTE).

| Classe de Inércia | Massa Superficial Útil por Área de Pavimento (kg/m <sup>2</sup> ) |
|-------------------|---|
| Fraca             | It < 150  |
| Média             | 150 ≤ It ≤ 400  |
| Forte             | It > 400  |

**Solução Existente:** A massa superficial útil por metro quadrado de pavimento (It) encontrada é de 513,41 kg/m<sup>2</sup>, logo o edifício tem uma inércia térmica forte.

**Solução Proposta:** A massa superficial útil por metro quadrado de pavimento ( $I_t$ ) é de 306,23 kg/m<sup>2</sup>, logo o edifício tem uma inércia térmica média.

(Ver calculo detalhado no Anexo II, secção II.3)

#### 4.1.4.9. ANÁLISE DO COMPORTAMENTO TÉRMICO DO EDIFÍCIO - SOLUÇÃO EXISTENTE E SOLUÇÃO PROPOSTA

No Quadro 4.15, apresentam-se os valores calculados do edifício, com as soluções existentes e com as soluções propostas, para verificação do cumprimento dos limites das necessidades energéticas definidos no RCCTE, nomeadamente as necessidades nominais de energia útil para aquecimento, arrefecimento, produção de água quente sanitária e necessidades nominais globais de energia primária.

De acordo com o artigos 5º, 6º, 7º e 8º do RCCTE, a verificação pressupõe que:  $N_{ic} < N_i$  [kWh/(m<sup>2</sup>.ano)] ;  $N_{vc} < N_v$  [kWh/(m<sup>2</sup>.ano)] ;  $N_{ac} < N_a$  [kWh/(m<sup>2</sup>.ano)] ;  $N_{tc} < N_t$  [kgep/(m<sup>2</sup>.ano)], para que as soluções verifiquem os parâmetros regulamentares.

A classe de eficiência energética de edifícios abrangidos pelo RCCTE é calculada através da expressão:  $S = N_{tc}/N_t$ , tendo por base o Quadro 4.14.

Quadro 4. 14 – Classes Energéticas dos edifícios.

| Classe Energética | S                    |
|-------------------|----------------------|
| A+                | $S \leq 0,25$        |
| A                 | $0,25 < S \leq 0,50$ |
| B                 | $0,50 < S \leq 0,75$ |
| B-                | $0,75 < S \leq 1,00$ |
| C                 | $1,00 < S \leq 1,50$ |
| D                 | $1,50 < S \leq 2,00$ |
| E                 | $2,00 < S \leq 2,50$ |
| F                 | $2,50 < S \leq 3,00$ |
| G                 | $3,00 < S$           |

Quadro 4. 15 – Mapa de valores nominais para a fração autónoma – Situação Existente e Situação Proposta.

| Indicadores Energéticos       |                                  | Situação Existente     | Situação Proposta |
|-------------------------------|----------------------------------|------------------------|-------------------|
| Aquecimento Inverno           | Nic [kWh/(m <sup>2</sup> .ano)]  | 311,68                 | 46,14             |
|                               | Ni [kWh/(m <sup>2</sup> .ano)]   | 82,73                  | 75,06             |
|                               | Nic/Ni (%)                       | 376,75<br>Não Verifica | 61,47<br>Verifica |
| Arrefecimento Verão           | Nvc [kWh/(m <sup>2</sup> .ano)]  | 10,81                  | 27,83             |
|                               | Nv [kWh/(m <sup>2</sup> .ano)]   | 32,00                  | 32,00             |
|                               | Nvc/Nv (%)                       | 33,78<br>Verifica      | 86,96<br>Verifica |
| AQS                           | Nac [kWh/(m <sup>2</sup> .ano)]  | 12,20                  | 96,79             |
|                               | Na [kWh/(m <sup>2</sup> .ano)]   | 9,44                   | 130,32            |
|                               | Nac/Na (%)                       | 129,23<br>Não Verifica | 74,27<br>Verifica |
| Energia Primária              | Ntc [kgep/(m <sup>2</sup> .ano)] | 10,19                  | 8,93              |
|                               | Nt [kgep/(m <sup>2</sup> .ano)]  | 2,31                   | 18,56             |
|                               | Ntc/Nt (%)                       | 441,13<br>Não Verifica | 48,11<br>Verifica |
| Classe Energética do Edifício |                                  | G                      | A                 |

É importante referir que, no estudo térmico efetuado para o edifício, na situação proposta, foi tido em consideração não só a introdução de medidas de melhoria térmica e energética, mas, também, as alterações arquitetónicas previstas no projeto de reconversão. Logo, os resultados obtidos, na situação proposta, traduzem a introdução de medidas de reabilitação energética, no edifício reconvertido em Centro de Dia. Daí que não seja totalmente linear o estudo térmico comparativo, estando este afetado por uma diferença de área útil, área de cobertura e área de envidraçados da situação existente para a situação proposta.

**Situação Existente:** Com o estudo depreende-se que a verificação da conformidade com o Regulamento (RCCTE) dos valores calculados das necessidades nominais de arrefecimento ( $Nvc < Nv$ ), se encontram garantidos.

A não conformidade com o regulamento dos valores calculados das necessidades nominais de energia útil para aquecimento ( $Nic > Ni$ ), necessidades nominais energia útil para aquecimento de águas sanitárias ( $Nac > Na$ ) e necessidades nominais de energia primária ( $Ntc > Na$ ), surgem pela falta de isolamento nas várias envolventes, pela baixa eficiência dos equipamentos de aquecimento de águas sanitárias e pela inexistência de sistemas eficientes de climatização.

Tendo em conta o Quadro 4.14, o edifício é classificado como classe energética G. Esta classificação é influenciada pelo facto de, não existindo sistemas de climatização no

edifício, se ter considerado que o sistema de aquecimento é obtido por resistência elétrica e o sistema de arrefecimento é uma máquina frigorífica com eficiência (COP) de 3.

**Situação Proposta:** Com as soluções de intervenção propostas, verifica-se que o edifício cumpre todos os requisitos mínimos do RCCTE.

A colocação de isolamento térmico na envolvente do edifício fez reduzir o coeficiente de transmissão térmica nos seus elementos, o que levou a uma diminuição do Nic. No entanto, verificou-se um aumento do Nvc, devido à redução da classe de inércia térmica do edifício, fruto da colocação do isolamento térmico, que fez diminuir as perdas térmicas pela envolvente. Da mesma forma também contribui para o aumento de Nvc, o facto de, no projeto de reconversão, a área de envidraçados ser maior. No que respeita ao Nac e Ntc, também se verificam grandes melhorias, uma vez que se propõe a utilização de dispositivos de aquecimento de águas e climatização mais eficientes, face aos contabilizados na situação existente. No entanto, não foi contabilizado no cálculo o efeito do painel solar térmico, por falta de dados de dimensionamento, pelo que se pode considerar que os valores de Nac e Ntc que se obteriam, com a contabilização desta fonte de energia renovável, seriam ainda mais favoráveis.

O edifício é classificado como classe energética A que, comparativamente com a solução existente, é bastante mais satisfatória.

Como conclusão da aplicação do cálculo térmico, depreende-se que o RCCTE privilegia as características dos equipamentos e sistemas de climatização e de aquecimento de águas sanitárias, sendo que estes são determinantes no cálculo da classe energética do edifício.

As tabelas de cálculo térmico para o edifício, na situação existente e na situação proposta, encontram-se no Anexo II, secção II.2.

## 4.2. EDIFÍCIO ESCOLAR DE REDONDO

### 4.2.1. IMAGENS DOS EXISTENTE

Nas figuras seguintes apresentam-se cada um dos quatro edifícios que compõem a antiga escola de Redondo, juntamente com a planta de implantação dos edifícios no lote.

#### Edifícios 1 e 2 (anos 40)



Figura 4. 12 – Fachada Principal e Fachada Posterior.



Figura 4. 13 – Fachada lateral Esquerda e Fachada lateral Direita.

#### Edifício 3 (anos 70)



Figura 4. 14 – Fachada Principal e Fachada Posterior.



Figura 4. 15 – Fachada Lateral Direita.



Figura 4. 16 – Vista geral da Fachada Lateral Esquerda.

### Edifício 4 (anos 60)



Figura 4. 17 – Fachada Principal.



Figura 4. 18 – Fachada Posterior



Figura 4. 19 – Fachada Lateral Direita.



Figura 4. 20 – Fachada Lateral Esquerda.

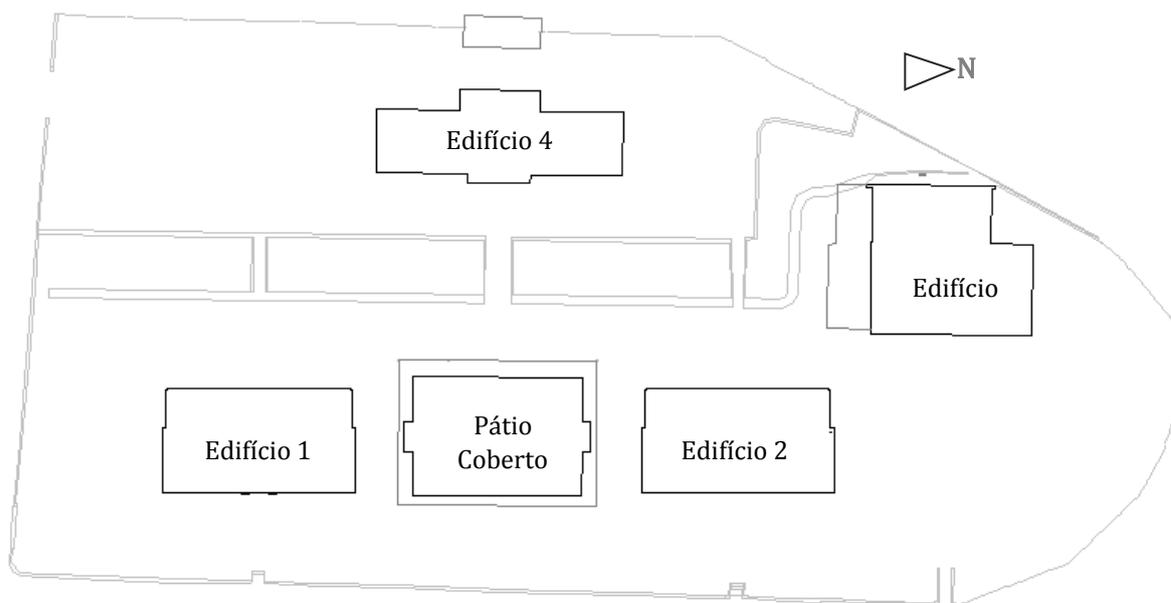


Figura 4. 21 – Disposição dos Edifícios no Lote de Terreno.

## 4.2.2. RECONVERSÃO DA ANTIGA ESCOLA PRIMÁRIA DE REDONDO EM POUSADA DA JUVENTUDE

### 4.2.2.1. CONTEXTO

O conjunto edificado em estudo, localiza-se no núcleo da vila de Redondo.

O lote de terreno, de grande amplitude, apresenta uma forma irregular não geometrizada que se aproxima da trapezoidal. Nele distinguem-se duas plataformas aproximadamente planas de cotas altimétricas distintas. O desnível entre elas é de cerca de 3m, que se encontra vencido por um talude de sentido longitudinal. O respetivo lote encontra-se localizado dentro do perímetro da vila, numa zona de expansão, e encontra-se parcialmente murado com acessos pedonal e viário.

O parque escolar era então composto por 4 edifícios, três escolares e uma cantina. Na plataforma superior localizava-se a Cantina, que difere dos outros três, pois apresenta apenas um único piso e uma funcionalidade também distinta. Compõe-se de duas salas de refeições simétricas com um espaço ou bloco central composto por instalações sanitárias e compartimentos de apoio. Na zona posterior temos a cozinha com ligação direta às duas salas. Este edifício foi já objeto de alterações.

Na plataforma inferior localizam-se três edifícios de duplo piso. Dois dos edifícios são idênticos e correspondem a uma mesma tipologia de edifício escolar dos anos 40, do Plano dos Centenários. No piso térreo apresentam um espaço de entrada que corresponde a um hall de distribuição central com acesso ao piso superior, que é por sua vez ladeado de duas

salas. O 2º piso repete o sistema de distribuição em hall e duas outras salas. Na zona posterior do edifício, ao nível do rés-do-chão, surge um pátio coberto. Nos seus topos, localizam-se de um lado as instalações sanitárias de apoio e, no lado oposto, uma sala de apoio, num dos edifícios, e no outro, duas pequenas salas.

O terceiro edifício corresponde a uma tipologia mais recente já da década de 70. Este edifício foi objeto de uma alteração tendo sido ampliada uma sala ao nível do rés-do-chão, na zona posterior. Foram igualmente remodeladas as instalações sanitárias no piso térreo e no piso intermédio. A tipologia das salas é semelhante ao programa dos edifícios anteriores, apresenta um hall de acesso e distribuição central e quatro salas de aula, duas no piso térreo e duas no 2º piso, tendo sido alargada recentemente para um número de 5 salas com a sala ampliada no piso térreo. Existe um pequeno arrumo sob as escadas e um outro no topo das mesmas no primeiro piso.

As fachadas principais dos edifícios estão orientadas a este, as fachadas posteriores a oeste, as fachadas laterais direitas a norte e as fachadas laterais esquerdas a sul.

#### **4.2.2.2. RECONVERSÃO – PROPOSTA**

Depois de se procurar entender as necessidades da Vila de Redondo, para o aproveitamento deste espaço, decidiu-se que se iria reconverter numa Pousada da Juventude, uma vez que a nível de alojamento, a procura nesta zona do Alentejo tem sido bastante superior à oferta existente.

A ação proposta consiste na remodelação com a reabilitação e a reutilização da totalidade dos edifícios existentes. Três edifícios integram tipologias do Plano Centenário de escolas Primárias e, um quarto edifício é mais recente.

Procura-se, assim, melhorar a construção existente, tendo em conta a eficiência energética dos edifícios e garantir uma nova funcionalidade para os mesmos, melhorando e diversificando a oferta em termos de alojamento hoteleiro.

Este conjunto edificado constituiu o Parque Escolar da Vila, nas fases de Pré-escolar e 1º Ciclo até ao ano 2010. Contudo, a transferência dos alunos para novas instalações deixou para trás todos estes espaços aptos a serem reconvertidos e reutilizados. Optou-se por uma Pousada da Juventude de tipologia “Natureza e Aventura”, pelo facto do concelho dispor não só de um território de grande riqueza e diversidade paisagística (a Serra d’Ossa, a Barragem, os montados, etc.) como de um potencial muito rico em vestígios arqueológicos (a partir do Neolítico com monumentos megalíticos, nomeadamente antas, das quais três estão classificadas como Monumentos Nacionais – Anta da Candeeira, Anta da Vidigueira e Anta do Colmeeiro).

#### 4.2.2.3. PROGRAMA – PROPOSTA

O desenvolvimento do programa prevê e consiste na reabilitação e integração dos quatro edifícios já existentes quer ao nível da realidade física interior quer exterior, garantindo-se as novas funcionalidades e necessidades inerentes, respondendo à legislação atual em vigor.

Propõe-se então que a organização e funcionamento deste novo equipamento hoteleiro venha a ser centralizado num edifício, a anterior Cantina, de piso único. Nele se propõe a localização dos serviços de receção, dos espaços comuns como zonas de estar e convívio e as áreas e onde possam ser prestadas os serviços de refeições (pequenos-almoços, almoços e jantares) de bar e de esplanada.

Os restantes três edifícios funcionarão como núcleos ou células autónomas para alojamento, o que permite o funcionamento individualizado ou em simultâneo, com uma ocupação que poderá ser total ou parcial. Permite ainda dividir essa mesma ocupação por sectores ou grupos, segundo as necessidades do momento e características específicas como classe etária, sexo, etc.

Propõem-se quartos de diferentes tipologias; quartos duplos com WC individualizada, 2 quartos duplos com WC individualizada, mas comunicantes, do tipo familiar e quartos múltiplos de 4 camas com WC partilhada. Para além dos alojamentos existe um espaço comum - sala de convívio – em cada unidade ou edifício 1,2 e 3. No edifício 3, para além da sala de convívio, prevê-se uma área de apoio de cozinha ao alberguista. Nos edifícios 1 e 2 foi possível dispor de instalações sanitárias de uso geral.

A principal área para estacionamento e estacionamento automóvel encontrar-se junto ao edifício 4 na plataforma superior e, junto da outra entrada para veículos automóveis na plataforma inferior. No entanto, estará igualmente previsto a viabilidade de acesso automóvel a qualquer um dos outros edifícios para situações de apoio à mobilidade condicionada e para situações de urgência médica ou civil.

Será também junto ao edifício da receção que se propõe uma das outras zonas de apoio ao alberguista, a Lavandaria, contemplada num pequeno anexo também ele já existente e independente.

Todo o recinto da Pousada corresponde a um espaço delimitado. Propõe-se que o mesmo assim se mantenha, com o sistema de entradas e saídas controladas por vídeo-vigilância junto aos vários acessos e através de um sistema de cartão magnetizado para quem já se encontra instalado. Será igualmente estabelecido um sistema de fechaduras eletrónicas para as entradas em cada um dos edifícios e em cada um dos quartos.

Por um lado pretende-se que os edifícios existentes, de períodos e épocas marcantes, venham a ser evidenciados, mantendo as suas identidades, sistemas estruturais, de

imagem e conteúdo. Por outro lado, a reutilização desses mesmos espaços implica que estes passem a integrar uma nova realidade e, como tal, terão de responder a uma nova programação, sofrendo alterações e ampliações.

Pode ver-se a tipologia de cada edifício no Anexo IV, secção IV.2.

#### **4.2.2.4. ORGANIZAÇÃO FUNCIONAL – PROPOSTA**

##### **Edifício Principal – Entrada /Receção (edifício 4)**

Prevê-se que este edifício englobe as seguintes áreas:

- A. Sala de receção;
- B. Escritório;
- C. Sala de convívio;
- D. Sala Multifunções;
- E. Espaços de Serviços;
- F. Lavandaria ao serviço e uso dos alberguistas

A descrição detalhada de cada área e respetiva funcionalidade encontra-se no Anexo IV, secção IV.2.

##### **Edifícios 1 e 2 - anos 40**

Estes dois edifícios implantados num mesmo alinhamento e em posição paralela são idênticos e as soluções de projeto para eles também.

Tanto nesta solução como no edifício dos anos 70, os espaços das atuais salas de aulas serão reconvertidos em quartos com instalação sanitária própria. Neste caso cada sala quer no piso térreo quer no primeiro andar será reconvertida em dois quartos, o antigo hall de distribuição virá a ser igualmente ocupado por um quarto duplo.

Em termos de projeto encontra-se contemplada a viabilidade para que todos os quartos, localizados no rés-do-chão, possam instalar utentes com algum grau de mobilidade condicionada, estando contudo apenas um quarto equipado com sanitários e apoios próprios.

No primeiro piso apresenta-se a proposta familiar ou seja, dois quartos com possibilidade de comunicarem ou não entre si, encontrando-se ainda um dos quartos aptos a permitir mais uma cama extra, face às suas dimensões e características.

O esquema de cada quarto é composto por duas camas individuais (0,90x2,00), dispondo ainda de uma área igual ao número de camas que permita arrumar ou depositar bagagens e material de viagem através de um sistema de fecho - moedeiro.

As instalações sanitárias são sempre privadas para cada quarto e compõem-se de lavatório, sanita e duche, este sem base (apenas com a pendente necessária para o ralo).

Em todos os quartos o obscurecimento no interior ocorre através de cortinas.

O alpendre coberto da antiga escola, com as estruturas em arco, será fechado com vãos em vidro transparente e parte será utilizado como sala de convívio. Serão igualmente propostas novas instalações sanitárias num dos extremos do antigo pátio e, no outro extremo, um quarto ao qual se encontra adjacente uma área de arrumos e de apoio ao serviço do edifício.

### **Edifício 3 – anos 70**

Neste edifício todos os quartos serão múltiplos. No piso térreo duas das salas de aulas serão reconvertidas em três quartos duplos, com instalação sanitária partilhada. No lado contrário um quarto e uma sala de convívio com um apoio de uma cozinha ao alberguista. Serão mantidos para uso geral os arrumos sob a escada de acesso ao primeiro piso.

No 2º piso, a reconversão de cada antiga sala resultará em dois amplos quartos múltiplos com quatro camas (dois beliches), com instalações sanitárias partilhadas.

#### **4.2.2.5. SOLUÇÃO CONSTRUTIVA: MATERIAIS E ACABAMENTOS – PROPOSTA**

Os edifícios apresentam, na sua generalidade, uma boa condição estrutural e as alvenarias não apresentam patologias significativas.

Interiormente todos os espaços criados (quartos e instalações sanitárias) resultarão de paredes divisórias com estrutura metálica e revestimento a placas de gesso cartonado.

Os espaços (quartos e instalações sanitárias) resultantes das salas dos edifícios 1, 2 e 3, levarão uma estrutura de teto falso, não só para garantir um maior conforto e ambiente em cada compartimento, mas também porque permitirá a passagem de condutas e tubagens dos vários sistemas de abastecimento, de águas (quentes como frias), de instalações elétricas e AVAC.

Quanto a revestimentos dos pavimentos propõe-se nos quartos - a corticite - um material nacional de origem local com uma boa resistência ao choque, sendo liso e lavável. Enquanto, nas salas polivalentes de receção/entrada, bar e refeitório propõe-se a substituição do pavimento existente por mosaico cerâmico porcelânico resistente ao desgaste. Na cozinha, a solução será o mosaico cerâmico antiderrapante com as paredes revestidas a azulejo cerâmico.

Propõe-se igualmente que a caixilharia seja substituída por nova.

O projeto segue um estudo cromático e gráfico que identifica cada edifício a um tema. Edifício 1 – a riqueza Arqueológica do concelho; Edifício 2 – a multifacetada Etnografia; Edifício 3 – a Natureza da região; Edifício 4 – a escola e a Vila de Redondo.

Os desenhos principais do projeto de arquitetura, do existente e do proposto, encontram-se no Anexo IV, parágrafo IV.1

### **4.2.3. MEDIDAS DE REABILITAÇÃO ENERGÉTICA A IMPLEMENTAR NO EDIFÍCIO**

Tal como na secção 4.1.3, para o edifício escolar da Aldeia da Serra D'Ossa, pretende-se, nos pontos seguintes, propor um conjunto de medidas de reabilitação energética para a antiga escola primária de Redondo que será reconvertida em uma Pousada da Juventude. No que respeita às características térmicas, serão comparadas as soluções construtivas, existentes e propostas, em cada um dos edifícios que compõem o conjunto.

#### **4.2.3.1. REABILITAÇÃO TÉRMICA DAS PAREDES EXTERIORES**

##### **Edifícios 1, 2, 3 e 4**

Como já foi referido, os edifícios 1 e 2, implantados num mesmo alinhamento e em posição paralela, são idênticos, apresentando, atualmente, apenas uma ligeira diferença interior, na dimensão de um dos compartimentos na zona posterior do edifício.

As paredes exteriores dos edifícios 1 e 2 (construídos nos anos 40) e do edifício 4 (construído nos anos 50), são paredes estruturais de alvenaria de pedra, com aproximadamente 50cm de espessura, e não possuem qualquer tipo de isolamento térmico.

O edifício 3, construído no final da década de 70, é constituído por paredes duplas de tijolo furado, com elementos estruturais em betão.

Para todos os edifícios do conjunto, como isolamento térmico das paredes, propõe-se a execução, do lado interior das paredes exteriores, de uma contra-fachada em gesso cartonado, com incorporação de um isolante térmico em placas de ICB de 60mm de espessura. Propõe-se a utilização deste sistema pelas mesmas razões já apresentadas no ponto 4.1.3.1. relativo ao projeto de reabilitação térmica das paredes exteriores da Escola da Aldeia da Serra D'Ossa.

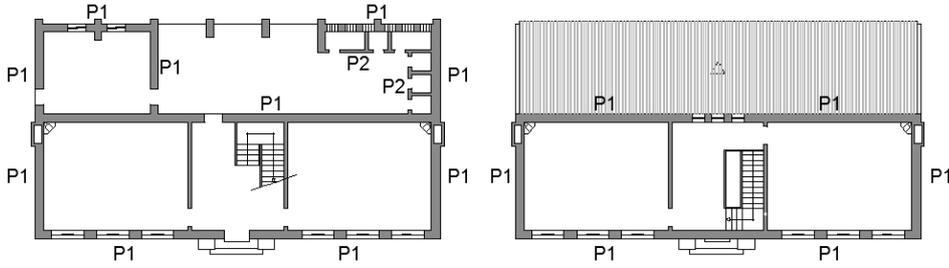
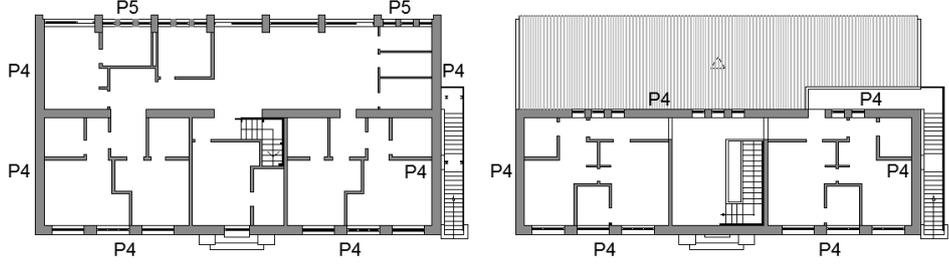
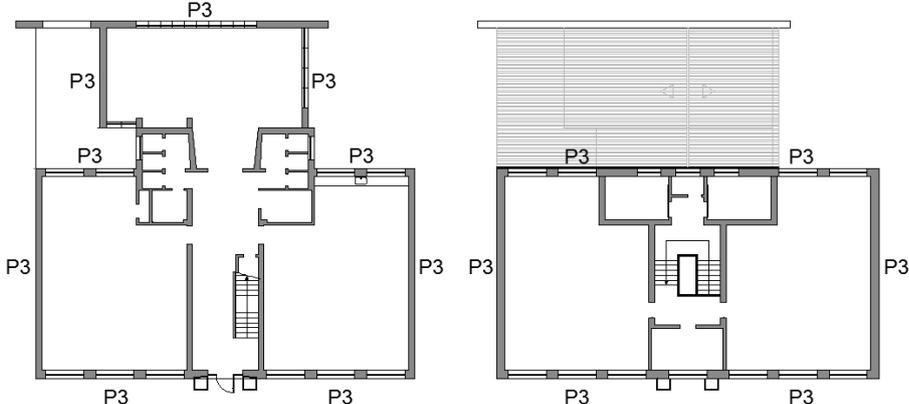
Para além dos motivos já apresentados nos quais se baseou a escolha do tipo de isolamento, optou-se pela aplicação do mesmo sistema em todos os edifícios, também por uma questão de uniformização e simplificação dos processos construtivos.

#### 4.2.3.1.1. Benefícios Térmicos das Soluções Propostas face às Soluções Existentes – Coeficientes de Transmissão Térmica das Paredes

No Quadro 4.16 apresentam-se os resultados de cálculo, dos coeficientes de transmissão térmica, das soluções existentes e propostas dos edifícios em estudo. Os valores da condutibilidade térmica dos materiais ( $\lambda$ ) foram atribuídos com base na publicação ITE 50 do LNEC [31] e por consulta de fabricantes.

No anexo III encontra-se o cálculo efetuado, para obtenção de cada um dos valores de U, para os elementos verticais – Paredes.

Quadro 4. 16 - Caracterização das propriedades térmicas dos elementos verticais da envolvente opaca dos edifícios – Coeficiente de transmissão térmica (U) – Paredes.

| Edifício 1 e 2    |   |
|-------------------|---|
| Solução Existente |  The diagram shows two views of the existing wall solution for Edifício 1 e 2. On the left is a floor plan with walls labeled P1 and P2. On the right is a cross-section showing the wall profile with P1 labels at the top and bottom.  |
| Solução Proposta  |  The diagram shows two views of the proposed wall solution for Edifício 1 e 2. On the left is a floor plan with walls labeled P4 and P5. On the right is a cross-section showing the wall profile with P4 labels at the top and bottom. |
| Edifício 3        |   |
| Solução Existente |  The diagram shows two views of the existing wall solution for Edifício 3. On the left is a floor plan with walls labeled P3. On the right is a cross-section showing the wall profile with P3 labels at the top and bottom.            |

|   |  |                             |
|---|--|-----------------------------|
| Solução Proposta  |  |                             |
| <b>Edifício 4</b>   |  |                             |
| Solução Existente   |  |                             |
| Solução Proposta  |  |                             |
| Descrição da Solução Existente e Proposta<br>Elementos Verticais - Paredes  |  | U<br>(W/m <sup>2</sup> .°C) |
| <b>P1 - Existente</b> - Parede exterior - simples de alvenaria ordinária de pedra de granito com e=0,44m e $\lambda=2,8$ W/(m.°C); Reboco interior e exterior tradicional, caiado a branco, com e=0,03m em cada face da parede e $\lambda=1,3$ W/(m.°C).  |  | 2,679                       |
| <b>P2 - Existente</b> - Parede exterior - simples de tijolo cerâmico maciço (tijolo burro) com e=0,16m e $R_s=0,13$ (m <sup>2</sup> .°C)/W; Reboco interior e exterior tradicional, caiado a branco, com e=0,02m em cada face da parede e $\lambda=1,3$ W/(m.°C).   |  | 3,023                       |
| <b>P3 - Existente</b> - Parede exterior - dupla de alvenaria, constituída por pano de alvenaria de tijolo furado de 0.15 m, mais caixa-de-ar ventilada, mais pano de alvenaria de tijolo furado de 0.11m, com resistência térmica total $R_s=0,84$ (m <sup>2</sup> .°C)/W; Reboco interior e exterior, pintado a branco, com e=0,03m, em cada face da parede, e $\lambda=1,3$ W/(m.°C). |  | 0,947                       |

|   |       |
|---|-------|
| <p><b>P4 – Proposto</b> – Parede exterior – simples de alvenaria ordinária de pedra de granito com <math>e=0,44\text{m}</math> e <math>\lambda=2,8\text{ W}/(\text{m}.\text{°C})</math>; Reboco exterior e interior tradicional, caiado a branco, com <math>e=0,03\text{m}</math> em cada face da parede e <math>\lambda=1,3\text{ W}/(\text{m}.\text{°C})</math>; Caixa-de-ar com <math>e=0,025\text{m}</math> e <math>R_s=0,18\text{ (m}^2.\text{°C})/\text{W}</math>; Placa de aglomerado de cortiça expandida (ICB) com <math>e=0,060\text{m}</math> e <math>\lambda=0,04\text{ W}/(\text{m}.\text{°C})</math>; Placa de gesso cartonado com <math>e=0,013\text{m}</math> e <math>\lambda=0,25\text{ W}/(\text{m}.\text{°C})</math>.</p>  | 0,475 |
| <p><b>P5 – Proposto</b> – Parede exterior – simples de alvenaria de tijolo cerâmico furado com <math>e=0,22\text{m}</math> e <math>R_s=0,53\text{ (m}^2.\text{°C})/\text{W}</math>; Reboco exterior, caiado a branco, com <math>e=0,03\text{m}</math> e <math>\lambda=1,3\text{ W}/(\text{m}.\text{°C})</math>; Caixa-de-ar com <math>e=0,025\text{m}</math> e <math>R_s=0,18\text{ (m}^2.\text{°C})/\text{W}</math>; Placa de aglomerado de cortiça expandida (ICB) com <math>e=0,060\text{m}</math> e <math>\lambda=0,04\text{ W}/(\text{m}.\text{°C})</math>; Placa de gesso cartonado com <math>e=0,013\text{m}</math> e <math>\lambda=0,25\text{ W}/(\text{m}.\text{°C})</math>.</p>   | 0,409 |
| <p><b>P6 – Proposto</b> – Parede exterior – dupla de alvenaria, constituída por pano de alvenaria de tijolo furado de 0.15 m, mais caixa-de-ar ventilada, mais pano de alvenaria de tijolo furado de 0.11m, com resistência térmica total <math>R_s=0,84\text{ (m}^2.\text{°C})/\text{W}</math>; Reboco interior e exterior, pintado a branco, com <math>e=0,03\text{m}</math> em cada face da parede e <math>\lambda=1,3\text{ W}/(\text{m}.\text{°C})</math>; Caixa-de-ar com <math>e=0,025\text{m}</math> e <math>R_s=0,18\text{ (m}^2.\text{°C})/\text{W}</math>; Placa de aglomerado de cortiça expandida (ICB) com <math>e=0,060\text{m}</math> e <math>\lambda=0,04\text{ W}/(\text{m}.\text{°C})</math>; Placa de gesso cartonado com <math>e=0,013\text{m}</math> e <math>\lambda=0,25\text{ W}/(\text{m}.\text{°C})</math>.</p> | 0,359 |

$e$  = Espessura (m)

$\lambda$  = Coeficiente de Condutibilidade Térmica ( $\text{W}/(\text{m}.\text{°C})$ )

$R_s$  = Resistência Térmica da Camada ( $(\text{m}^2.\text{°C})/\text{W}$ )

Com a introdução de isolamento térmico verifica-se que, nas paredes de alvenaria ordinária o valor U reduziu cerca de 82%. Nas paredes duplas de tijolo furado, o valor de U reduziu cerca de 62%.

#### 4.2.3.2. REABILITAÇÃO TÉRMICA DO PAVIMENTO

##### Edifícios 1 e 2

Na solução existente, o pavimento interior, elevado 50cm em relação ao terreno exterior, é constituído por uma laje aligeirada com cerca de 20 cm de espessura, revestida com tacos de madeira, sobre uma caixa-de-ar.

Na zona das instalações sanitárias, localizadas em paralelo com o recreio coberto, o pavimento, sobre o terreno, é constituído por camada de brita, com cerca de 0.20m de espessura, massame em betão, com 0.10m de espessura e betonilha de cimento e areia, com 0,05m.

Na solução proposta, o antigo pátio posterior passará a integrar a área interior útil de pavimento, uma vez que será reconvertido numa zona de estar.

Como reabilitação térmica propõe-se a aplicação do isolamento térmico sobre as lajes de pavimento existentes.

Propõe-se então, no pavimento sobre a caixa-de-ar (espaço não aquecido), a remoção total do revestimento de madeira e a picagem do reboco da laje aligeirada. Depois de se

retirarem os revestimentos, propõe-se a aplicação de um isolamento térmico, em placas de ICB de 40mm de espessura, e a regularização de toda a superfície com argamassa para assentamento dos revestimentos.

Na parte posterior do edifício, em que a laje de pavimento está assente sobre o terreno (cota inferior à cota de do pavimento sobre caixa de ar), propõe-se a aplicação, sobre os revestimentos existentes, de um isolamento térmico em placas de ICB de 60mm de espessura, seguindo-se uma camada de argamassa para assentamento de mosaicos cerâmicos.

### **Edifício 3**

Neste edifício a laje de pavimento está assente sobre o terreno e é constituído por camada de brita, com cerca de 0,20m de espessura, massame em betão, com 0,10m de espessura, betonilha de cimento e areia com 0,05m e revestimento em soalho de madeira nas salas de aula.

Propõe-se a remoção dos revestimentos existentes nas salas de aula, com a respetiva regularização do pavimento e a aplicação de um isolamento térmico em placas de ICB de 60mm de espessura, seguindo-se uma camada de argamassa para assentamento de mosaicos cerâmicos.

### **Edifícios 4**

Na solução existente, o pavimento interior é constituído por uma laje aligeirada com cerca de 20 cm de espessura, revestida com soalho de madeira, sobre uma caixa-de-ar.

Na zona posterior do edifício, junto da entrada secundária (que inicialmente foi um pátio), a laje de pavimento está assente diretamente no terreno, sendo que a cota de soleira é menor. Nesta zona o pavimento é constituído por camada de brita, com cerca de 0,20m de espessura, massame em betão, com 0,10m de espessura e betonilha de cimento e areia, com 0,05m.

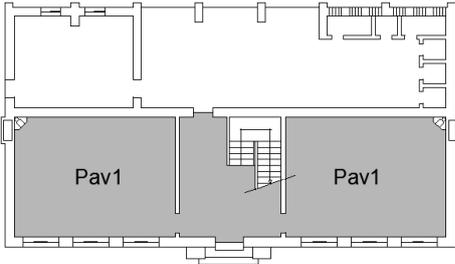
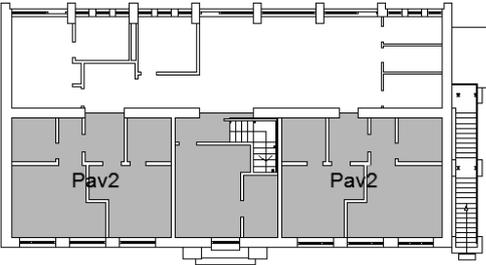
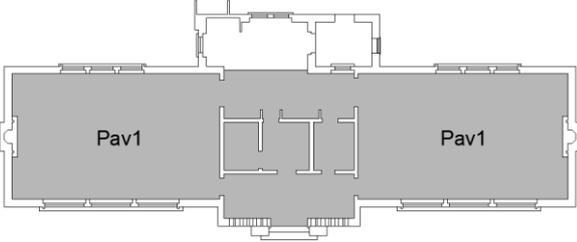
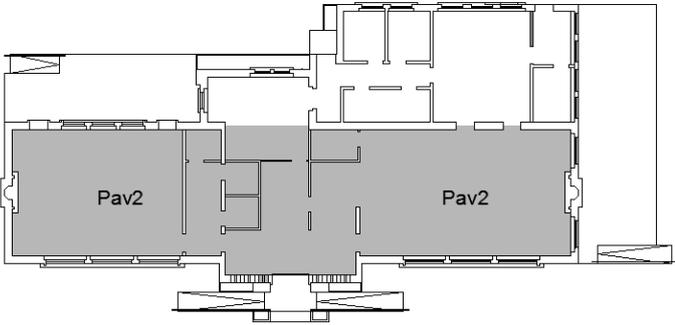
Propõe-se, para reabilitação térmica do pavimento, as mesmas soluções descritas para os edifícios 1 e 2, para os dois tipos de pavimento existentes.

#### **4.2.3.2.1. Benefícios Térmicos das Soluções Propostas face às Soluções Existente – Coeficientes de Transmissão Térmica dos Pavimentos**

No Quadro 4.17 apresentam-se os resultados de cálculo, dos coeficientes de transmissão térmica, da solução existente e proposta, para os pavimentos sobre a caixa-de-ar. Os valores da condutibilidade térmica dos materiais ( $\lambda$ ) foram atribuídos com base na publicação ITE 50 do LNEC [31] e por consulta de fabricantes.

No anexo III, secção III.1, encontra-se o cálculo efetuado, para obtenção de cada um dos valores de U, para os elementos horizontais – Pavimentos.

Quadro 4. 17 – Caracterização das propriedades térmicas dos elementos horizontais da envolvente opaca – Coeficiente de transmissão térmica (U) – Pavimentos.

| Edifício 1 e 2  |  |
|---|--|
| Solução Existente   |    |
| Solução Proposta  |   |
| Edifício 4  |  |
| Solução Existente   |  |
| Solução Proposta  |  |
| Descrição da Solução Existente e Proposta<br>Elementos Verticais - Pavimentos |  |
| $U$<br>$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$   |  |

|  |                               |
|--|-------------------------------|
| <b>Pav1 – Existente</b> – Pavimento interior – laje aligeirada sobre caixa-de-ar fracamente ventilada, com $\tau=0.7$ , constituída por: Blocos cerâmicos com $e=0,20\text{m}$ e $R_s=0,21 \text{ (m}^2\cdot\text{°C)/W}$ ; Revestimento em soalho de madeira com $e=0,05\text{m}$ e $\lambda=0,15 \text{ W/(m}\cdot\text{°C)}$ , colocado sobre a laje.   | Fluxo<br>Descendente<br>1,132 |
| <b>Pav2 – Proposto</b> – Pavimento interior – laje aligeirada sobre caixa-de-ar fracamente ventilada, com $\tau=0.7$ , constituída por: Blocos cerâmicos com $e=0,17\text{m}$ e $R_s=0,18 \text{ (m}^2\cdot\text{°C)/W}$ ; ICB com $e=0,04\text{m}$ e $\lambda=0,04 \text{ W/(m}\cdot\text{°C)}$ ; Argamassa para assentamento de revestimento com $e=0,03\text{m}$ e $\lambda=1,3 \text{ W/(m}\cdot\text{°C)}$ ; Revestimento em grés cerâmico com $e=0,01\text{m}$ e $\lambda=1,3 \text{ W/(m}\cdot\text{°C)}$ | Fluxo<br>Descendente<br>0,645 |

$e$  = Espessura (m)

$\lambda$  = Coeficiente de Condutibilidade Térmica ( $\text{W/(m}\cdot\text{°C)}$ )

$R_s$  = Resistência Térmica da Camada ( $\text{(m}^2\cdot\text{°C)/W}$ )

$\tau$  = Coeficiente de redução das perdas térmicas para locais não aquecidos (Ponto 7.2 da Tabela IV.1 do RCCTE)

Com os resultados obtidos verifica-se que aplicação de um isolamento térmico nos pavimentos reduziu cerca de 43% os coeficientes de transmissão térmica dos mesmos.

#### 4.2.3.3. REABILITAÇÃO TÉRMICA DA COBERTURA

##### Edifícios 1, 2 e 3

No quadro 4.18 encontram-se caracterizadas as coberturas existentes em cada um dos edifícios, bem como a proposta de reabilitação.

De uma forma geral, como sistema de isolamento térmico das coberturas interiores pretende adotar-se a solução mencionada na secção 4.1.3.3. para a cobertura do Centro de Dia da Aldeia da Serra D'Ossa. Sendo que, no caso dos edifícios 1,2 e 3, a laje é plana e não em abóbada, logo dispensar-se-á a camada de betão de argila expandida; apenas se colocará uma camada de desempenho com argamassa de cimento e areia para nivelar a laje seguindo-se a camada de isolante térmico.

Sendo o projeto de reconversão a transformação do espaço numa pousada da juventude, pretende-se aliar um bom desempenho a uma boa arquitetura. Como tal e no sentido de tornar o espaço interior mais confortável, mais acolhedor e da mesma forma mais protegido do ponto de vista térmico e acústico, propõe-se a colocação de teto falso no piso térreo (exceto na zona do antigo pátio dos edifícios 1 e 2) e no 2º piso, em ambos os edifícios, reduzindo assim o pé direito livre de 3,75m para 2,70m. Desta forma também é possível a passagem de tubagens (de abastecimento de águas, eletricidade, sistemas de

climatização) entre o teto falso e a laje de esteira, o que torna esta opção bastante funcional.

Prevê-se a aplicação de um teto-falso modular com placas quadradas de (600x600mm), com 20mm de espessura, de gesso reforçado com fibra de vidro, para isolamento sonoro.

Nas zonas onde não existe laje de esteira (cobertura sobre o antigo pátio posterior do edifício 1 e 2, e parte posterior do edifício 3) propõe-se a colocação do isolamento térmico em placas de aglomerado de cortiça expandida (ICB) de 60mm e sobre este a fixação de um ripado em PVC para o assentamento do revestimento em telha.

#### **Edifício 4**

Como reabilitação da cobertura existente propõe-se a utilização dos mesmos sistemas já mencionados.

Na parte nova a construir no edifício, propõe-se a execução de uma cobertura plana, com a aplicação do isolamento térmico em placas de aglomerado de cortiça expandida (ICB) de 60mm sob a impermeabilização. Propõe-se a colocação da impermeabilização sobre o isolamento térmico, pois este sistema dispensa a colocação de uma proteção pesada superior (como acontece nas coberturas em que o isolamento térmico fica sobre a impermeabilização e necessita ser protegido) o que facilita eventuais reparações na cobertura. Da mesma forma este sistema, com a impermeabilização em posição superior, permite que a água da chuva seja encaminhada diretamente para os tubos de queda, impossibilitando a passagem para o isolamento térmico e a consequente alteração da sua condutibilidade térmica.

#### **4.2.3.3.1. Benefícios Térmicos das Soluções Propostas face às Soluções Existente – Coeficientes de Transmissão Térmica das Coberturas**

No Quadro 4.18 apresentam-se os resultados de cálculo dos coeficientes de transmissão térmica das soluções existentes e propostas para os edifícios em estudo. Os valores da condutibilidade térmica dos materiais ( $\lambda$ ) foram atribuídos com base na publicação ITE 50 do LNEC [31] e por consulta de fabricantes.

No anexo III, secção III.1, encontra-se o cálculo efetuado, para obtenção de cada um dos valores de U, para os elementos horizontais – Coberturas.

Quadro 4. 18 – Caracterização das propriedades térmicas dos elementos horizontais da envolvente opaca – Coeficiente de transmissão térmica (U) – Coberturas.

| Edifício 1 e 2   |                            |
|--|----------------------------|
| Solução Existente  |                            |
| Solução Proposta   |                            |
| Edifício 3   |                            |
| Solução Existente  |                            |
| Solução Proposta   |                            |
| Edifício 4   |                            |
| Solução Existente  |                            |
| Solução Proposta   |                            |
| Descrição da Solução Existente e Proposta  |                            |
| Elementos Horizontais - Coberturas   |                            |
| U<br>(W/m <sup>2</sup> .°C)  |                            |
| <b>C1 – Existente</b> – Cobertura exterior, constituída por: Telha cerâmica de aba e canudo com e=0,01m e λ=0,60 W/(m.°C); Laje aligeirada de blocos cerâmicos, com e=0,20m e R=0,21 (m <sup>2</sup> .°C)/W; Reboco pelo interior tradicional, caiado a branco, com e=0,02m e λ=1,3 W/(m.°C).  | Fluxo Ascendente<br>2,617  |
|  | Fluxo Descendente<br>2,212 |
| <b>C2 – Existente</b> – Cobertura interior/laje de teto sob desvão do telhado (fracamente ventilado), local não aquecido, com τ>0.7, constituída por: Laje aligeirada de blocos cerâmicos, com e=0,20m e R=0,21 (m <sup>2</sup> .°C)/W; Reboco pelo interior tradicional, caiado a branco, com e=0,02m e λ=1,3 W/(m.°C).             | Fluxo Ascendente<br>2,353  |
| <b>C3 – Existente</b> – Cobertura interior/laje de teto em abobada sob desvão do telhado (fracamente ventilado), local não aquecido, com τ>0.7, constituída por: Tijolo cerâmico maciço (tijolo burro) com e=0,16m e R=0,13 (m <sup>2</sup> .°C)/W; Reboco pelo interior tradicional, caiado a branco, com e=0,02m e λ=1,3 W/(m.°C). | Fluxo Ascendente<br>2,895  |

|  |                            |
|--|----------------------------|
| <b>C4 – Proposto</b> – Cobertura exterior, constituída por: Telha cerâmica de aba e canudo com $e=0,010\text{m}$ e $\lambda=0,60\text{ W}/(\text{m}.\text{°C})$ ; Placa de aglomerado de cortiça expandida (ICB) com $e=0,060\text{m}$ e $\lambda=0,04\text{ W}/(\text{m}.\text{°C})$ ; laje aligeirada de blocos cerâmicos com $e=0,20\text{m}$ e $R=0,21\text{ (m}^2.\text{°C)/W}$ ; Reboco pelo interior tradicional, caiado a branco, com $e=0,02\text{m}$ e $\lambda=1,3\text{ W}/(\text{m}.\text{°C})$ .         | Fluxo Ascendente<br>0,531  |
|  | Fluxo Descendente<br>0,512 |
| <b>C5 – Proposto</b> – Cobertura interior/laje de teto sob desvão do telhado (fracamente ventilado), local não aquecido, com $\tau > 0.7$ , constituída por: Placa de aglomerado de cortiça expandida (ICB) com $e=0,060\text{m}$ e $\lambda=0,04\text{ W}/(\text{m}.\text{°C})$ ; Laje aligeirada de blocos cerâmicos, com $e=0,20\text{m}$ e $R=0,21\text{ (m}^2.\text{°C)/W}$ ; Reboco pelo interior tradicional, caiado a branco, com $e=0,02\text{m}$ e $\lambda=1,3\text{ W}/(\text{m}.\text{°C})$ .             | Fluxo Ascendente<br>0,519  |
| <b>C6 – Proposto</b> – Cobertura interior/laje de teto em abobada sob desvão do telhado (fracamente ventilado), local não aquecido, com $\tau > 0.7$ , constituída por: Placa de aglomerado de cortiça expandida (ICB) com $e=0,060\text{m}$ e $\lambda=0,04\text{ W}/(\text{m}.\text{°C})$ ; Tijolo cerâmico maciço (tijolo burro) com $e=0,16\text{m}$ e $R=0,13\text{ (m}^2.\text{°C)/W}$ ; Reboco pelo interior tradicional, caiado a branco, com $e=0,02\text{m}$ e $\lambda=1,3\text{ W}/(\text{m}.\text{°C})$ . | Fluxo Ascendente<br>0,542  |
| <b>C7 – Proposto</b> – Cobertura exterior plana, constituída por: Impermeabilização; Placa de aglomerado de cortiça expandida (ICB) com $e=0,060\text{m}$ e $\lambda=0,04\text{ W}/(\text{m}.\text{°C})$ ; Camada de forma em betão leve; Laje aligeirada de blocos cerâmicos; Rebo interior, pintado a branco.  | Fluxo Ascendente<br>0,510  |
|  | Fluxo Descendente<br>0,490 |

$e$  = Espessura (m)

$\lambda$  = Coeficiente de Condutibilidade Térmica ( $\text{W}/(\text{m}.\text{°C})$ )

$R$  = Resistência Térmica ( $(\text{m}^2.\text{°C)/W}$ )

$\tau$  = Coeficiente de redução das perdas térmicas para locais não aquecidos (Ponto 7.2 da Tabela IV.1 do RCCTE)

Com os resultados obtidos, verifica-se que a aplicação de um isolamento térmico nas coberturas reduziu cerca de 80% o coeficiente de transmissão térmica das mesmas.

#### 4.2.3.4. REABILITAÇÃO TÉRMICA DOS VÃOS ENVIDRAÇADOS

##### Edifícios 1 e 2

Atualmente estes edifícios dispõem de envidraçados, na sua maioria, no Alçado Principal, orientado a nascente, que correspondem a cerca de  $29\text{m}^2$ . Nestes vãos a caixilharia é em madeira com vidro simples.

Na proposta de reconversão a área de envidraçados da fachada nascente não será alterada, no entanto, propõe-se a substituição das janelas existentes, porque se considera que o conjunto, caixilharia em madeira + vidro simples, prejudica o conforto e a eficiência energética do edifício, mantendo-se os elementos fixos de guarnecimento do vão, que são em pedra de granito. Propõe-se a substituição por janelas com duas folhas de batente e uma folha fixa, com vidros duplos de baixa emissividade com espessura de 24mm (6-

+12+6), com árgon no espaço de ar, a 90% e caixilharia de alumínio, com corte térmico e acabamento lacado na cor castanha.

Como dispositivos de proteção solar e tendo em conta que não se prevê alterar a estética exterior do edifício, particularmente na fachada nascente, propõe-se a colocação de cortinados em tecido opaco, na cor bege. Tratando-se o projeto de uma pousada, é importante que o edifício, em particular os quartos, tenham dispositivos que permitam total oclusão de luz.

Na fachada poente do edifício, o projeto de arquitetura propõe a utilização do espaço correspondente ao pátio posterior, como área útil. Nesta perspetiva a área anteriormente aberta será fechada com blocos de alvenaria de tijolo cerâmico e, maioritariamente, através de vãos envidraçados. Da mesma forma, está previsto, no piso superior, o aumento da área de envidraçados, com o objetivo de favorecer a iluminação natural em todos os quartos. Com as alterações propostas na fachada poente, a área total de vãos envidraçados será de aproximadamente 39 m<sup>2</sup>.

Nesta fachada, propõe-se a utilização do mesmo tipo de vidro e caixilharia já descritos para a fachada nascente, sendo que os vãos de maior dimensão serão fixos e de batente, e os vãos menores basculantes.

Como dispositivos de sombreamento e proteção solar propõe-se a colocação de cortinados em tecido opaco na cor bege nos vãos de maior dimensão. Nos vãos menores (com cerca de 0,70 m<sup>2</sup> de área) propõe-se a colocação de estores de rolo em tecido na cor bege. Como elemento de guarnecimento dos vãos prevê-se a utilização de pedra de granito bujardada a pico fino com 5cm de espessura.

Nas fachadas Norte e Sul, o projeto de reconversão, não prevê a abertura de vãos envidraçados.

### **Edifício 3**

Na fachada nascente, para se preservar a estética do edifício, tal como para os edifícios 1 e 2, não se prevê a alteração da área de vãos janelas, propõe-se apenas a substituição das mesmas, mantendo os elementos fixos de guarnecimento que são em pedra de granito. Propõe-se a substituição pelo mesmo tipo de janelas já descrito para os edifícios 1 e 2. Como dispositivos de sombreamento e proteção solar propõe-se a colocação de cortinados em tecido opaco, na cor bege.

Na fachada poente, a área de vãos envidraçados será ligeiramente alterada, na zona onde a cobertura será levantada (podem ver-se desenhos de arquitetura no anexo IV). No entanto a maioria dos vãos existentes será mantida, propondo-se apenas a substituição das janelas.

Como dispositivos de sombreamento e proteção solar propõe-se a colocação de cortinados em tecido opaco na cor bege nos vãos de maior dimensão (vãos que comunicam diretamente com os quartos). Nos vãos menores, propõe-se a colocação de estores de rolo em tecido na cor bege.

Na fachada norte do edifício não se prevê alteração da área de envidraçados, no entanto propõe-se que as janelas sejam substituídas.

Na fachada sul, propõe-se a abertura de uma nova janela com as mesmas características e dimensão das janelas do alçado nascente.

#### **Edifício 4**

Na fachada nascente, propõe-se que na zona em volta da porta principal, que atualmente se encontra com espaços na alvenaria abertos, seja revestida a vidro temperado com 10mm de espessura, fixo à parede e ao aro da porta. As janelas existentes, serão substituídas por outras, com duas folhas de batente e uma folha de abrir, mantendo apenas os elementos fixos de guarnecimento.

Na fachada poente, a área de vãos envidraçados será alterada, pois nesta fachada o edifício irá sofrer algumas alterações. Propõe-se que as janelas e portas a executar sejam com sistema de batente.

Na fachada norte, prevê-se a abertura de novos vãos envidraçados.

Na fachada sul do edifício não se prevê alteração da área de envidraçados, apenas a substituição da janela existente, por uma janela de batente.

Como dispositivos de sombreamento e proteção solar propõe-se a colocação de estores de rolo em tecido opaco na cor bege exceto nas janelas de sacada, mas quais se prevê a colocação de cortinados em tecido tipo opaco.

Em todas as janelas a substituir ou a executar serão utilizados vidros duplos de baixa emissividade e espessura de 24mm (6+12+6), com argon no espaço de ar, a 90% e caixilharia de alumínio, com corte térmico e acabamento lacado na cor castanha.

#### **4.2.3.5. MELHORIA DA EFICIÊNCIA DA ILUMINAÇÃO**

##### **Edifícios 1, 2, 3 e 4**

Nas soluções propostas, a área de envidraçados será significativamente maior, por este motivo, todos os edifícios serão favorecidos em termos iluminação natural.

Como dispositivos de sombreamento e controlo solar definiu-se a colocação de cortinados em tecido tipo opaco e de estores de rolo interiores em tecido de cor bege que, para além de possuírem um dispositivo regulador capaz de controlar as entradas de luz, têm uma cor clara o que por si só melhora o ambiente interior.

Propõe-se também a utilização da cor branca nas paredes e tetos dos edifícios, pois facilita a refletividade, potenciando a iluminação natural.

Como iluminação artificial propõe-se a instalação de lâmpadas de baixo consumo em todos os pontos de luz definidos no projeto de reconversão do edifício.

#### **4.2.3.6. MELHORIA DA EFICIÊNCIA DA VENTILAÇÃO NATURAL**

Para os edifícios, tal como já foi referido, serão utilizadas caixilharias novas, que se pressupõe que vedem bem as entradas de ar quando se encontrem fechadas. Com esta medida é possível controlar as entradas de ar no edifício, uma vez que, sempre que for conveniente é possível abrir as janelas para circular o ar nos compartimentos.

No edifício 4 na zona da cozinha, prevê-se a abertura de duas portas que comunicam diretamente com o exterior. Estes vãos possibilitam não só uma maior simplicidade nos processos de abastecimento de alimentos e saída de lixos, mas também garantem a circulação do ar. Propõe-se também a colocação de um exaustor com uma conduta de ar para o exterior, para reduzir, em conjunto com a ventilação natural, os odores e fumos durante a confeção de alimentos.

As instalações sanitárias dos quartos, quando estas não possuem janelas, diretamente para o exterior, terão ventilação mecânica.

#### **4.2.3.7. MELHORIA DA EFICIÊNCIA DOS SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO**

Na reabilitação do edifício propõe-se a instalação de um sistema fixo, que satisfaça as exigências de aquecimento e arrefecimento.

Como sistema de climatização, propõe-se o sistema AVAC (aquecimento, ventilação e ar condicionado), que será instalado em compartimentos técnicos específicos no exterior dos edifícios e cujas condutas passarão por cima do teto falso, com extensão para todos os compartimentos.

#### **4.2.3.8. MELHORIA DA EFICIÊNCIA DOS EQUIPAMENTOS PARA PRODUÇÃO DE AQS**

Para aquecimento de águas e como contributo para a eficiência energética e autonomia do edifício, propõe-se a instalação de coletores solares térmicos em todos os edifícios e um sistema alternativo tipo caldeira a gás.

Os painéis solares devem localizar-se na cobertura dos edifícios, orientados a sul, e dimensionados tendo em consideração o gasto médio diário de água quente para a ocupação máxima de cada um dos edifícios.

#### **4.2.4. ESTUDO TÉRMICO COMPARATIVO - ESCOLA DE REDONDO (SOLUÇÃO EXISTENTE) E Pousada da Juventude de Redondo (SOLUÇÃO PROPOSTA)**

Pretende-se, neste ponto, analisar cada um dos edifícios do conjunto escolar de Redondo, no seu estado atual e com as intervenções propostas no ponto 4.2.3, face às exigências do RCCTE e de acordo com o método de cálculo simplificado nele descrito.

Pretende-se que, com as medidas de reabilitação térmica propostas para os edifícios, estes cumpram todos os requisitos mínimos na verificação da conformidade regulamentar, nomeadamente as necessidades nominais de aquecimento (Nic), necessidades nominais de arrefecimento (Nvc), necessidades nominais de aquecimento de águas quentes sanitárias (Nac) e as necessidades nominais globais de energia primária (Ntc).

O cálculo térmico foi executado separadamente para cada um dos 4 edifícios que compõem o conjunto.

##### **4.2.4.1. ELEMENTOS GERAIS – SOLUÇÃO EXISTENTE E SOLUÇÃO PROPOSTA**

O conjunto de edifícios localiza-se em Redondo (zona climática I<sub>1</sub>-V<sub>3</sub>S - Anexo III – Quadro III.1 do RCCTE).

##### **Edifícios 1 e 2**

**Solução Existente:** Ambos os edifícios têm uma área útil de 282,19 m<sup>2</sup>, um pé direito médio de 3,75 m, apresentam uma área de envidraçados de 36,78 m<sup>2</sup> e uma altura média da fachada inferior a 10 m.

**Solução Proposta:** Ambos os edifícios têm uma área útil de 337,55 m<sup>2</sup>, um pé direito médio de 2,70 m, apresentam uma área de envidraçados de 67,54 m<sup>2</sup> e uma altura média da fachada inferior a 10 m.

##### **Edifício 3**

**Solução Existente:** O edifício tem de área útil 433,17 m<sup>2</sup>, pé direito médio de 3,10 m, apresenta uma área de envidraçados de 76,34 m<sup>2</sup> e uma altura média da fachada inferior a 10 m.

**Solução Proposta:** O edifício tem de área útil de 424,42 m<sup>2</sup>, um pé direito médio de 2,70m, apresenta uma área de envidraçados de 79,53 m<sup>2</sup> e uma altura média da fachada inferior a 10 m.

##### **Edifício 4**

**Solução Existente:** O edifício tem de área útil 210,67 m<sup>2</sup>, pé direito médio de 3,55 m, apresenta uma área de envidraçados de 23,80 m<sup>2</sup> e uma altura média da fachada inferior a 10 m.

**Solução Proposta:** O edifício tem de área útil de 278,07 m<sup>2</sup>, um pé direito médio de 3,55m, apresenta uma área de envidraçados de 38,94 m<sup>2</sup> e uma altura média da fachada inferior a 10 m.

Os desenhos de arquitetura do existente e proposto encontram-se no Anexo IV, secção IV.1.

#### **4.2.4.2. CARACTERIZAÇÃO DOS PARÂMETROS TÉRMICOS DOS SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO - SOLUÇÃO EXISTENTE E SOLUÇÃO PROPOSTA**

##### **Edifícios 1,2, 3 e 4**

**Solução Existente:** Em todos os edifícios do conjunto, o sistema de aquecimento e de arrefecimento ambiente processa-se através de ar condicionado (sistema incluído nos edifício no ano de 2005), sendo que, os valores utilizados para o cálculo das necessidades nominais de energia útil para aquecimento e para arrefecimento foram atribuídos com base nos valores de referência definidos no art. 18.º do RCCTE.

**Solução Proposta:** Propõe-se para todos os edifícios, a utilização do sistema AVAC.

#### **4.2.4.3. CARACTERIZAÇÃO DOS PARÂMETROS TÉRMICOS DO SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE AQS – SOLUÇÃO EXISTENTE E SOLUÇÃO PROPOSTA**

##### **Edifícios 1 e 2**

**Solução Existente:** Apesar dos edifícios se encontrarem presentemente desocupados, considera-se uma média de 48 alunos antes da escola fechar, que não tomavam banho nestes edifícios e que apenas utilizavam um total 144 litros de água quente por dia, atendendo a que a escola funcionava cinco dias por semana. Como sistema de aquecimento de águas considera-se um termoacumulador elétrico.

**Solução Proposta:** Na proposta de reconversão, o edifício funcionará sete dias por semana. Sendo que a capacidade máxima do edifício é de 22 pessoas, e tendo em conta o consumo médio diário de água quente de 40 litros por ocupante, o consumo médio total em cada um dos edifícios é de 880 litros por dia. Considera-se a utilização de coletores solares térmicos, dimensionados com base no número de ocupantes, e como sistema alternativo uma caldeira a gás.

### **Edifício 3**

**Solução Existente:** Considera-se uma ocupação máxima de 60 alunos, que não tomavam banho nem faziam refeições neste edifício, que apenas utilizavam um total médio diário de 180 litros de água quente. Como sistema de aquecimento de águas, o dispositivo utilizado era um termoacumulador elétrico.

**Solução Proposta:** Para uma ocupação máxima de 40 pessoas considera-se um consumo total médio diário de 1600 litros de água quente no edifício. Considera-se a utilização de coletores solares térmicos e como sistema alternativo uma caldeira a gás.

### **Edifício 4**

**Solução Existente:** Considera-se a média de ocupantes, antes da escola fechar, de 40 pessoas, entre alunos, docentes e funcionários, que utilizavam um total de 800 litros de água quente por dia, principalmente na cozinha e em limpezas. Como sistema de aquecimento de águas considera-se um termoacumulador elétrico.

**Solução Proposta:** Considera-se uma ocupação máxima de 40 pessoas e um consumo total médio diário de 1200 litros de água quente. Considera-se a utilização de coletores solares térmicos e como sistema alternativo uma caldeira a gás.

#### **4.2.4.4. DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS DAS SOLUÇÕES DE VENTILAÇÃO – SOLUÇÃO EXISTENTE E SOLUÇÃO PROPOSTA**

##### **Edifícios 1,2, 3 e 4**

O conjunto de edifícios situa-se na “Região A”, a 315 m de altitude, na periferia de uma zona urbana (rugosidade II), com uma altura ao solo média da fachada inferior a 10 metros, resultando numa classe de exposição 2.

**Solução Existente:** Em todos os edifícios do conjunto, a ventilação é processada de forma natural, existindo grelhas de admissão nas fachadas, sem sistemas mecânicos. As caixilharias não possuem classificação de permeabilidade ao ar e não possui caixas de estore nos vãos. As portas exteriores são mal vedadas. Nos edifícios, 1, 2 e 4, a área de envidraçados é inferior a 15% da área de pavimento. No edifício 3 a área de vãos envidraçados é superior a 15% da área de pavimento. Nenhum dos edifícios cumpre com a norma NP 1037-1, resultando numa taxa de renovação horária (RPH) =  $0,95 \text{ h}^{-1}$  para os edifícios 1,2 e 4, e  $RPH=1,05 \text{ h}^{-1}$  para o edifício 3.

**Solução Proposta:** A ventilação é processada de forma natural e eventualmente mecânica. Todas as caixilharias possuem classificação de permeabilidade ao ar e não

possuem caixas de estore nos vãos. As portas exteriores são bem vedadas. A área de envidraçados dos edifícios é superior a 15% da área de pavimento, exceto no edifício 4. Nenhum dos edifícios cumpre a norma NP 1037-1, resultando numa taxa de renovação horária (RPH) = 0,85 h<sup>-1</sup> para os edifícios 1,2 e 3, e RPH=0,75 h<sup>-1</sup> para o edifício 4.

#### 4.2.4.5. IDENTIFICAÇÃO DE ESPAÇOS NÃO ÚTEIS - SOLUÇÃO EXISTENTE E SOLUÇÃO PROPOSTA

Nos Quadros 4.19, 4.20 e 4.21 são apresentados os parâmetros  $\tau$ , para o cálculo das perdas pela envolvente em contacto com os locais não aquecidos identificados, em cada um dos edifícios.

##### Edifícios 1 e 2

Em ambas as soluções, existente e proposta, foram considerados como espaços não úteis a caixa-de-ar sob pavimento e o desvão da cobertura.

Quadro 4. 19 – Coeficiente  $\tau$  para os espaços não úteis – Edifícios 1 e 2.

| Tipo de Espaço Não Útil   | Ai (m <sup>2</sup> ) | Au (m <sup>2</sup> ) | Ai/Au | $\tau$ |
|---|----------------------|----------------------|-------|--------|
| Caixa-de-ar Sob o Pavimento (Fracamente Ventilada)<br>(Ponto 7.2 da Tabela IV.1 do RCCTE) | 124,23               | 15,51                | 8,01  | 0,7    |
| Desvão da Cobertura (Fracamente Ventilado)<br>(Ponto 7.2 da Tabela IV.1 do RCCTE)         | 124,23               | 190,00               | 0,65  | 0,9    |

##### Edifício 3

Em ambas as soluções, existente e proposta, foi considerado como espaço não útil o desvão da cobertura.

Quadro 4. 20 – Coeficiente  $\tau$  para os espaços não úteis – Edifício 3.

| Tipo de Espaço Não Útil   | Ai (m <sup>2</sup> ) | Au (m <sup>2</sup> ) | Ai/Au | $\tau$ |
|---|----------------------|----------------------|-------|--------|
| Desvão da Cobertura (Fracamente Ventilado)<br>(Ponto 7.2 da Tabela IV.1 do RCCTE) | 136,55               | 179,15               | 0,76  | 0,9    |

##### Edifício 4

Em ambas as soluções, existente e proposta, foram considerados como espaços não úteis a caixa-de-ar sob pavimento e o desvão da cobertura.

Quadro 4. 21- Coeficiente  $\tau$  para os espaços não úteis - Edifício 4.

| Tipo de Espaço Não Útil  | Ai<br>(m <sup>2</sup> ) | Au<br>(m <sup>2</sup> ) | Ai/Au | $\tau$ |
|--|-------------------------|-------------------------|-------|--------|
| Caixa-de-ar Sob o Pavimento<br>(Fracamente Ventilada)<br>(Ponto 7.2 da Tabela IV.1 do RCCTE) | 190,64                  | 35,44                   | 5,38  | 0,7    |
| Desvão da Cobertura<br>(Fracamente Ventilado)<br>(Ponto 7.2 da Tabela IV.1 do RCCTE)         | 190,64                  | 221,95                  | 0,86  | 0,9    |

#### 4.2.4.6. CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES TÉRMICAS DA ENVOLVENTE OPACA - SOLUÇÃO EXISTENTE E SOLUÇÃO PROPOSTA

##### VALORES MÁXIMOS ADMISSÍVEIS

Tendo em conta que o edifício escolar de Redondo se encontra na mesma zona climática que o edifício escolar da Aldeia da Serra D'Ossa, os valores máximos para os coeficientes de transmissão térmica (U) da envolvente dos edifícios, são os mesmos que os referidos na secção 4.1.4.6 do presente trabalho.

##### COEFICIENTES DE TRANSMISSÃO TÉRMICA DOS ELEMENTOS DA ENVOLVENTE OPACA

Nos Quadros 4.22, 4.23 e 4.24, apresenta-se um resumo dos coeficientes de transmissão térmica das soluções existentes e propostas, tendo em conta as soluções já especificadas e os desenhos esquematizados nos Quadros 4.16, 4.17 e 4.18.

Quadro 4. 22 - Coeficiente de transmissão térmica (U) - Paredes.

| Elementos Verticais - Paredes    | U (W/(m <sup>2</sup> .°C)) |      |      |
|----------------------------------|----------------------------|------|------|
|                                  | Solução                    | Máx. | Ref. |
| P1 - Existente - Parede Exterior | 2,679                      | 1,80 | 0,70 |
| P2 - Existente - Parede Exterior | 3,023                      | 1,80 | 0,70 |
| P3 - Existente - Parede Exterior | 0,947                      | 1,80 | 0,70 |
| P4 - Proposto - Parede Exterior  | 0,475                      | 1,80 | 0,70 |
| P5 - Proposto - Parede Exterior  | 0,409                      | 1,80 | 0,70 |
| P6 - Proposto - Parede Exterior  | 0,359                      | 1,80 | 0,70 |

Quadro 4. 23 - Coeficiente de transmissão térmica (U) - Pavimentos.

| Elementos Horizontais - Pavimento     | U (W/(m <sup>2</sup> .°C)) |      |      |
|---------------------------------------|----------------------------|------|------|
|                                       | Solução                    | Máx. | Ref. |
| Pav1 - Existente - Pavimento Interior | FD - 1,132                 | 1,65 | 1,00 |
| Pav2 - Proposto - Pavimento Interior  | FD - 0,645                 | 1,65 | 1,00 |

FD - Fluxo Descendente

Quadro 4. 24 – Coeficiente de transmissão térmica (U) – Coberturas.

| Elementos Horizontais - Cobertura   | U (W/m <sup>2</sup> .°C) |      |      |
|-------------------------------------|--------------------------|------|------|
|                                     | Solução                  | Máx. | Ref. |
| C1 – Existente – Cobertura Exterior | FA – 2,617               | 1,25 | 0,50 |
| C1 – Existente – Cobertura Exterior | FD – 2,212               | 1,25 | 0,50 |
| C2 – Existente – Cobertura Interior | FA – 2,353               | 1,25 | 0,50 |
| C3 – Existente – Cobertura Interior | FA – 2,895               | 1,25 | 0,50 |
| C4 – Proposto – Cobertura Exterior  | FA – 0,531               | 1,25 | 0,50 |
| C4 – Proposto – Cobertura Exterior  | FD – 0,512               | 1,25 | 0,50 |
| C5 – Proposto – Cobertura Interior  | FA – 0,519               | 1,25 | 0,50 |
| C6 – Proposto – Cobertura Interior  | FA – 0,542               | 1,25 | 0,50 |
| C7 – Proposto – Cobertura Exterior  | FA – 0,510               | 1,25 | 0,50 |
| C7 – Proposto – Cobertura Exterior  | FD – 0,490               | 1,25 | 0,50 |

FA – Fluxo Ascendente; FD – Fluxo Descendente

Tal como se pode verificar nos quadros atrás representados, as soluções existentes no edifício não estão de acordo com os limites regulamentares. No entanto com a introdução de isolamento térmico na envolvente opaca do edifício, verificou-se uma grande redução dos coeficientes de transmissão térmica dos elementos, ficando estes muito abaixo dos limites máximos.

### PONTES TÉRMICAS LINEARES – ( $\Psi$ )

#### Edifícios 1,2, 3 e 4

**Solução Existente:** O valor definido para o coeficiente  $\psi$  dos elementos da envolvente é de 0,50, uma vez que as soluções existentes não são tipificadas no RCCTE, nomeadamente porque nenhum dos elementos tem isolamento térmico.

**Solução Proposta:** Nas soluções propostas, os elementos da envolvente incluem isolamento térmico.

Nos edifícios 1 e 2, foram consideradas pontes térmicas lineares a ligação entre a fachada com os pavimentos térreos (tabela IV.3 A do RCCTE), com os pavimentos sobre locais não aquecidos (tabela IV.3 B do RCCTE), a ligação da fachada com pavimentos intermédios (tabela IV.3 C do RCCTE), a ligação da fachada com a cobertura (tabela IV.3 D do RCCTE) e a ligação entre duas paredes verticais (tabela IV.3 F do RCCTE).

No edifício 3 foram consideradas pontes térmicas lineares, a ligação entre a fachada com os pavimentos térreos, a ligação da fachada com pavimentos intermédios, a ligação da fachada com a cobertura e a ligação entre duas paredes verticais.

No edifício 4 foram consideradas pontes térmicas lineares, a ligação entre a fachada com os pavimentos térreos, com os pavimentos sobre locais não aquecidos, a ligação da fachada com a cobertura e a ligação entre duas paredes verticais.

#### 4.2.4.7. CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES TÉRMICAS DOS VÃOS ENVIDRAÇADOS - SOLUÇÃO EXISTENTE E SOLUÇÃO PROPOSTA

##### Edifícios 1,2, 3 e 4

**Solução Existente:** Todos os edifícios mantiveram alguns dos vãos envidraçados originais, constituídos por caixilharias de madeira e vidro simples, sem classificação de permeabilidade ao ar. No entanto, ao longo do tempo e com as pequenas obras de conservação que os edifícios foram sofrendo, algumas das janelas foram substituídas por outras, com melhor desempenho, introduzindo-se o vidro duplo e a caixilharia de alumínio.

Nos edifícios 3 e 4, em alguns vãos envidraçados das fachadas norte, sul e oeste foram contabilizados os fatores de sombreamento por elementos verticais, sendo esses elementos partes da fachada dos próprios edifícios, que causam sombreamento em algumas janelas.

Como dispositivos de proteção solar existem cortinas muito transparentes.

Nas soluções existentes os vãos envidraçados constituídos por vidros simples com caixilharia de madeira e por vidros duplos com caixilharia de alumínio apresentam, respetivamente, coeficientes de transmissão térmica de  $5,10 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$  e  $3,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ . (Valores atribuídos com base na publicação ITE 50 do LNEC [31].)

**Solução Proposta:** Em todos os edifícios está previsto que os vãos envidraçados sejam substituídos por outros, com caixilharias de alumínio e corte térmico, com sistemas de correr, de abrir ou fixo, dependendo das disposições do projeto de arquitetura. O vidro a aplicar será duplo de baixa emissividade com espessura de 24mm (6+12+6) com árgon a 90% no espaço de ar.

Para a solução proposta de vãos envidraçados o coeficientes de transmissão térmica é de  $1,32 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ . (valor atribuído com base nas indicações dos fabricantes, *Saint-Gobain Glass* e *Extrusal* - Quadro 4.12 do presente trabalho).

No Anexo IV, parágrafo IV.3, encontram-se os quadros relativos à aplicação do RCCTE, com os valores das características térmicas dos vãos envidraçados, existentes e propostos, para o edifício 3 (considerou-se este edifício como exemplo de cálculo na medida em que este engloba todos os tipos de vidros referenciados neste trabalho).

#### 4.2.4.8. INÉRCIA TÉRMICA – SOLUÇÃO EXISTENTE E SOLUÇÃO PROPOSTA

##### Edifícios 1 e 2

**Solução Existente:** A massa superficial útil por metro quadrado de pavimento ( $I_t$ ) encontrada é de 543,38 kg/m<sup>2</sup>, logo, pela tabela 4.13 do presente trabalho, o edifício tem uma inércia térmica forte.

**Solução Proposta:** A massa superficial útil por metro quadrado de pavimento ( $I_t$ ) é de 400,96 kg/m<sup>2</sup>, pelo que se conclui que o edifício tem uma inércia térmica forte.

### Edifício 3

**Solução Existente:**  $I_t = 563,94$  kg/m<sup>2</sup> – Inércia térmica forte.

**Solução Proposta:**  $I_t = 413,30$  kg/m<sup>2</sup> – Inércia térmica forte.

### Edifício 4

**Solução Existente:**  $I_t = 508,05$  kg/m<sup>2</sup> – Inércia térmica forte.

**Solução Proposta:**  $I_t = 401,20$  kg/m<sup>2</sup> – Inércia térmica forte.

(Ver cálculo detalhado no Anexo IV, secção IV.4)

#### 4.2.4.9. ANÁLISE DO COMPORTAMENTO TÉRMICO DO EDIFÍCIO – SITUAÇÃO EXISTENTE E SITUAÇÃO PROPOSTA

Nos Quadros 4.25, 4.26 e 4.27 apresentam-se os valores calculados, para verificação do cumprimento dos limites das necessidades energéticas definidos no RCCTE, bem como a classe energética dos edifícios, com as soluções existentes e com as soluções propostas.

Quadro 4. 25 – Mapa de valores nominais para a frações autónoma – Situação Existente e Situação Proposta – Edifícios 1 e 2.

| Indicadores Energéticos       |                     | Situação Existente               | Situação Proposta      |                   |
|-------------------------------|---------------------|----------------------------------|------------------------|-------------------|
| Edifícios 1 e 2               | Aquecimento Inverno | Nic [kWh/(m <sup>2</sup> .ano)]  | 283,17                 | 45,33             |
|                               |                     | Ni [kWh/(m <sup>2</sup> .ano)]   | 73,95                  | 80,14             |
|                               |                     | Nic/Ni (%)                       | 382,89<br>Não Verifica | 56,56<br>Verifica |
|                               | Arrefecimento Verão | Nvc [kWh/(m <sup>2</sup> .ano)]  | 28,50                  | 26,12             |
|                               |                     | Nv [kWh/(m <sup>2</sup> .ano)]   | 32,00                  | 32,00             |
|                               |                     | Nvc/Nv (%)                       | 89,05<br>Verifica      | 81,63<br>Verifica |
|                               | AQS                 | Nac [kWh/(m <sup>2</sup> .ano)]  | 8,71                   | 57,24             |
|                               |                     | Na [kWh/(m <sup>2</sup> .ano)]   | 10,79                  | 77,08             |
|                               |                     | Nac/Na (%)                       | 80,72<br>Verifica      | 74,26<br>Verifica |
|                               | Energia Primária    | Ntc [kgep/(m <sup>2</sup> .ano)] | 6,54                   | 5,50              |
|                               |                     | Nt [kgep/(m <sup>2</sup> .ano)]  | 3,38                   | 11,41             |
|                               |                     | Ntc/Nt (%)                       | 193,49<br>Não Verifica | 48,20<br>Verifica |
| Classe Energética do Edifício |                     | D                                | A                      |                   |

Quadro 4. 26 – Mapa de valores nominais para a frações autónoma – Situação Existente e Situação Proposta – Edifício 3.

| Indicadores Energéticos       |                     | Situação Existente               | Situação Proposta      |                   |
|-------------------------------|---------------------|----------------------------------|------------------------|-------------------|
| Edifício 3                    | Aquecimento Inverno | Nic [kWh/(m <sup>2</sup> .ano)]  | 120,67                 | 30,43             |
|                               |                     | Ni [kWh/(m <sup>2</sup> .ano)]   | 60,41                  | 65,12             |
|                               |                     | Nic/Ni (%)                       | 199,75<br>Não Verifica | 46,73<br>Verifica |
|                               | Arrefecimento Verão | Nvc [kWh/(m <sup>2</sup> .ano)]  | 30,58                  | 23,11             |
|                               |                     | Nv [kWh/(m <sup>2</sup> .ano)]   | 32,00                  | 32,00             |
|                               |                     | Nvc/Nv (%)                       | 95,58<br>Verifica      | 72,21<br>Verifica |
|                               | AQS                 | Nac [kWh/(m <sup>2</sup> .ano)]  | 7,10                   | 82,78             |
|                               |                     | Na [kWh/(m <sup>2</sup> .ano)]   | 8,78                   | 111,46            |
|                               |                     | Nac/Na (%)                       | 80,87<br>Verifica      | 74,27<br>Verifica |
|                               | Energia Primária    | Ntc [kgep/(m <sup>2</sup> .ano)] | 3,23                   | 7,56              |
|                               |                     | Nt [kgep/(m <sup>2</sup> .ano)]  | 2,02                   | 15,92             |
|                               |                     | Ntc/Nt (%)                       | 159,90<br>Não Verifica | 47,49<br>Verifica |
| Classe Energética do Edifício |                     | D                                | A                      |                   |

Quadro 4. 27 – Mapa de valores nominais para a frações autónoma – Situação Existente e Situação Proposta – Edifício 4.

| Indicadores Energéticos       |                     | Situação Existente               | Situação Proposta      |                   |
|-------------------------------|---------------------|----------------------------------|------------------------|-------------------|
| Edifício 4                    | Aquecimento Inverno | Nic [kWh/(m <sup>2</sup> .ano)]  | 282,78                 | 61,10             |
|                               |                     | Ni [kWh/(m <sup>2</sup> .ano)]   | 78,14                  | 71,72             |
|                               |                     | Nic/Ni (%)                       | 361,90<br>Não Verifica | 85,19<br>Verifica |
|                               | Arrefecimento Verão | Nvc [kWh/(m <sup>2</sup> .ano)]  | 28,79                  | 18,65             |
|                               |                     | Nv [kWh/(m <sup>2</sup> .ano)]   | 32,00                  | 32,00             |
|                               |                     | Nvc/Nv (%)                       | 89,96<br>Verifica      | 58,29<br>Verifica |
|                               | AQS                 | Nac [kWh/(m <sup>2</sup> .ano)]  | 64,84                  | 94,76             |
|                               |                     | Na [kWh/(m <sup>2</sup> .ano)]   | 80,28                  | 127,59            |
|                               |                     | Nac/Na (%)                       | 80,77<br>Verifica      | 74,27<br>Verifica |
|                               | Energia Primária    | Ntc [kgep/(m <sup>2</sup> .ano)] | 21,13                  | 8,77              |
|                               |                     | Nt [kgep/(m <sup>2</sup> .ano)]  | 11,83                  | 18,16             |
|                               |                     | Ntc/Nt (%)                       | 178,61<br>Não Verifica | 48,32<br>Verifica |
| Classe Energética do Edifício |                     | D                                | A                      |                   |

Tal como foi referido na análise do comportamento térmico do edifício escolar da Aldeia da Serra D'Ossa, também, para cada um dos edifícios que compõem o conjunto escolar de

Redondo, os resultados do cálculo térmico, na situação proposta, traduzem a introdução de medidas de reabilitação energética aplicadas ao edifício existente, reconvertido em Pousada da Juventude, estando este cálculo afetado por uma diferença de área útil, área de cobertura e área de envidraçados.

**Situação Existente:** Com o estudo depreende-se que a verificação da conformidade com o Regulamento (RCCTE) dos valores calculados das necessidades nominais de energia útil para arrefecimento ( $N_{vc} < N_v$ ), e das necessidades nominais de energia útil para aquecimento de águas sanitárias ( $N_{ac} < N_a$ ), se encontram garantidos.

A não conformidade com o regulamento dos valores calculados das necessidades nominais de energia útil para aquecimento ( $N_{ic} > N_i$ ) e necessidades nominais globais de energia primária ( $N_{tc} > N_a$ ), surgem pela falta de isolamento nas várias envolventes e pela exclusiva utilização de energia elétrica nos sistemas de climatização e aquecimento de águas, inexistindo outro tipo de energia alternativa, por exemplo painéis solares.

Nas situações existentes, todos os edifícios são classificados como classe energética D.

**Situação Proposta:** Com as soluções de intervenção propostas, verifica-se que todos os edifícios cumprem todos os requisitos mínimos do RCCTE.

A colocação de isolamento na envolvente do edifício fez reduzir o coeficiente de transmissão térmica nos seus elementos, o que levou a uma diminuição do  $N_{ic}$ . No que respeita ao  $N_{ac}$  e  $N_{tc}$ , também se verificam melhorias, uma vez que se propõem a utilização de dispositivos de aquecimento de águas mais eficientes, com recurso a energia solar.

Ao contrário do resultado obtido para o Centro de Dia da Aldeia da Serra D'Ossa, em que se verificou um aumento de  $N_{vc}$ , no caso da Pousada da Juventude de Redondo ocorreu uma diminuição deste parâmetro, isto porque, mesmo introduzindo um isolamento térmico na envolvente, a classe de inércia térmica dos edifícios manteve-se, devido à nova configuração interior e, no caso dos edifícios 1, 2 e 3, devido ao facto destes serem de dois pisos, nos quais a laje intermédia não possui isolamento térmico.

Nas situações propostas os edifícios são classificados como classe energética A.

Com a aplicação do método de cálculo simplificado, implementado pelo RCCTE, depreende-se que este privilegia as características dos equipamentos e sistemas de climatização e de aquecimento de águas quentes sanitárias, na medida em que estes são determinantes no cálculo da classe energética do edifício.

As tabelas de cálculo térmico para o edifício 3, na situação existente e na situação proposta, encontram-se no Anexo IV, secção IV.3.

## 5. CONCLUSÕES

Com a presente dissertação pretendeu-se caracterizar as Escolas do Plano dos Centenários do concelho de Redondo e, assumindo dois desses edifícios como representativos, propor novas utilizações para os mesmos e soluções para melhoria da sua eficiência energética.

As escolas do Plano dos Centenários do concelho de Redondo podem dividir-se em 4 tipos:

- **Edifícios de 1 Sala – Escolas do Freixo, Vinhas, São Bento do Zambujal e Ferrenhas**  
Edifícios de piso térreo, compostos por átrio, sala de aula e recreio coberto posterior com bloco de instalações sanitárias.
- **Edifícios de 2 salas – Escolas da Aldeia da Serra D'Ossa, Aldeias de Montoito e Montoito**  
Edifícios de piso térreo, compostos por dois blocos geminados, tendo cada um: átrio; sala de aula e recreio coberto posterior com bloco de instalações sanitárias. Os recreios cobertos são separados através de instalações sanitárias existindo, ainda, entre ambos, um espaço de arrumos.
- **Edifícios de 3 Salas – Escola de Santa Susana**  
Edifício de dois pisos, em que o rés-do-chão é composto por duas áreas individualizadas (com entradas distintas). Um dos lados é constituído por átrio, sala de aula e recreio coberto posterior com bloco de instalações sanitárias. O outro apresenta disposição idêntica, com a diferença que no átrio de entrada existe um corpo de escadas de acesso ao piso superior. O 1º andar é composto por átrio com corpo de escadas e uma sala de aula.
- **Edifícios de 4 Salas – Escola de Redondo**  
Edifícios de dois pisos, em que o rés-do-chão é composto por átrio com corpo de escadas de acesso ao piso superior, 2 salas de aula, recreio coberto posterior com bloco de instalações sanitárias. O 1º andar é composto por átrio com corpo de escadas e duas salas de aula.

Como edifícios representativos, foram escolhidas a Escola da Aldeia da Serra D'Ossa e a Escola de Redondo.

De uma forma geral, a maioria das transformações propostas para a reconversão dos edifícios escolares ocorreram ao nível do interior, nomeadamente, na divisão dos compartimentos, adequando a construção antiga à nova realidade, sem comprometer o desempenho estrutural dos edifícios. No entanto, também foram introduzidas algumas alterações arquitetónicas exteriores significativas, particularmente nas fachadas

posteriores, nas quais os pátios cobertos foram transformados em espaços úteis, aumentando-se, desta forma, quer a área de envidraçados quer a área útil dos edifícios.

O objetivo principal do trabalho foi propor medidas de melhoria da eficiência energética dos edifícios escolares, adaptadas às suas novas realidades - Centro de Dia e Pousada da Juventude.

Quer no edifício da Aldeia da Serra D'Ossa quer no conjunto de edifícios de Redondo, as propostas de melhoria incluíram a reabilitação da envolvente, através da introdução de isolamento térmico nas paredes, pavimentos e coberturas, e da substituição de vidros e caixilharias por outros com melhor desempenho térmico. Da mesma forma, foram propostos sistemas de climatização mais eficientes, comparativamente com os sistemas existentes nos edifícios, e sistemas de aquecimento de águas recorrendo a energia solar. Outros fatores que se consideraram foram a potencialização da iluminação natural, através do aumento da área de envidraçados e da utilização de cores claras nas paredes e tetos, e a potenciação da ventilação natural, na medida em que todos os compartimentos principais estabelecem comunicação direta com o exterior, através de janelas ou portas.

No que respeita à introdução de isolamento térmico, foram verificadas grandes melhorias, nomeadamente na redução dos coeficientes de transmissão térmica (U) dos vários elementos da envolvente. Em relação às paredes exteriores, aquelas com maior expressão em todos os edifícios, são as constituídas por alvenaria ordinária de pedra de granito com 50cm de espessura. Nestas paredes, a introdução de um isolamento térmico pelo lado interior fez reduzir o valor de U de 2.679 W/(m<sup>2</sup>.°C) para 0,475 W/(m<sup>2</sup>.°C). O mesmo se verifica em relação aos pavimentos, em que, no caso em que estes são constituídos por laje aligeirada de blocos cerâmicos, a introdução de um isolamento térmico reduziu o valor de U de 1.132 W/(m<sup>2</sup>.°C) para 0.645 W/(m<sup>2</sup>.°C). No caso dos vários tipos de coberturas existentes também se verificaram, com a introdução de isolamento térmico, grandes melhorias. Com os resultados obtidos, conclui-se que, nas situações propostas, a quantidade de calor que atravessa os vários elementos da envolvente é significativamente menor, em comparação com as soluções existentes, sem isolamento térmico.

Por outro lado, foram substituídos todos os vãos envidraçados existentes por outros, constituídos por vidro duplo de baixa emissividade e caixilharia de alumínio com corte térmico. Esta medida possibilitou melhorar o isolamento térmico e reduzir as infiltrações de ar não-controladas.

De uma forma geral, as medidas propostas foram semelhantes para as duas escolas estudadas, isto porque quase todos os edifícios apresentam, em geral, os mesmos constrangimentos arquitetónicos. Da mesma forma, porque uma uniformização das

técnicas e processos constitutivos é, quase sempre, vantajosa durante a fase de preparação de obra, na medida em que facilita e simplifica todo o processo de gestão, aquisição de materiais, contratação de fornecedores e mão de obra e também porque simplifica a execução dos trabalhos em obra, possibilitando um trabalho mais metódico.

No que respeita ao cálculo térmico efetuado para cada um dos edifícios, nas situações propostas, importa referir que se teve em consideração não só a introdução de medidas de melhoria térmica e energética, mas, também, as alterações arquitetónicas previstas no projeto de reconversão, daí que não seja totalmente linear o estudo térmico comparativo, estando este afetado por uma diferença de área útil, área de cobertura e área de envidraçados da situação existente para a situação proposta.

De uma forma geral, quer na Escola da Aldeia da Serra D' Ossa quer na Escola de Redondo, os resultados da aplicação do cálculo térmico mostraram que, mesmo sem isolamento térmico na envolvente, as necessidades nominais de arrefecimento ( $N_{vc} < N_v$ ) estão garantidas. Estes resultados devem-se à forte inércia térmica conferida pelos elementos da envolvente.

Na escola da Aldeia da Serra D'Ossa todos os outros parâmetros de verificação regulamentar,  $N_{ic}$ ,  $N_{ac}$  e  $N_{tc}$ , se revelaram não conformes com o regulamento, devido à inexistência de isolamento nas várias envolventes, à baixa eficiência dos equipamentos de aquecimento de águas sanitárias e à inexistência de sistemas eficientes de climatização, em que foram contabilizados equipamentos que consomem bastante energia elétrica. Concluiu-se, portanto, que o edifício na situação existente é classificado como classe energética G.

Com as alterações propostas para este edifício, reconvertido em Centro de Dia, verificou-se a conformidade de todos os requisitos mínimos do RCCTE. Foram fatores determinantes para o cumprimento desses requisitos, a colocação de isolamento térmico na envolvente do edifício, a utilização de dispositivos de climatização mais eficientes e a introdução de painéis solares para aquecimento de águas.

Verificou-se, na solução proposta, que a introdução de isolamento térmico pelo interior, nos elementos da envolvente, fez reduzir a inércia térmica do edifício, o que levou a um aumento do valor de  $N_{vc}$ . No entanto, tendo em conta todos os resultados obtidos, que revelam uma significativa melhoria de todos os outros parâmetros, não existem dúvidas que a introdução de isolamento térmico traz vantagens ao desempenho do edifício.

O edifício, com as alterações propostas, é classificado como classe energética A, que, comparativamente com a solução existente, é bastante mais satisfatória.

No que respeita ao edifício escolar de Redondo, na situação existente, os resultados da aplicação do cálculo térmico, mostraram que, para além da conformidade com as

necessidades nominais de energia útil para arrefecimento ( $N_{vc}$ ), também o valor das necessidades nominais de energia útil para aquecimento de águas sanitárias ( $N_{ac}$ ) se encontra aquém do valor máximo ( $N_a$ ), devido à utilização, nesta escola, de um sistema de aquecimento de águas mais eficiente, em comparação com o utilizado na escola da Aldeia da Serra D'Ossa. Na situação existente, o edifício é classificado como de classe energética D.

Na situação proposta, verificou-se que todos os requisitos mínimos do RCCTE estão conforme. Logo, conclui-se, que as medidas de melhoria propostas foram bastante significativas para a eficiência energética do edifício.

O edifício, com as alterações propostas, é classificado como classe energética A.

Com a aplicação do RCCTE, verificou-se que este privilegia as características dos equipamentos e sistemas de climatização e de aquecimento de águas sanitárias, na medida em que estes são determinantes no cálculo da classe energética do edifício, relegando para segundo plano questões fundamentais como o conforto. No entanto, com a entrada em vigor, em Dezembro de 2013, da nova regulamentação térmica, Decreto-Lei 118/2013, espera-se que estas limitações sejam ultrapassadas. Importa referir que a introdução do cálculo térmico neste trabalho serviu apenas como um método de comparação dos edifícios com as soluções existentes e com as soluções propostas.

No desenvolvimento do trabalho teve-se sempre presente a melhoria do conforto interior e bem-estar dos utilizadores. Como tal, consideraram-se fundamentais as soluções de intervenção nos elementos da envolvente, nomeadamente, a introdução de isolamento térmico nas paredes, pavimentos e coberturas, a substituição de vãos envidraçados por outros que beneficiassem o comportamento térmico dos edifícios, e a potenciação da iluminação natural e ventilação natural.

Ao longo do trabalho teve-se sempre em consideração o facto de os edifícios pertencerem ao Plano dos Centenários e, como tal, traduzirem uma arquitetura típica e singular de um período marcante da história de Portugal. Por este motivo, as medidas de reabilitação propostas pretendem melhorar os edifícios sob o ponto de vista energético, para as novas utilizações, sem, no entanto, comprometer a sua identidade.

Com base nas soluções propostas e comprovada, através do cálculo térmico, que a sua implementação melhora a eficiência energética dos edifícios estudados, espera-se que este trabalho sirva como ponto de partida para a efetiva reabilitação das escolas do Plano dos Centenários do concelho de Redondo.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- [1] CARVALHO, Rómulo – História do Ensino em Portugal: Desde a Fundação da Nacionalidade até ao Fim do Regime de Salazar - Caetano. 2ª Edição. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1996.
- [2] COUTO, R. A. O. ; DAVID, M. M. H. – Resenha Histórica do 1º Ciclo do Ensino Básico. Volume I. Évora: Direção Regional de Educação do Alentejo, 2008.
- [3] Secretaria geral do Ministério da Educação e Ciência – Os Edifícios Escolares do Plano dos Centenários. Data de Acesso: 20-11-2013 em: <http://www.secgeral.mec.pt/index.php/publicacoes-e-eventos/exposicoes-virtuais/os-edificios-escolares-do-plano-dos-centenarios>
- [4] PIMENTA, Paulo Sérgio Pereira – A Escola Portuguesa: do “Plano dos Centenários” à Construção da Rede Escolar no Distrito de Vila Real. Universidade do Minho, 2006. Tese de Mestrado em Educação – Área de Especialização História da Educação e Pedagogia.
- [5] BEJA, F. ; SERRA, J. ; MACHÁS, E. ; & SALDANHA, I. – Muitos Anos de Escolas: Edifícios para o Ensino Infantil e Primário, anos 40 – anos 70. Volume II. Lisboa: Ministério da Educação. Direcção Geral de Administração Escolar, 1996.
- [6] GOMES, Marta Garcia Teixeira – Reversão de Edifícios Habitacionais em Lisboa: Aplicação ao Caso De Estudo Das Unidades Hoteleiras. Volume 1. Instituto Superior Técnico, 2011. Dissertação de Mestrado em Arquitectura.
- [7] OLIVEIRA, Nuno – Conceitos de Intervenção no Património Edificado. Nuno Oliveira Arquitectura. Data de Acesso: 15-12-2013 em <http://nunooliveira-arquitectura.blogspot.pt/2010/01/conceitos-de-intervencao-no-patrimonio.html>
- [8] COSTA, Igor Cristiano Santos Ribeiro - Do Património Devoluto ao Desenvolvimento Local Sustentável: Dois casos de estudo na cidade do Fundão. Universidade da Beira Interior, 2013. Dissertação de Mestrado em Arquitetura.
- [9] Decreto-lei 40/90 de 6 de Fevereiro. Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE). Lisboa, Portugal, 1990.
- [10] Decreto-lei 156/92 de 29 de Julho. Regulamento da Qualidade dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RQSECE). Lisboa, Portugal, 1992.

- [11] Decreto-lei 118/98 de 7 de Maio. Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE). Lisboa, Portugal, 1998.
- [12] Diretiva 2002/91/CE do Parlamento Europeu e do Conselho. De 16 de Dezembro de 2002.
- [13] Decreto-lei 80/2006 de 4 de Abril. Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE). Lisboa, Portugal, 2006.
- [14] Decreto-lei 79/2006 de 4 de Abril. Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE). Lisboa, Portugal, 2006.
- [15] Decreto-lei 78/2006 de 4 de Abril. Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE). Lisboa, Portugal, 2006.
- [16] Diretiva 2010/31/EU do Parlamento Europeu e do Conselho. De 19 de Maio de 2010.
- [17] Decreto-lei 118/2013 de 20 de Agosto. Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE). Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH). Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS). Lisboa. Portugal, 2013.
- [18] Portaria nº353-A/2013 de 4 de Dezembro. Lisboa. Portugal, 2013.
- [19] Portaria nº349-A/2013 de 29 de Novembro. Lisboa. Portugal, 2013.
- [20] Portaria nº349-B/2013 de 29 de Novembro. Lisboa. Portugal, 2013.
- [21] Portaria nº349-C/2013 de 2 de Dezembro. Lisboa. Portugal, 2013.
- [22] Portaria nº349-D/2013 de 2 de Dezembro. Lisboa. Portugal, 2013.
- [23] PAIVA, J. V.; AGUIAR, J.; PINHO, A. – Guia Técnico de Reabilitação Habitacional. Volume I e Volume II. 1ª Edição. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2006.
- [24] ADENE ; LNEC ; INETI ; & IPQ - Reabilitação Energética da Envolvente de Edifícios Residenciais. DGGE / IP-3E. Lisboa, 2004. Data de Acesso: 18-12-2013 em [http://www.eficienciaenergetica.com/images/upload/Reabilitacao\\_energetica.pdf](http://www.eficienciaenergetica.com/images/upload/Reabilitacao_energetica.pdf)

- [25] SILVA, João Carlos Martins - Reabilitação Térmica de Edifícios Residenciais: Propostas de Intervenção. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa - Área Departamental de Engenharia Civil, 2012. Trabalho Final de Mestrado em Engenharia Civil.
- [26] FREITAS, Vasco Peixoto [et al].- Manual de Apoio ao Projecto de Reabilitação de Edifícios Antigos. 1ª Edição. Porto: Ordem dos Engenheiros da Região Norte, 2012.
- [27] MENDÃO, Juliana Vicente Belchior - Sistema ETICS - Influencia no Comportamento Térmico dos Edifícios: Um Caso de Estudo. Universidade Nova de Lisboa - Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2011. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil.
- [28] Núcleo de Revestimentos e Isolamentos - Regras para a Concessão de uma Aprovação Técnica Europeia (ETA) ou de um Documento de Homologação (DH) a Sistemas Compósitos de Isolamento Térmico pelo Exterior (ETICS). Lisboa - Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Departamento de Edifícios, 2010.
- [29] FERREIRA, Tiago Miguel Duarte - Sobre a Utilização do Sistema de Isolamento Térmico pelo Interior em Edifícios Residenciais em Portugal: Análise do Desempenho Higrotérmico. Universidade do Porto - Faculdade de Engenharia, 2006. Dissertação de Mestrado em Construção de Edifícios.
- [30] TEIXEIRA, Fernando Jorge Ramos - Reabilitação do Ponto de Vista Térmico em Pavimentos: Actuais Exigências, Novos Materiais e Tecnologias Construtivas. Universidade do Porto - Faculdade de Engenharia, 2008. Relatório de Projecto de Mestrado em Engenharia Civil - Especialização em Construções Cívicas.
- [31] ANTOS, Carlos A. Pina; MATIAS, Luís - Coeficientes de Transmissão Térmica da Envolvente dos Edifícios (versão actualizada 2006) - ITE 50. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2008.
- [32] Viero. Ficha Técnica Poliestireno Expandido. Data de Acesso: 01-02-2014 em <http://www.viero.com.pt/fichas/EPS.pdf>
- [33] Sotecnisol, Ficha Técnica Poliestireno Expandido. Data de Acesso: 01-02-2014 em [http://www.sotecnisol.pt/resources/Materiais/FT-Placas\\_Sotecnisol.pdf](http://www.sotecnisol.pt/resources/Materiais/FT-Placas_Sotecnisol.pdf)

- [34] Futur Eng. Light Steel Framing: Engenharia e Projecto. Data de Acesso: 01-02-2014 em <http://www.futureng.pt/eps>
- [35] Viero. Ficha Técnica Poliestireno Extrudido. Data de Acesso: 02-02-2014 em <http://www.viero.com.pt/fichas/XPS.pdf>
- [36] Sotecnisol, Ficha Técnica ROOFTEC/ ROOFTEC L. Data de Acesso: 02-02-2014 em [http://www.sotecnisol.pt/resources/Materiais/ft\\_rooftec\\_sl - sotecnisol2.pdf](http://www.sotecnisol.pt/resources/Materiais/ft_rooftec_sl - sotecnisol2.pdf)
- [37] Viero. Ficha Técnica Lã de Rocha. Data de Acesso: 02-02-2014 em <http://www.viero.com.pt/fichas/La-de-Rocha.pdf>
- [38] Eso. Isolamento Térmico e Acústico: Lã de Rocha e Lã de Vidro. Data de Acesso: 02-02-2014 em <http://www.ufrgs.br/eso/content/?p=1246>
- [39] Viero. Ficha Técnica Aglomerado Negro de Cortiça Expandida. Data de Acesso: 05-02-2014 em <http://www.viero.com.pt/fichas/ACE.pdf>
- [40] Amorim Isolamentos. Data de Acesso: 05-02-2014 em <http://amorimisolamentos.pt/>
- [41] Weber. Ficha Técnica weber.flex PU. Data de Acesso: 05-02-2014 em [http://www.weber.com.pt/uploads/media/FT\\_weber.flex\\_PU\\_01.pdf](http://www.weber.com.pt/uploads/media/FT_weber.flex_PU_01.pdf)
- [42] Polirigido. Produtos. Data de Acesso: 05-02-2014 em <http://www.polirigido.com/pt/produtos/isolamentostermicos/poliuretano/projectado>
- [43] Refratil. Verniculita Expandida. Data de Acesso: 05-02-2014 em <http://www.refratil.com.br/produto/vermiculita-expandida>
- [44] Isar. Verniculita. Data de Acesso: 05-02-2014 em <http://www.isar.com.br/produtos/isolamento-termico/vermiculita/>
- [45] Leca. Enchimentos Leves. Data de Acesso: 05-02-2014 em [http://www.weber.com.pt/uploads/media/Brochura\\_enchimentos\\_leves.pdf](http://www.weber.com.pt/uploads/media/Brochura_enchimentos_leves.pdf)
- [46] Sotecnisol. Argila Expandida. Data de Acesso: 05-02-2014 em <http://www.sotecnisol.pt/materiais/produtos/solucoes-de-impermeabilizacao-isolamentos-e-drenagens/isolamentos-termicos/argila-expandida/argila-expandida/>

- [47] Pinto, A. – Conservação e Reabilitação de Edifícios Recentes: Reabilitação Térmica e Energética dos Vãos envidraçados da Envolvente dos Edifícios. Lisboa: LNEC, 2002.
- [48] MARTINS, Ana Maria Carvalho – Reabilitação Térmica e Energética de Vãos Envidraçados: As Actuais Exigências Regulamentares – Universidade do Porto – Faculdade de Engenharia, 2009. Dissertação de Mestrado em Reabilitação do Património Edificado.
- [49] MARCOS, Ademar José Vicente – Vãos Envidraçados em Edifícios de Habitação: Optimização, Eficiência Energética e Análise Económica. Universidade Fernando Pessoa – Faculdade de Ciência e Tecnologia, 2013. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil.
- [50] SILVA, Joaquim Mayer Botelho – A ventilação Natural como Melhoria do Desempenho Energético de Edifícios Residenciais. Universidade Nova de Lisboa – Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2012. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil.
- [51] Construção Sustentável. Sistemas Solares Térmicos. Data de Acesso: 22-1-2014 em <http://www.construcaosustentavel.pt/index.php?/O-Livro-%7C%7C-Construcao-Sustentavel/Energias-Renovaveis/Sistemas-Solares-Termicos>
- [52] Saint Gobain. SGG Planitherm. Informação técnica. Data de Acesso: 10-02-2014 em <http://pt.saint-gobain-glass.com/product/1849/sgg-planitherm>
- [53] Extrusal. Informação técnica. Data de Acesso: 10-02-2014 em <http://www.extrusal.pt/index.php?id=36>



# ANEXOS



## **ANEXO I**

### **ISOLAMENTO TÉRMICO NA ENVOLVENTE OPACA DOS EDIFÍCIOS**



Quadro I.1: Soluções de isolamento térmico pelo lado exterior, de paredes exteriores. [23]

| Soluções de Isolamento Térmico pelo Exterior   |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Revestimentos não isolantes independentes (com interposição de um isolamento térmico na caixa de ar):</b><ul style="list-style-type: none"><li>○ Revestimentos independentes descontínuos;</li><li>○ Revestimentos independentes contínuos de ligantes minerais armados (rebocos armados e desligados do suporte).</li></ul></li><li>• <b>Sistemas compósitos de isolamento térmico pelo exterior com revestimento sobre isolante (ETICS):</b><ul style="list-style-type: none"><li>○ Revestimentos espessos de ligantes minerais, armados, sobre isolante;</li><li>○ Revestimentos delgados de ligantes sintéticos ou mistos, armados, sobre isolante.</li></ul></li><li>• <b>Revestimentos isolantes:</b><ul style="list-style-type: none"><li>○ Revestimentos pré-fabricados isolantes descontínuos (Vetures);</li><li>○ Rebocos isolantes;</li><li>○ Revestimentos de espuma isolante projetada</li></ul></li></ul> |

Quadro I.2: Soluções de isolamento térmico nos pavimentos, em posição inferior. [23]

| Soluções de Isolamento Térmico na Parte Inferior dos Pavimentos   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Sistemas compósitos de isolamento térmico pelo exterior, com revestimento sobre isolante (ETICS):</b><ul style="list-style-type: none"><li>○ Revestimentos espessos de ligantes minerais, armados (rebocos armados), sobre isolante;</li><li>○ Revestimentos delgados de ligantes sintéticos, ou mistos, armados, sobre isolante.</li></ul></li><li>• <b>Revestimentos isolantes:</b><ul style="list-style-type: none"><li>○ Revestimentos prefabricados isolantes descontínuos;</li><li>○ Rebocos Isolantes;</li><li>○ Projecção de espumas isolantes.</li></ul></li><li>• <b>Tectos falsos:</b><ul style="list-style-type: none"><li>○ Tectos falsos isolantes;</li><li>○ Tectos falsos suportando uma camada de isolante térmico.</li></ul></li></ul> |

Quadro I.3: Soluções de isolamento térmico em coberturas inclinadas. [23]

| Soluções de Isolamento Térmico em Coberturas Inclinadas   |
|---|
| <p><b><u>Isolamento Térmico Aplicado nas Vertentes</u></b></p> <p><b>Isolamento Térmico em Posição Superior</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Painéis isolantes especiais (integrando varas, forro inferior, e isolante térmico);</li><li>• Mantas de material isolante (sobre a laje inclinada);</li><li>• Placas de material isolante (sobre a laje inclinada).</li></ul> <p><b>Isolamento Térmico em Posição Inferior</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Mantas de material isolante (recobertas eventualmente com um forro inferior):<ul style="list-style-type: none"><li>○ Fixadas contra as varas da cobertura;</li><li>○ Fixadas contra réguas dispostas sob as varas e ao longo destas;</li><li>○ Cruzadas em 2 camadas, com interposição de réguas normais às varas;</li><li>○ Fixadas contra a laje inclinada.</li></ul></li><li>• Placas de material isolante:<ul style="list-style-type: none"><li>○ Fixadas contra as varas da cobertura;</li><li>○ Fixadas contra a laje inclinada;</li></ul></li><li>• Projecção de espumas isolantes;</li><li>• Soluções refletantes.</li></ul> <p><b><u>Isolamento Térmico Aplicado na Esteira Horizontal</u></b></p> <p><b>Isolamento Térmico em Posição Superior</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Mantas de material isolante;</li><li>• Placas de material isolante;</li><li>• Material isolante a granel:<ul style="list-style-type: none"><li>○ Fibras ou flocos;</li><li>○ Grânulos de material isolante.</li></ul></li></ul> <p><b>Isolamento Térmico em Posição Inferior</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Revestimentos isolantes:<ul style="list-style-type: none"><li>○ Revestimentos descontínuos (placas fixadas mecanicamente ou coladas).</li></ul></li><li>• Tectos falsos:<ul style="list-style-type: none"><li>○ Teto-falso isolante;</li><li>○ Teto-falso suportando uma camada de isolante térmico.</li></ul></li></ul> |

Quadro I.4: Soluções de isolamento térmico em coberturas horizontais. [23]

| Soluções de Isolamento Térmico em Coberturas Horizontais  |
|---|
| <p><b>Isolamento Térmico em Posição Superior</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Cobertura Invertida:<ul style="list-style-type: none"><li>○ Isolamento térmico sobre a impermeabilização;</li></ul></li><li>• Suportes isolantes de impermeabilização.</li></ul> |
| <p><b>Isolamento Térmico em Posição Intermédia</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Isolamento entre a laje e a camada da forma;</li></ul>   |
| <p><b>Isolamento Térmico em Posição Inferior</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Tectos falsos:<ul style="list-style-type: none"><li>○ Tecto falso isolante;</li><li>○ Tecto falso suportando uma camada de isolamento térmico.</li></ul></li></ul>               |

**Quadro I.5:** Principais isolantes térmicos utilizados na reabilitação térmica de paredes exteriores. [23]

| Isolantes Térmicos Utilizados em Paredes Exteriores  |
|--|
| <p><b><u>Paredes Simples</u></b></p> <p><b>Isolamento Térmico Aplicado pelo Exterior</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Revestimento independente com isolante no espaço de ar<ul style="list-style-type: none"><li>○ Placas de poliestireno expandido moldado (EPS);</li><li>○ Placas de poliestireno expandido extrudido (XPS);</li><li>○ Placas de poliuretano (PUR);</li><li>○ Placas de lã mineral – lã de rocha ou lã de vidro (MW).</li></ul></li><li>• Sistemas compósitos (ETICS)<ul style="list-style-type: none"><li>○ Placas de poliestireno expandido moldado (EPS);</li><li>○ Placas de lã mineral – lã de rocha ou lã de vidro (MW);</li></ul></li></ul> <p><b>Isolamento Térmico Aplicado pelo Interior</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Painéis isolantes<ul style="list-style-type: none"><li>○ Placas de poliestireno expandido moldado (EPS);</li><li>○ Placas de poliestireno expandido extrudido (XPS);</li><li>○ Placas de poliuretano (PUR);</li><li>○ Placas de lã mineral – lã de rocha ou lã de vidro (MW).</li></ul></li><li>• Contra-fachadas com isolante no espaço de ar<ul style="list-style-type: none"><li>○ Placas de poliestireno expandido moldado (EPS);</li><li>○ Placas de poliestireno expandido extrudido (XPS);</li><li>○ Placas de poliuretano (PUR);</li><li>○ Placas de lã mineral – lã de rocha ou lã de vidro (MW).</li></ul></li></ul> <p><b><u>Paredes Duplas</u></b></p> <p><b>Isolamento Térmico Aplicado pelo Exterior</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Preenchimento total da caixa-de-ar<ul style="list-style-type: none"><li>○ Grânulos de poliestireno expandido moldado (EPS);</li><li>○ Grânulos de vermiculite expandida (VA);</li><li>○ Grânulos de argila expandida (LWA);</li><li>○ Fibras de lã mineral - lã de rocha ou lã de vidro (MW);</li><li>○ Espuma “in situ” de poliuretano (PUR);</li><li>○ Espuma “in situ” de ureia – formaldeído (UF).</li></ul></li></ul> |

**Quadro I.6:** Principais isolantes térmicos utilizados na reabilitação térmica de pavimentos.

[23]

| Isolantes Térmicos Utilizados em Pavimentos   |
|---|
| <p><b>Isolamento Térmico Aplicado em Posição Inferior</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Sistemas compósitos (ETICS)<ul style="list-style-type: none"><li>○ Placas de poliestireno expandido moldado (EPS);</li><li>○ Placas de poliuretano (PUR);</li><li>○ Placas de lã mineral – lã de rocha ou lã de vidro (MW).</li></ul></li><li>• Tecto falso com isolante na caixa-de-ar<ul style="list-style-type: none"><li>○ Placas de poliestireno expandido moldado (EPS);</li><li>○ Placas de poliestireno expandido extrudido (XPS);</li><li>○ Placas de poliuretano (PUR);</li><li>○ Placas e mantas de lã mineral – lã de rocha ou lã de vidro (MW);</li><li>○ Placas de aglomerado de cortiça expandida (ICB);</li></ul></li></ul> |

**Quadro I.7:** Principais isolantes térmicos na reabilitação térmica de coberturas. [23]

| Isolantes Térmicos Utilizados em Coberturas   |
|---|
| <b>Coberturas Horizontais</b>   |
| <b>Isolamento Térmico Aplicado em Posição Superior</b>  |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Cobertura “invertida”<ul style="list-style-type: none"><li>○ Placas de poliestireno expandido moldado (EPS);</li><li>○ Placas de poliestireno expandido extrudido (XPS).</li></ul></li><li>• Suporte isolante de impermeabilização<ul style="list-style-type: none"><li>○ Placas de poliestireno expandido moldado (EPS);</li><li>○ Placas de poliuretano (PUR);</li><li>○ Placas de lã mineral – lã de rocha ou lã de vidro (MW);</li><li>○ Placas de aglomerado de cortiça expandida (ICB).</li></ul></li></ul>   |
| <b><u>Coberturas Inclinadas</u></b>   |
| <b>Isolamento Térmico Aplicado na Esteira Horizontal</b>  |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Sobre a esteira<ul style="list-style-type: none"><li>○ Placas de poliestireno expandido moldado (EPS);</li><li>○ Placas de poliestireno expandido extrudido (XPS);</li><li>○ Placas de poliuretano (PUR);</li><li>○ Placas e mantas de lã mineral – lã de rocha ou lã de vidro (MW);</li><li>○ Placas de aglomerado de cortiça expandida (ICB);</li><li>○ Grânulos de vermiculite expandida (VA);</li><li>○ Grânulos de argila expandida (LWA).</li></ul></li></ul>   |
| <b>Isolamento Térmico Aplicado Nas Vertentes</b>  |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Sobre a estrutura resistente<ul style="list-style-type: none"><li>○ Placas de poliestireno expandido moldado (EPS);</li><li>○ Placas de poliestireno expandido extrudido (XPS);</li><li>○ Placas de poliuretano (PUR);</li><li>○ Placas e mantas de lã mineral – lã de rocha ou lã de vidro (MW);</li><li>○ Placas de aglomerado de cortiça expandida (ICB).</li></ul></li><li>• Sob a estrutura resistente<ul style="list-style-type: none"><li>○ Placas de poliestireno expandido moldado (EPS);</li><li>○ Placas de poliestireno expandido extrudido (XPS);</li><li>○ Placas de poliuretano (PUR);</li><li>○ Placas e mantas de lã mineral – lã de rocha ou lã de vidro (MW);</li><li>○ Placas de aglomerado de cortiça expandida (ICB).</li></ul></li></ul> |

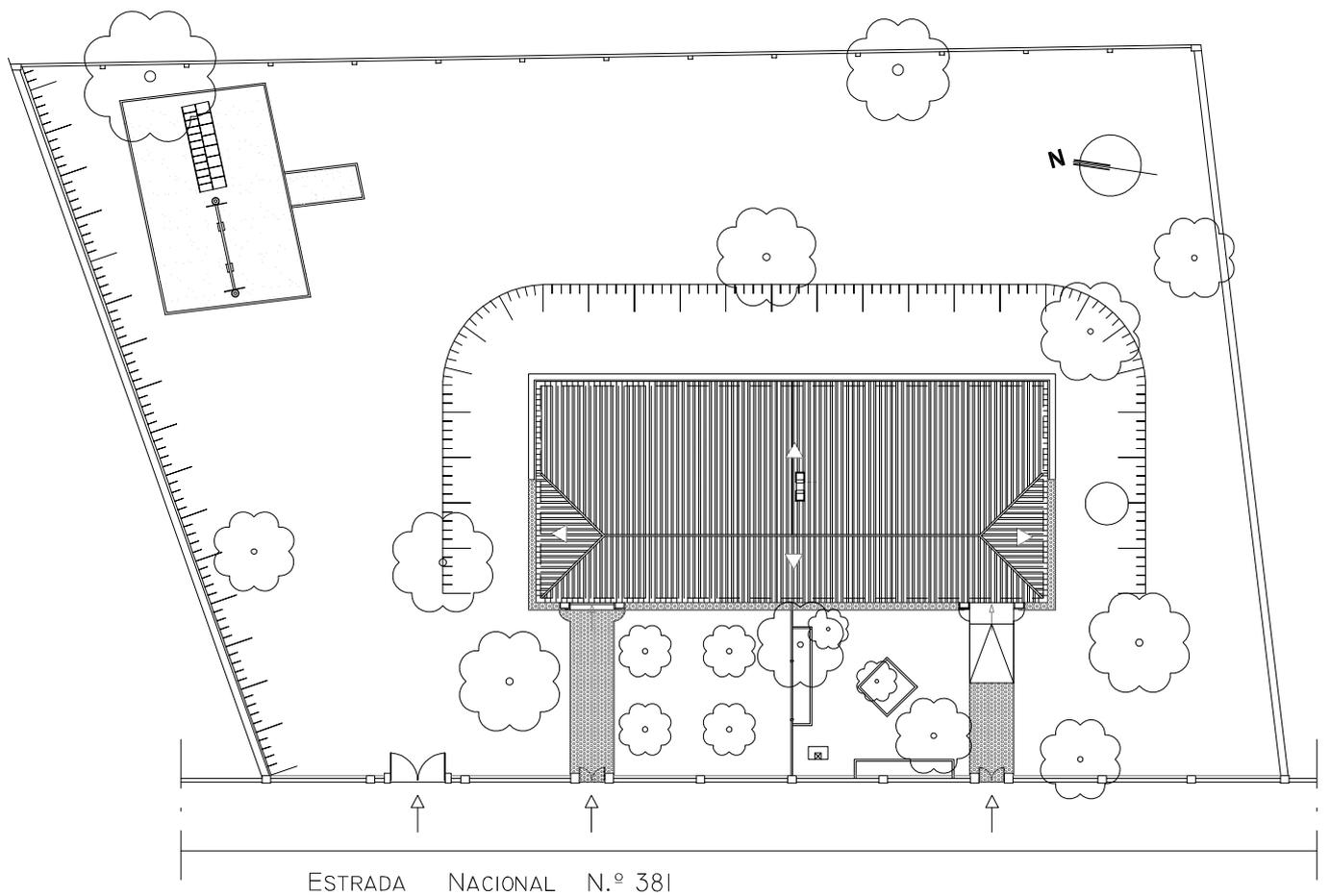
**ANEXO II**  
**EDIFÍCIO ESCOLAR DA ALDEIA DA SERRA D'OSSA**



## **II.1**

### **PROJETO DE ARQUITETURA – EXISTENTE E PROPOSTO**





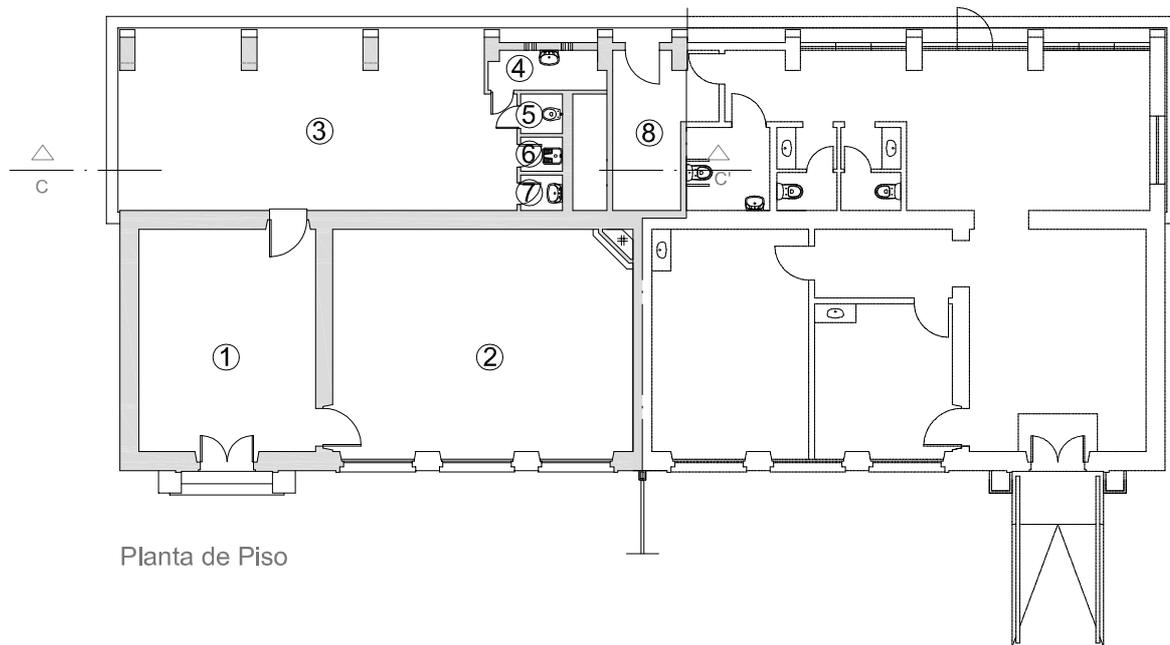
Projeto de Reconversão da Escola Primária da Aldeia da Serra Dossa em Centro de Dia

ESPECIALIDADE: Arquitetura - Levantamento do Existente

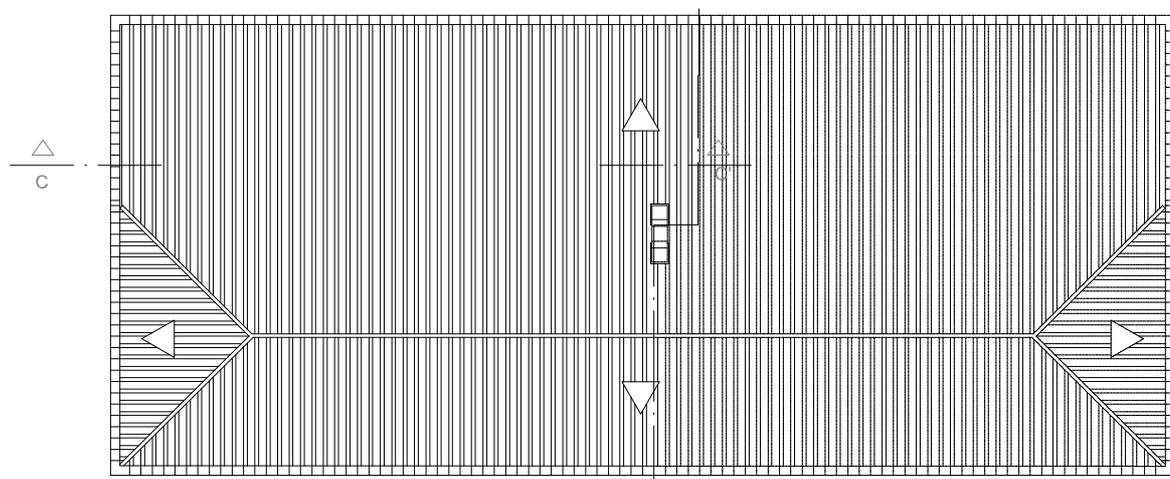
DESENHO: Planta de Implantação

ESCALA: 1/400

DES.N: 1



Planta de Piso



Planta de Cobertura

Designação / Área

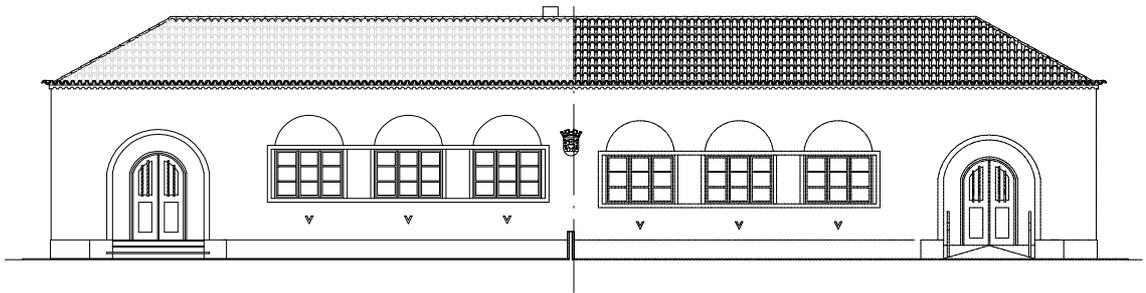
|                          |                     |
|--------------------------|---------------------|
| 1 Hall                   | 27.44m <sup>2</sup> |
| 2 Sala de Aula           | 46.60m <sup>2</sup> |
| 3 Pátio                  | 49.30m <sup>2</sup> |
| 4 Lavabos                | 3.10m <sup>2</sup>  |
| 5 Instalações Sanitárias | 1.15m <sup>2</sup>  |
| 6 Instalações Sanitárias | 1.00m <sup>2</sup>  |
| 7 Lavabos                | 1.00m <sup>2</sup>  |
| 8 Arrumos                | 7.67m <sup>2</sup>  |

Projeto de Reversão da Escola Primária da Aldeia da Serra Dossa em Centro de Dia

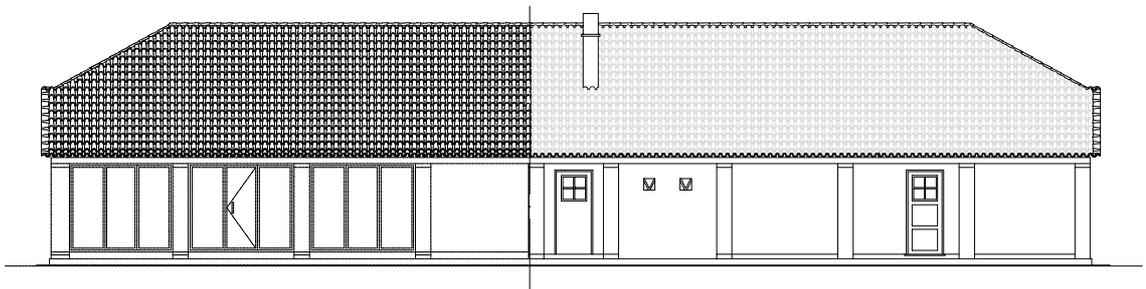
ESCALA: 1/200  
DES.N: 2

ESPECIALIDADE: Arquitetura - Levantamento do Existente

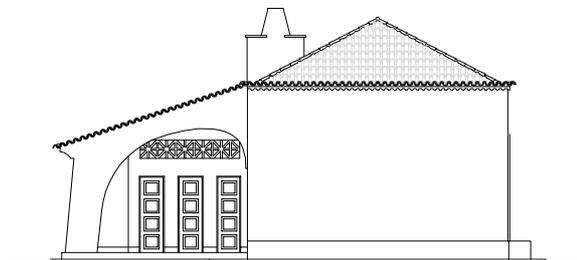
DESENHO: Planta de Piso, Planta de Cobertura



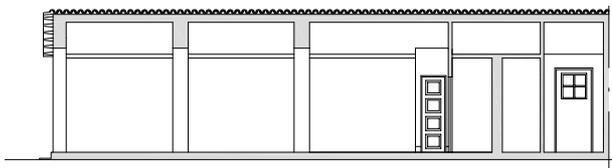
Alçado Poente



Alçado Nascente



Alçado Norte



Corte C-C'

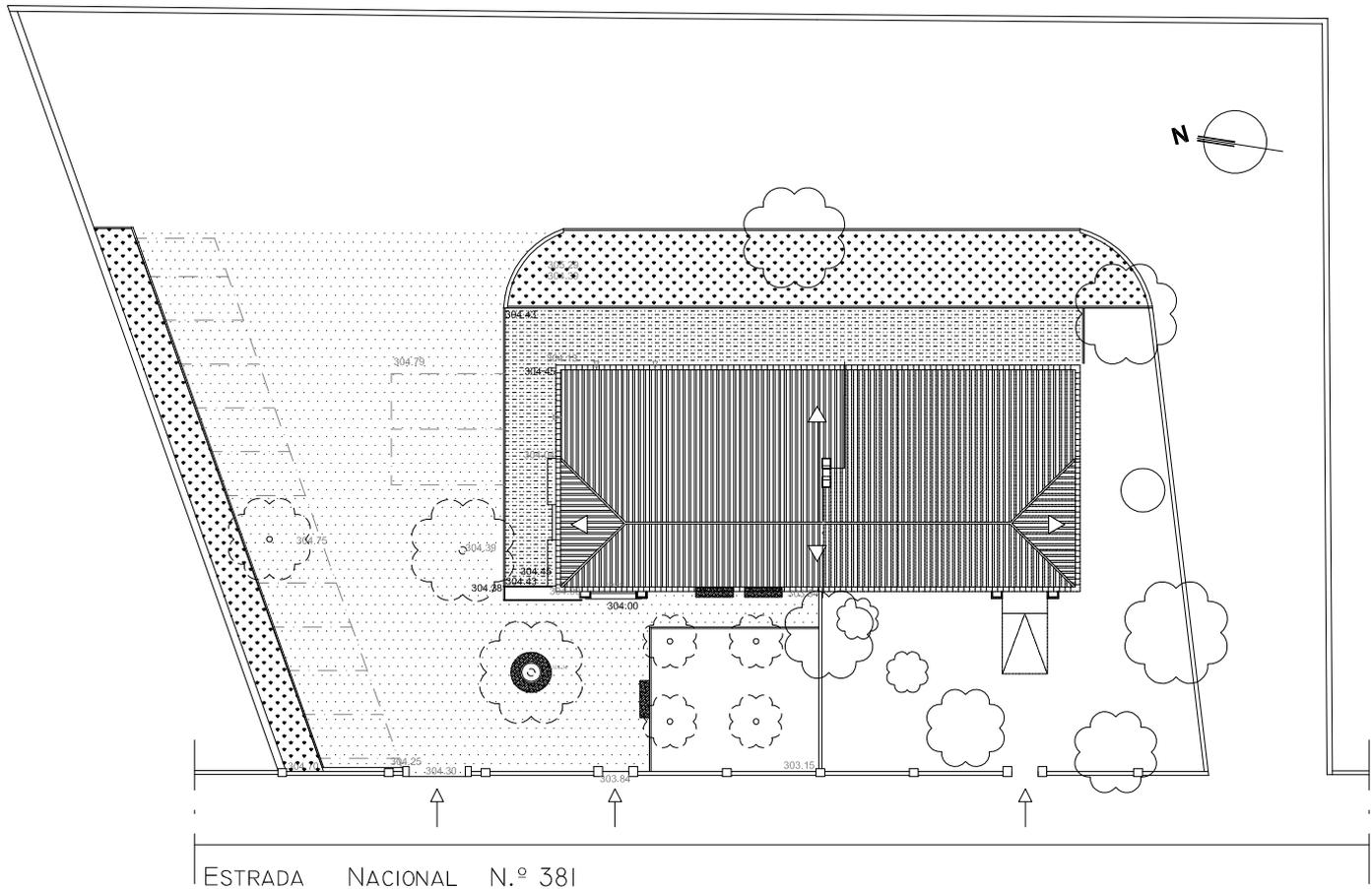
Projeto de Reconversão da Escola Primária da Aldeia da Serra Dossa em Centro de Dia

ESPECIALIDADE: Arquitetura - Levantamento do Existente

DESENHO: Alçado Poente, Alçado Nascente, Alçado Norte, Corte C-C'

ESCALA: 1/200

DES.N: 3

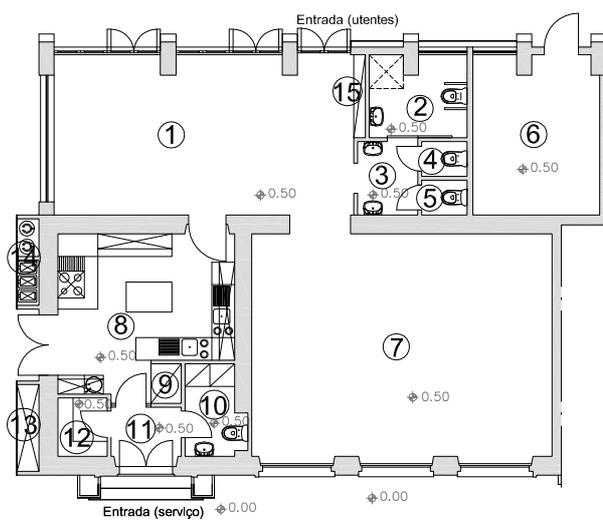


Projeto de Reconversão da Escola Primária da Aldeia da Serra Dossa em Centro de Dia

ESCALA: 1/400  
DES.N: 4

ESPECIALIDADE: Arquitetura - Proposto

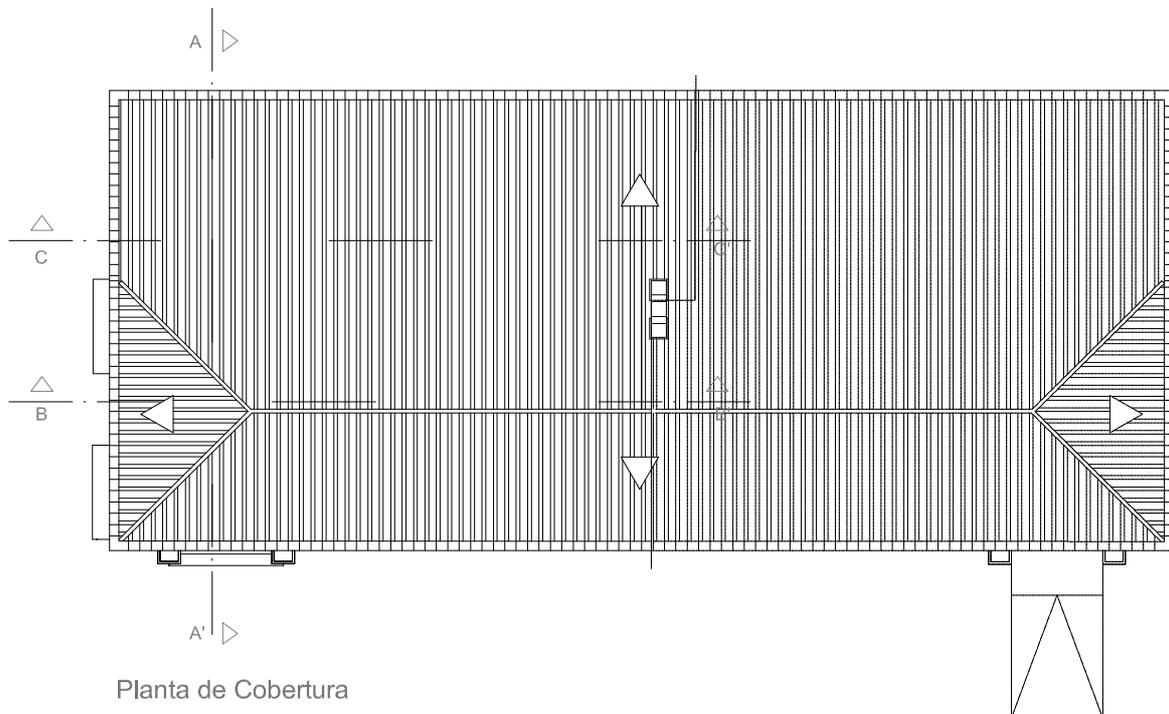
DESENHO: Planta de Implantação



Planta de Piso

Designação/Área

|    |                        |                          |
|----|------------------------|--------------------------|
| 1  | Área de Refeições      | Área 33,53m <sup>2</sup> |
| 2  | Wc c/Duche             | Área 5,68m <sup>2</sup>  |
| 3  | Lavabos                | Área 3,08m <sup>2</sup>  |
| 4  | Wc/ Homens             | Área 1,11m <sup>2</sup>  |
| 5  | Wc/ Senhoras           | Área 1,11m <sup>2</sup>  |
| 6  | Lavandaria             | Área 14,13m <sup>2</sup> |
| 7  | Área de Conv. e Activ. | Área 46,61m <sup>2</sup> |
| 8  | Cozinha                | Área 18,32m <sup>2</sup> |
| 9  | Arm. de Frio           | Área 0,84m <sup>2</sup>  |
| 10 | Wc/Vestiários          | Área 3,53m <sup>2</sup>  |
| 11 | Entrada de Serviço     | Área 2,85m <sup>2</sup>  |
| 12 | Dispensa               | Área 2,00m <sup>2</sup>  |
| 13 | Área Técnica/Arrumos   | Área 1,31m <sup>2</sup>  |
| 14 | Área Técnica/Arrumos   | Área 1,31m <sup>2</sup>  |
| 15 | Área Técnica/Arrumos   | Área 0,66m <sup>2</sup>  |



Planta de Cobertura

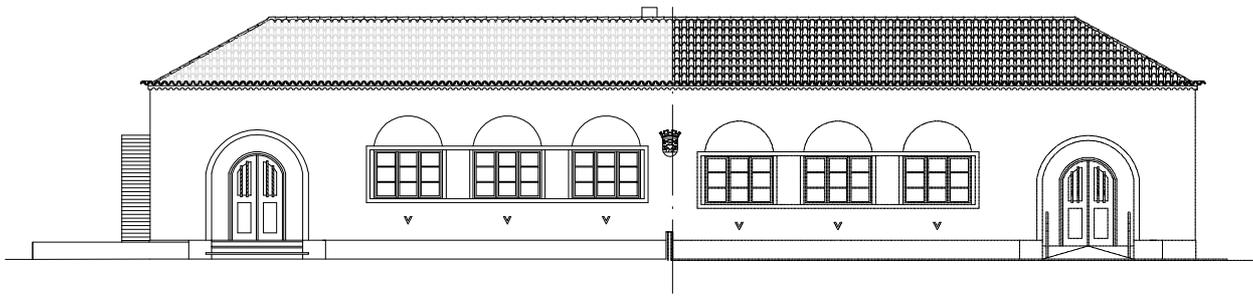
Projeto de Reconversão da Escola Primária da Aldeia da Serra Dossa em Centro de Dia

ESPECIALIDADE: Arquitetura - Proposto

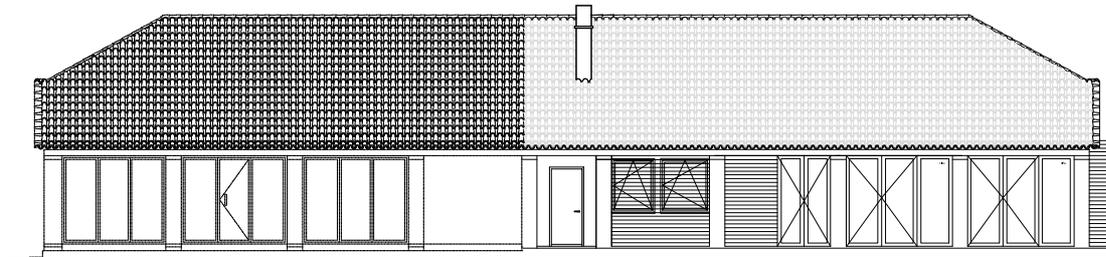
DESENHO: Planta de Piso, Planta de Cobertura

ESCALA: 1/200

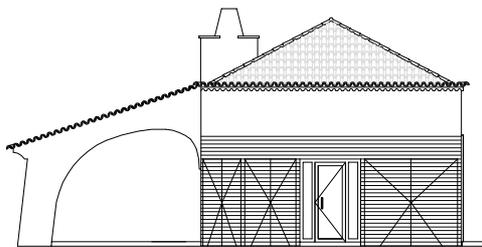
DES.N: 5



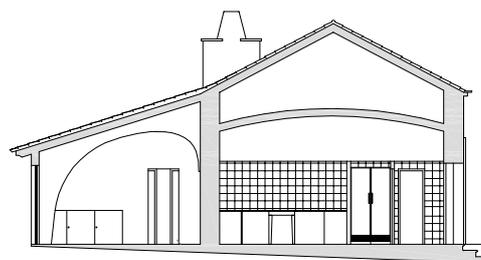
Alçado Poente



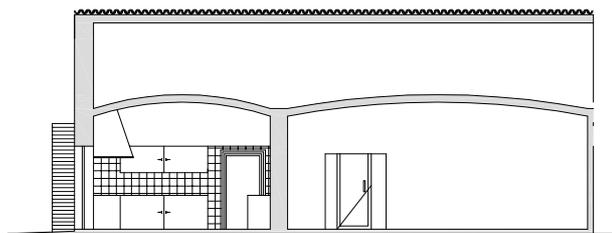
Alçado Nascente



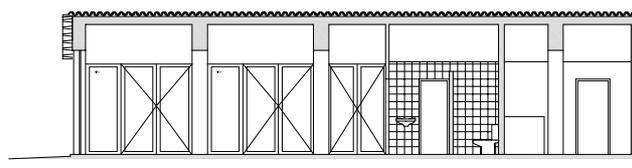
Alçado Norte



Corte A-A'



Corte B-B'



Corte C-C'

Projeto de Reconversão da Escola Primária da Aldeia da Serra Dossa em Centro de Dia

ESCALA: 1/200  
DES.N: 6

ESPECIALIDADE: Arquitetura - Proposto

DESENHO: Alçados e Cortes

## **II.2**

### **FOLHAS DE CÁLCULO DO RCCTE SITUAÇÃO EXISTENTE E SITUAÇÃO PROPOSTA**



## ESCOLA PRIMÁRIA DA ALDEIA DA SERRA D'OSSA

### Folha de Cálculo FCIV.1a Perdas associadas à Envoltente Exterior

| Paredes Exteriores                         | Área<br>(m <sup>2</sup> ) | U<br>(W/m <sup>2</sup> .°C) | U.A<br>(W/°C) |
|--|---------------------------|-----------------------------|---------------|
| Fachada oeste                              | 52,24                     | 2,68                        | 139,95        |
| Fachada este - sombreada                   | 42,82                     | 2,68                        | 114,71        |
| Fachada este                               | 12,03                     | 3,02                        | 36,36         |
| Fachada norte                              | 30,69                     | 2,68                        | 82,21         |
| Fachada norte - das instalações sanitárias | 12,05                     | 3,66                        | 44,11         |
|  |                           | TOTAL                       | 417,34        |

| Coberturas Exteriores           | Área<br>(m <sup>2</sup> ) | U<br>(W/m <sup>2</sup> .°C) | U.A<br>(W/°C) |
|---------------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------|
| Cobertura sobre as I.S do pátio | 23,63                     | 2,62                        | 61,83         |
|                                 |                           | TOTAL                       | 61,83         |

| Paredes e Pavimentos em Contacto com o Solo | Perímetro B (m) | ψ<br>(W/m.°C) | ψ.B<br>(W/°C) |
|---|-----------------|---------------|---------------|
| Pavimento em contacto com o solo            | 10,79           | 2,5           | 26,98         |
|   |                 | TOTAL         | 26,98         |

| Pontes Térmicas Lineares                             | Comp. B (m) | ψ<br>(W/m.°C) | ψ.B<br>(W/°C) |
|--|-------------|---------------|---------------|
| Ligações entre:                                      |             |               |               |
| Fachada com os pavimentos térreos                    | 10,79       | 0,5           | 5,40          |
| Fachada com os pavimentos sobre locais não aquecidos | 31,10       | 0,5           | 15,55         |
| Fachada com cobertura inclinada ou terraço           | 41,89       | 0,9           | 37,70         |
| Duas paredes verticais                               | 8,50        | 0,5           | 4,25          |
| Fachada com padieira, ombreira ou peitoril           | 18,60       | 0,5           | 9,30          |
|  |             | TOTAL         | 72,20         |

Perdas pela envoltente exterior  
da Fração Autónoma

|        |       |        |
|--------|-------|--------|
| (W/°C) | TOTAL | 578,34 |
|--------|-------|--------|

### Folha de Cálculo FCIV.1b Perdas associadas à Envoltente Interior

| Pavimentos sobre Espaços Não-úteis | Área<br>(m <sup>2</sup> ) | U<br>(W/m <sup>2</sup> .°C) | τ<br>(-) | τ.U.A<br>(W/°C) |
|------------------------------------|---------------------------|-----------------------------|----------|-----------------|
| Pavimento sobre caixa-de-ar        | 76,57                     | 1,13                        | 0,7      | 60,68           |
|                                    |                           |                             | TOTAL    | 60,68           |

| Coberturas Interiores<br>(tetos sob espaços não-úteis) | Área<br>(m <sup>2</sup> ) | U<br>(W/m <sup>2</sup> .°C) | τ<br>(-) | τ.U.A<br>(W/°C) |
|--|---------------------------|-----------------------------|----------|-----------------|
| Teto sob desvão da cobertura                           | 76,57                     | 2,89                        | 0,9      | 199,51          |
|  |                           |                             | TOTAL    | 199,51          |

Perdas pela envolvente interior  
da Fração Autónoma

(W/°C)

|       |        |
|-------|--------|
| TOTAL | 260,19 |
|-------|--------|

**Folha de Cálculo FCIV.1c**  
**Perdas Associadas aos Vãos Envidraçados Exteriores**

| Vãos Envidraçados Exteriores        | Área (m <sup>2</sup> ) | U (W/m <sup>2</sup> .°C) | U.A (W/°C) |
|-------------------------------------|------------------------|--------------------------|------------|
| Verticais:                          |                        |                          |            |
| Fachada oeste (poente)              | 7,02                   | 5,10                     | 35,80      |
| Fachada este (nascente) - Sombreada | 0,46                   | 5,10                     | 2,32       |
| Fachada este (nascente)             | 0,46                   | 5,10                     | 2,32       |
|                                     |                        | TOTAL                    | 40,45      |

**Folha de Cálculo FC IV.1d**  
**Perdas associadas à Renovação de Ar**

|                        |                                     |                   |
|------------------------|-------------------------------------|-------------------|
| Área Útil de Pavimento | <input type="text" value="100,74"/> | (m <sup>2</sup> ) |
|                        | x                                   |                   |
| Pé-direito médio       | <input type="text" value="3,2"/>    | (m)               |
|                        | =                                   |                   |
| Volume interior (V)    | <input type="text" value="322,38"/> | (m <sup>3</sup> ) |

VENTILAÇÃO NATURAL *(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)*

Cumpre a NP 1037-1? (S ou N)  se SIM: RPH =

Se NÃO:

|   |                                  |   |                            |                 |  |
|---|----------------------------------|---|----------------------------|-----------------|--|
| Classe da Caixilharia (s/c, 1, 2 ou 3)                      | <input type="text" value="s/c"/> | <table border="1"> <tr> <td>Taxa de Renovação Nominal:</td> </tr> <tr> <td>Ver Quadro IV.1</td> </tr> <tr> <td>RPH= <input type="text" value="0,95"/></td> </tr> </table> | Taxa de Renovação Nominal: | Ver Quadro IV.1 | RPH= <input type="text" value="0,95"/> |
| Taxa de Renovação Nominal:                                  |                                  |   |                            |                 |  |
| Ver Quadro IV.1   |                                  |   |                            |                 |  |
| RPH= <input type="text" value="0,95"/>                      |                                  |   |                            |                 |  |
| Caixas de Estore (S ou N)                                   | <input type="text" value="N"/>   |   |                            |                 |  |
| Classe de Exposição (1, 2, 3 ou 4) <i>(Ver Quadro IV.2)</i> | <input type="text" value="2"/>   |   |                            |                 |  |
| Aberturas Auto-reguladas? (S ou N)                          | <input type="text" value="N"/>   |   |                            |                 |  |
| Área de envidraçados > 15% Ap? (S ou N)                     | <input type="text" value="N"/>   |   |                            |                 |  |
| Portas Exteriores bem vedadas? (S ou N)                     | <input type="text" value="N"/>   |   |                            |                 |  |

|                           |                                     |
|---------------------------|-------------------------------------|
| Volume                    | <input type="text" value="322,38"/> |
|                           | x                                   |
| Taxa de Renovação Nominal | <input type="text" value="0,95"/>   |
|                           | x                                   |
|                           | <input type="text" value="0,34"/>   |
|                           | =                                   |
| TOTAL                     | <input type="text" value="104,13"/> |

(W/°C)

**Folha de Cálculo FC IV.1e**  
**Ganhos Úteis na Estação de Aquecimento (Inverno)**

Ganhos Solares:

| Orientação do vão envidraçado | Tipo (simples ou duplo) | Área A (m <sup>2</sup> ) | Fator de orientação X (-) | Fator Solar do vidro g (-) | Fator de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff | Fração Envidraçada Fg (-) | Fator de Sel. Angular Fw (-) | Área Efetiva Ae (m <sup>2</sup> ) |
|-------------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|------------------------------------|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| Oeste                         | Simples                 | 7,02                     | 0,56                      | 0,7                        | 0,76                               | 0,57                      | 0,9                          | 1,07                              |
| Este - Somb                   | Simples                 | 0,46                     | 0,56                      | 0,7                        | 0,43                               | 0,57                      | 0,9                          | 0,04                              |
| Este                          | Simples                 | 0,46                     | 0,56                      | 0,7                        | 0,76                               | 0,57                      | 0,9                          | 0,07                              |

|  |        |
|--|--------|
| Área efetiva total equivalente na orientação Sul (m <sup>2</sup> )   | 1,18   |
|  | x      |
| Radiação incidente num envidraçado a Sul (G <sub>sol</sub> ) na zona <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">11</span> do Quadro III. 8 (Anexo III) - (kWh/m <sup>2</sup> .mês) | 108    |
|  | x      |
| Duração da estação de aquecimento - do Quadro III.1 (meses)  | 6      |
|  | =      |
| Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)  | 761,99 |

Ganhos Internos

|                                   |               |        |                     |
|-----------------------------------|---------------|--------|---------------------|
| Ganhos internos médios            | (Quadro IV.3) | 2      | (W/m <sup>2</sup> ) |
|                                   |               | x      |                     |
| Duração da Estação de Aquecimento |               | 6,00   | (meses)             |
|                                   |               | x      |                     |
| Área Útil de pavimento            |               | 100,74 | (m <sup>2</sup> )   |
|                                   |               | x      |                     |
|                                   |               | 0,72   |                     |
|                                   |               | =      |                     |
| Ganhos Internos Brutos            |               | 870,42 | (kWh/ano)           |

Ganhos Úteis Totais:

$$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos} + \text{Ganhos Internos Brutos}}{\text{Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}} = \frac{1632,41}{33032,33}$$

Inércia do edifício: 3      a = 4,2       $\gamma =$  0,0494185  
(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)

|  |     |            |
|--|-----|------------|
| Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos       | (η) | 0,99999748 |
|  |     | x          |
| Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos |     | 1632,41    |
|  |     | =          |
| Ganhos Úteis Totais (kWh/ano)                  |     | 1632,40    |

**Folha de Cálculo FC IV.1f**  
**Valor Máximo das Necessidades de Aquecimento (Ni)**

|                         |                             |                |
|-------------------------|-----------------------------|----------------|
| Fator de forma          |                             |                |
| De FCIV.1a e FCIV.1c:   | (Áreas)                     | m <sup>2</sup> |
| Paredes exteriores      |                             | 149,82         |
| Coberturas exteriores   |                             | 23,63          |
| Envidraçados exteriores |                             | 7,93           |
| De FCIV.1b:             | (Áreas equivalentes, A . τ) |                |
| Coberturas interiores   |                             | 68,92          |
| Pavimentos interiores   |                             | 53,60          |
| Área total:             |                             | 303,89         |
| Volume (de FCIV.1d):    |                             | /              |
|                         |                             | 322,38         |
|                         |                             | =              |
| FF                      |                             | 0,94           |

Graus-dias no local (°C.dia)                      (do Quadro III.1)                      1400

|   |                   |          |
|---|-------------------|----------|
| Ni = 4,5 + 0,0395 GD                            | Para FF < 0,5     | Auxiliar |
| Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD                 | Para 0,5 < FF < 1 | 59,8     |
| Ni = [4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD] (1,2 - 0,2FF) | Para 1 < FF < 1,5 | 82,73    |
| Ni = 4,05 + 0,06885 GD                          | Para FF > 1,5     | 83,67    |
|   |                   | 100,44   |

**Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m2.ano)**                      82,73

**Folha de Cálculo FC IV.2**  
**Cálculo do Indicador Nic**

| Perdas térmicas associadas a:    | (W/°C) |
|----------------------------------|--------|
| Envolvente Exterior (de FCIV.1a) | 578,34 |
| Envolvente Interior (de FCIV.1b) | 260,19 |
| Vãos Envidraçados (de FCIV.1c)   | 40,45  |
| Renovação de Ar (de FCIV.1d)     | 104,13 |

|  |          |
|--|----------|
|  | =        |
| Coefficiente Global de Perdas (W/°C)                           | 983,11   |
|  | x        |
| Graus-dias no Local (°C.dia)                                   | 1400,00  |
|  | x        |
|  | 0,024    |
|  | =        |
| Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)                   | 33032,33 |
|  | -        |
| Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (de FCIV.1e)                     | 1632,40  |
|  | =        |
| Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)                          | 31399,93 |
|  | /        |
| Área Útil de Pavimento (m <sup>2</sup> )                       | 100,74   |
|  | =        |
| Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)   | 311,68   |
|  | ≤        |
| Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m <sup>2</sup> .ano) | 82,76    |

Não verifica K.O.

Nic/Ni = 381,98%

### Folha de cálculo FCV.1a

#### Perdas

|   |           |        |        |
|---|-----------|--------|--------|
| Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)       | (FCIV.1a) | 417,34 | (W/°C) |
|   |           | +      |        |
| Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)   | (FCIV.1a) | 0,00   | (W/°C) |
|   |           | +      |        |
| Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)    | (FCV.1b)  | 52,26  | (W/°C) |
|   |           | +      |        |
| Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A) | (FCV.1b)  | 40,45  | (W/°C) |
|   |           | +      |        |
| Perdas associadas à renovação do ar                 | (FCIV.1d) | 104,13 | (W/°C) |
|   |           | =      |        |
| Perdas específicas totais                           | (Q1a)     | 614,18 | (W/°C) |

|   |       |         |        |
|---|-------|---------|--------|
| Temperatura interior de referência  |       | 25      | (°C)   |
|   |       | -       |        |
| Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9) |       | 23      | (°C)   |
|   |       | =       |        |
| Diferença de temperatura interior-exterior                                  |       | 2       |        |
|   |       | x       |        |
| Perdas específicas totais   | (Q1a) | 614,18  | (W/°C) |
|   |       | x       |        |
|   |       | 2,928   |        |
|   |       | =       |        |
| Perdas térmicas totais  | (Q1b) | 3596,65 | (kWh)  |

### Folha de Cálculo FC V.1b

#### Perdas associadas a Coberturas e Envidraçados Exteriores (Verão)

##### Perdas associadas às coberturas exteriores

| Coberturas Exteriores                              | Área (m <sup>2</sup> ) | U (W/m <sup>2</sup> °C) | U.A (W/°C) |
|--|------------------------|-------------------------|------------|
| Cobertura sobre as instalações sanitárias do pátio | 23,63                  | 2,21                    | 52,26      |
|  |                        | TOTAL                   | 52,26      |

##### Perdas associadas aos envidraçados exteriores

| Envidraçados Exteriores             | Área (m <sup>2</sup> ) | U (W/m <sup>2</sup> °C) | U.A (W/°C) |
|-------------------------------------|------------------------|-------------------------|------------|
| Verticais:                          |                        |                         |            |
| Fachada Oeste (Poente)              | 7,02                   | 5,1                     | 35,80      |
| Fachada Este (Nascente) - Sombreada | 0,456                  | 5,1                     | 2,33       |
| Fachada Este (Nascente)             | 0,456                  | 5,1                     | 2,33       |
|                                     |                        | TOTAL                   | 40,45      |

**Folha de Cálculo FC V.1c**  
**Ganhos Solares pela Envolvente Opaca**

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL *(inclui paredes e cobertura)*

| Orientação   | Oeste   | Este   | Este   | Norte  | Norte  | Cobertura       |
|--|---------|--------|--------|--------|--------|-----------------|
| Área, A (m <sup>2</sup> )  | 52,24   | 42,82  | 12,03  | 30,69  | 12,05  | 23,63           |
|  | x       | x      | x      | x      | x      | x               |
| U (W/m <sup>2</sup> °C)  | 2,68    | 2,68   | 3,02   | 2,68   | 3,66   | 2,2             |
|  | x       | x      | x      | x      | x      | x               |
| Coeficiente de absorção, α (Quadro V.5)  | 0,4     | 0,4    | 0,4    | 0,4    | 0,4    | 0,5             |
|  | =       | =      | =      | =      | =      | =               |
| α.U.A (W/°C)   | 55,98   | 45,89  | 14,54  | 32,88  | 17,64  | 26,13           |
|  | x       | x      | x      | x      | x      | x               |
| Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m <sup>2</sup> ) (Quadro III.9) | 460     | 210    | 460    | 210    | 210    | 820             |
|  | x       | x      | x      | x      | x      | x               |
|  | 0,04    | 0,04   | 0,04   | 0,04   | 0,04   | 0,04            |
|  | =       | =      | =      | =      | =      | =               |
| Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior                                  | 1030,04 | 385,44 | 267,61 | 276,22 | 148,21 | 857,04<br>(kWh) |

**Folha de Cálculo FC V.1d**  
**Ganhos Solares pelos Envidraçados Exteriores**

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL

| Orientação  | Oeste  | Este  | Este  |                       |
|---|--------|-------|-------|-----------------------|
| Área, A (m <sup>2</sup> )   | 7,02   | 0,46  | 0,46  |                       |
|   | x      | x     | x     |                       |
| Fator solar do vão envidraçado<br>(protecção solar activada a 70%)                | 0,36   | 0,7   | 0,7   |                       |
|   | x      | x     | x     |                       |
| Fração envidraçada, Fg (Quadro IV.5)  | 0,57   | 0,57  | 0,57  |                       |
|   | x      | x     | x     |                       |
| Fator de obstrução, Fs  | 0,9    | 0,53  | 0,9   |                       |
|   | x      | x     | x     |                       |
| Fator de seletividade do vidro, Fw (Quadro V.3)                                   | 0,9    | 0,9   | 0,9   |                       |
|   | =      | =     | =     |                       |
| Área Efetiva, Ae  | 1,17   | 0,09  | 0,15  |                       |
|   | x      | x     | x     |                       |
| Int. de rad. solar na estação de arrefec.<br>(kWh/m <sup>2</sup> ) (Quadro III.9) | 460    | 460   | 460   |                       |
|   | =      | =     | =     |                       |
| Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores                                 | 536,73 | 39,77 | 67,79 | TOTAL<br>644,30 (KWh) |

**Folha de cálculo FC V.1e**  
**Ganhos Internos**

|   |         |       |
|---|---------|-------|
| Ganhos Internos médios (W/m <sup>2</sup> )<br>(Quadro IV.3) | 2       |       |
|   | x       |       |
| Área Útil de Pavimento (m <sup>2</sup> )                    | 100,743 |       |
|   | x       |       |
|   | 2,928   |       |
|   | =       |       |
| Ganhos internos Totais                                      | 589,951 | (KWh) |

**Folha de cálculo FC V.1f**  
**Ganhos Totais na estação de arrefecimento (verão)**

|   |         |       |
|---|---------|-------|
| Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores<br>(FCV.1d) | 644,30  | (KWh) |
|   | +       |       |
| Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior<br>(FCV.1c)     | 2964,56 | (KWh) |
|   | +       |       |
| Ganhos internos<br>(FCV.1e)                                   | 589,95  | (KWh) |
|   | =       |       |
| Ganhos Térmicos Totais  | 4198,80 | (KWh) |

**Folha de cálculo FCV.1g**  
**Valor das Necessidades Nominais de Arrefecimento (Nvc)**

|   |  |         |       |
|---|--|---------|-------|
| Ganhos Térmicos Totais<br>(FCV.1f)                  |  | 4198,80 | (kWh) |
|   |  | /       |       |
| Perdas Térmicas Totais<br>(FCV.1a)                  |  | 3596,65 | (kWh) |
|   |  | =       |       |
| Relação Ganhos-Perdas                               | <b>γ</b>                                       | 1,17    |       |
| Inércia do edifício                                 | <i>(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)</i> | 3       |       |
|   |  | 1       |       |
|   |  | -       |       |
| Fator de utilização dos ganhos, η<br>(Gráfico IV.1) |  | 0,74    |       |
|   |  | =       |       |
|   |  | 0,26    |       |
|   |  | x       |       |

|   |         |   |
|---|---------|---|
| Ganhos Térmicos Totais<br>(FCV.1f)  | 4198,80 | (kWh)                                       |
|   | =       |   |
| Necessidades Brutas de Arrefecimento  | 1089,11 | (kWh/ano)                                   |
|   | +       |   |
| Consumo dos ventiladores<br>(se houver, exaustor da cozinha excluído)                         |         | ( $E_v = P_v \times 24 \times 0,122$ (kWh)) |
|   | =       |   |
| TOTAL   | 1089,11 | (kWh/ano)                                   |
|   | /       |   |
| Área Útil de Pavimento (m <sup>2</sup> )  | 100,74  |   |
|   | =       |   |
| Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc  | 10,81   | (kWh/m <sup>2</sup> .ano)                   |
|   | ≤       |   |
| Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv<br>(N <sup>o</sup> 2 do Artigo 15 <sup>o</sup> ) | 32      | (kWh/m <sup>2</sup> .ano)                   |
| Verifica  | O.K.    |   |
| Nvc/Nv (%) =  | 33,78   |   |

#### Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária

|  |        |
|--|--------|
| N <sup>o</sup> de ocupantes (Quadro VI.1)  | 15,00  |
| Consumo médio diário de referência de AQS ( $M_{AQS}$ )<br>(edifícios residenciais - 40 litros/ocupante) | 45,00  |
| Aumento de temperatura necessário ( $\Delta T$ )<br>(considerar igual a 45 <sup>o</sup> C)               | 45,00  |
| Número anual de dias de consumo ( $n_d$ )<br>(Quadro VI.2)   | 261,00 |
| Energia despendida com sistemas convencionais ( $Q_a$ )  | 614,70 |
| Eficiência de conversão do sistema de preparação de AQS ( $\eta_a$ )<br>(Ponto 3 do Anexo VI)            | 0,50   |

Necessidades de energia para preparação de AQS,  $N_{ac}$

12,20

Valor máximo para as nec. de energia para preparação de AQS,  $N_a$

9,44

$N_{ac} \leq N_a$ ? Não verifica

### Necessidades Globais de Energia Primária

|                                     |        |
|-------------------------------------|--------|
| $N_i$ (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)    | 82,73  |
| $N_{ic}$ (kW.h/m <sup>2</sup> .ano) | 311,68 |
| $N_v$ (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)    | 32,00  |
| $N_{vc}$ (kW.h/m <sup>2</sup> .ano) | 10,81  |
| $N_a$ (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)    | 9,44   |
| $N_{ac}$ (kW.h/m <sup>2</sup> .ano) | 12,20  |
| $\eta_i$                            | 1,00   |
| $\eta_v$                            | 3,00   |
| $F_{pui}$ (kgep/kW.h)               | 0,290  |
| $F_{p_{uv}}$ (kgep/kW.h)            | 0,290  |
| $F_{p_{ua}}$ (kgep/kW.h)            | 0,086  |

Necessidades nominais globais de energia primária,  $N_{tc}$

10,19

(kgep/m<sup>2</sup>.ano)

Valor máximo das nec. nominais globais de energia primária,  $N_t$

2,31

(kgep/m<sup>2</sup>.ano)

$N_{tc} \leq N_t$ ? Não verifica



## CENTRO DE DIA DA ALDEIA DA SERRA D'OSSA

### Folha de Cálculo FCIV.1a Perdas associadas à Envoltente Exterior

| Paredes Exteriores      | Área<br>(m <sup>2</sup> ) | U<br>(W/m <sup>2</sup> .°C) | U.A<br>(W/°C) |
|-------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------|
| Fachada oeste (poente)  | 52,24                     | 0,48                        | 24,81         |
| Fachada este (nascente) | 6,50                      | 0,48                        | 3,09          |
| Fachada este (nascente) | 8,13                      | 0,41                        | 3,32          |
| Fachada norte           | 31,67                     | 0,48                        | 15,04         |
|                         |                           | TOTAL                       | 46,27         |

| Coberturas Exteriores                 | Área<br>(m <sup>2</sup> ) | U<br>(W/m <sup>2</sup> .°C) | U.A<br>(W/°C) |
|---------------------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------|
| Cobertura exterior - I.S e lavandaria | 83,28                     | 0,53                        | 44,22         |
|                                       |                           | TOTAL                       | 44,22         |

| Pontes térmicas lineares<br>Ligações entre:          | Comp.<br>B (m) | ψ<br>(W/m.°C) | ψ.B<br>(W/°C) |
|--|----------------|---------------|---------------|
| Fachada com os pavimentos térreos                    | 19,51          | 0,30          | 5,85          |
| Fachada com os pavimentos sobre locais não aquecidos | 20,65          | 0,30          | 6,19          |
| Fachada com cobertura inclinada ou terraço           | 20,65          | 0,75          | 15,49         |
| Fachada com cobertura inclinada ou terraço           | 20,13          | 0,75          | 15,09         |
| Duas paredes verticais                               | 8,40           | 0,25          | 2,10          |
|  |                | TOTAL         | 44,73         |

Perdas pela envolvente exterior  
da Fração Autónoma

|        |       |        |
|--------|-------|--------|
| (W/°C) | TOTAL | 135,22 |
|--------|-------|--------|

### Folha de Cálculo FCIV.1b Perdas associadas à Envoltente Interior

| Pavimentos sobre Espaços Não-úteis | Área<br>(m <sup>2</sup> ) | U<br>(W/m <sup>2</sup> .°C) | τ<br>(-) | τ.U.A<br>(W/°C) |
|------------------------------------|---------------------------|-----------------------------|----------|-----------------|
| Pavimento sobre caixa-de-ar        | 76,57                     | 0,65                        | 0,7      | 34,57           |
|                                    |                           |                             | TOTAL    | 34,57           |

| Coberturas Interiores<br>(tetos sob espaços não-úteis) | Área<br>(m <sup>2</sup> ) | U<br>(W/m <sup>2</sup> .°C) | τ<br>(-) | τ.U.A<br>(W/°C) |
|--|---------------------------|-----------------------------|----------|-----------------|
| Teto sob desvão da cobertura                           | 76,57                     | 0,54                        | 0,9      | 37,35           |
|  |                           |                             | TOTAL    | 37,35           |

Perdas pela envolvente interior  
da Fração Autónoma

|        |       |       |
|--------|-------|-------|
| (W/°C) | TOTAL | 71,93 |
|--------|-------|-------|

**Folha de Cálculo FCIV.1c**  
**Perdas Associadas aos Vãos Envidraçados Exteriores**

| Vãos Envidraçados Exteriores | Área<br>(m <sup>2</sup> ) | U<br>(W/m <sup>2</sup> .°C) | U.A<br>(W/°C) |
|------------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------|
| Verticais:                   |                           |                             |               |
| Fachada oeste (poente)       | 7,02                      | 1,32                        | 9,27          |
| Fachada este (nascente)      | 20,34                     | 1,32                        | 26,85         |
| Fachada norte                | 14,43                     | 1,32                        | 19,04         |
|                              |                           | TOTAL                       | 55,16         |

**Folha de Cálculo FC IV.1d**  
**Perdas associadas à Renovação de Ar**

|                        |                                     |                   |
|------------------------|-------------------------------------|-------------------|
| Área Útil de Pavimento | <input type="text" value="136,12"/> | (m <sup>2</sup> ) |
|                        | x                                   |                   |
| Pé-direito médio       | <input type="text" value="3,2"/>    | (m)               |
|                        | =                                   |                   |
| Volume interior (V)    | <input type="text" value="435,57"/> | (m <sup>3</sup> ) |

*(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)*

**VENTILAÇÃO NATURAL**

Cumpre a NP 1037-1? (S ou N)  se SIM: RPH =

Se NÃO:

|  |                                |   |                            |                 |  |
|--|--------------------------------|---|----------------------------|-----------------|--|
| Classe da Caixilharia (s/c, 1, 2 ou 3)                         | <input type="text" value="3"/> | <table border="1"> <tr> <td>Taxa de Renovação Nominal:</td> </tr> <tr> <td>Ver Quadro IV.1</td> </tr> <tr> <td>RPH= <input type="text" value="0,85"/></td> </tr> </table> | Taxa de Renovação Nominal: | Ver Quadro IV.1 | RPH= <input type="text" value="0,85"/> |
| Taxa de Renovação Nominal:                                     |                                |   |                            |                 |  |
| Ver Quadro IV.1  |                                |   |                            |                 |  |
| RPH= <input type="text" value="0,85"/>                         |                                |   |                            |                 |  |
| Caixas de Estore (S ou N)                                      | <input type="text" value="N"/> |   |                            |                 |  |
| Classe de Exposição (1, 2, 3 ou 4)<br><i>(Ver Quadro IV.2)</i> | <input type="text" value="2"/> |   |                            |                 |  |
| Aberturas Auto-reguladas? (S ou N)                             | <input type="text" value="N"/> |   |                            |                 |  |
| Área de envidraçados > 15% Ap? (S ou N)                        | <input type="text" value="S"/> |   |                            |                 |  |
| Portas Exteriores bem vedadas? (S ou N)                        | <input type="text" value="S"/> |   |                            |                 |  |

Volume

Taxa de Renovação Nominal

x

=

TOTAL  (W/°C)

**Folha de Cálculo FC IV.1e**  
**Ganhos Úteis na Estação de Aquecimento (Inverno)**

Ganhos Solares:

| Orientação do vão envidraçado | Tipo (simples ou duplo) | Área A (m <sup>2</sup> ) | Fator de orientação X (-) | Fator Solar do vidro g (-) | Fator de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff | Fração Envidraçada Fg (-) | Fator de Sel. Angular Fw (-) | Área Efetiva Ae (m <sup>2</sup> ) |
|-------------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|------------------------------------|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| Oeste                         | Duplo                   | 7,02                     | 0,56                      | 0,6                        | 0,76                               | 0,6                       | 0,9                          | 0,96                              |
| Este                          | Duplo                   | 20,34                    | 0,56                      | 0,6                        | 0,76                               | 0,7                       | 0,9                          | 3,26                              |
| Norte                         | Duplo                   | 14,423                   | 0,27                      | 0,6                        | 0,90                               | 0,7                       | 0,9                          | 1,33                              |

|  |         |
|--|---------|
| Área efetiva total equivalente na orientação Sul (m <sup>2</sup> )   | 5,54    |
|  | x       |
| Radiação incidente num envidraçado a Sul (G <sub>sul</sub> ) na zona <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">I1</span> do Quadro III. 8 (Anexo III) - (kWh/m <sup>2</sup> .mês) | 108     |
|  | x       |
| Duração da estação de aquecimento - do Quadro III.1 (meses)  | 6       |
|  | =       |
| Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)  | 3592,24 |

Ganhos Internos

|                                      |         |                     |
|--------------------------------------|---------|---------------------|
| Ganhos internos médios (Quadro IV.3) | 7       | (W/m <sup>2</sup> ) |
|                                      | x       |                     |
| Duração da Estação de Aquecimento    | 6,00    | (meses)             |
|                                      | x       |                     |
| Área Útil de pavimento               | 136,12  | (m <sup>2</sup> )   |
|                                      | x       |                     |
|                                      | 0,72    |                     |
|                                      | =       |                     |
| Ganhos Internos Brutos               | 4116,15 | (kWh/ano)           |

Ganhos Úteis Totais:

$$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos} + \text{Ganhos Internos Brutos}}{\text{Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}} = \frac{7708,38}{13043,09}$$

Inércia do edifício: 2      a = 2,6       $\gamma = \text{0,590999363}$   
(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)

Fator de Utilização dos Ganhos Térmicos (η) 0,89042163

Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos 7708,38

Ganhos Úteis Totais (kWh/ano) 6762,86

**Folha de Cálculo FC IV.1f**  
**Valor Máximo das Necessidades de Aquecimento (Ni)**

|                         |                            |                |
|-------------------------|----------------------------|----------------|
| Fator de forma          |                            |                |
| De FCIV.1a e FCIV.1c:   | (Áreas)                    | m <sup>2</sup> |
| Paredes exteriores      |                            | 98,54          |
| Coberturas exteriores   |                            | 83,28          |
| Envidraçados exteriores |                            | 41,79          |
| De FCIV.1b:             | (Áreas equivalentes, A .τ) |                |
| Coberturas interiores   |                            | 68,92          |
| Pavimentos interiores   |                            | 53,60          |
| Área total:             |                            | 346,13         |
| Volume (de FCIV.1d):    |                            | /              |
|                         |                            | 435,57         |
|                         |                            | =              |
| FF                      |                            | 0,79           |

Graus-dias no local (°C.dia)      (do Quadro III.1)      1400

|  |                     |                  |
|--|---------------------|------------------|
| $N_i = 4,5 + 0,0395 \text{ GD}$                            | Para $FF < 0,5$     | Auxiliar<br>59,8 |
| $N_i = 4,5 + (0,021 + 0,037FF) \text{ GD}$                 | Para $0,5 < FF < 1$ | 75,06            |
| $N_i = [4,5 + (0,021 + 0,037FF) \text{ GD}] (1,2 - 0,2FF)$ | Para $1 < FF < 1,5$ | 78,15            |
| $N_i = 4,05 + 0,06885 \text{ GD}$                          | Para $FF > 1,5$     | 100,44           |

Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m<sup>2</sup>.ano)      75,06

**Folha de Cálculo FC IV.2**  
**Cálculo do Indicador Nic**

| Perdas térmicas associadas a:    | (W/°C) |
|----------------------------------|--------|
| Envolvente Exterior (de FCIV.1a) | 135,22 |
| Envolvente Interior (de FCIV.1b) | 71,96  |
| Vãos Envidraçados (de FCIV.1c)   | 55,16  |
| Renovação de Ar (de FCIV.1d)     | 125,88 |

|  |          |
|--|----------|
|  | =        |
| Coefficiente Global de Perdas (W/°C)                           | 388,19   |
|  | x        |
| Graus-dias no Local (°C.dia)                                   | 1400,00  |
|  | x        |
|  | 0,024    |
|  | =        |
| Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)                   | 13043,09 |
|  | -        |
| Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (de FCIV.1e)                     | 6762,86  |
|  | =        |
| Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)                          | 6380,23  |
|  | /        |
| Área Útil de Pavimento (m <sup>2</sup> )                       | 136,12   |
|  | =        |
| Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)   | 46,14    |
|  | ≤        |
| Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m <sup>2</sup> .ano) | 75,06    |

Verifica

O.K.

Nic/Ni = 61,47%

**Folha de cálculo FCV.1a**  
**Perdas**

|   |           |        |        |
|---|-----------|--------|--------|
| Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)       | (FCIV.1a) | 46,27  | (W/°C) |
|   |           | +      |        |
| Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)   | (FCIV.1a) | 0,00   | (W/°C) |
|   |           | +      |        |
| Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)    | (FCV.1b)  | 42,64  | (W/°C) |
|   |           | +      |        |
| Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A) | (FCV.1b)  | 55,16  | (W/°C) |
|   |           | +      |        |
| Perdas associadas à renovação do ar                 | (FCIV.1d) | 140,69 | (W/°C) |
|   |           | =      |        |
| Perdas específicas totais                           | (Q1a)     | 284,76 | (W/°C) |

|   |       |         |        |
|---|-------|---------|--------|
| Temperatura interior de referência  |       | 25      | (°C)   |
|   |       | -       |        |
| Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9) |       | 23      | (°C)   |
|   |       | =       |        |
| Diferença de temperatura interior-exterior                                  |       | 2       |        |
|   |       | x       |        |
| Perdas específicas totais   | (Q1a) | 269,95  | (W/°C) |
|   |       | x       |        |
|   |       | 2,928   |        |
|   |       | =       |        |
| Perdas térmicas totais  | (Q1b) | 1580,84 | (kWh)  |

**Folha de Cálculo FC V.1b**  
**Perdas associadas a Coberturas e Envidraçados Exteriores (Verão)**

Perdas associadas às coberturas exteriores

| Coberturas exteriores             | Área (m <sup>2</sup> ) | U (W/m <sup>2</sup> °C) | U.A (W/°) |
|-----------------------------------|------------------------|-------------------------|-----------|
| Cobertura exter. I.S e Lavandaria | 83,28                  | 0,512                   | 42,64     |
|                                   |                        | TOTAL                   | 42,64     |

Perdas associadas aos envidraçados exteriores

| Envidraçados Exteriores | Área (m <sup>2</sup> ) | U (W/m <sup>2</sup> °C) | U.A (W/°C) |
|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------|
| Verticais:              |                        |                         |            |
| Fachada oeste (poente)  | 7,02                   | 1,32                    | 9,27       |
| Fachada este (nascente) | 20,34                  | 1,32                    | 26,85      |
| Fachada norte           | 14,43                  | 1,32                    | 19,04      |
|                         |                        | TOTAL                   | 55,16      |

**Folha de Cálculo FC V.1c**  
**Ganhos Solares pela Envolvente Opaca**

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL (*inclui paredes e cobertura*)

| Orientação  | Oeste  | Este  | Este  | Norte | Cobertura |        |
|---|--------|-------|-------|-------|-----------|--------|
| Área, A (m <sup>2</sup> )   | 52,24  | 6,5   | 8,13  | 31,67 | 83,28     |        |
|   | x      | x     | x     | x     | x         |        |
| U (W/m <sup>2</sup> °C)   | 0,48   | 0,48  | 0,41  | 0,48  | 0,51      |        |
|   | x      | x     | x     | x     | x         |        |
| Coefficiente de absorção, α (Quadro V.5)  | 0,4    | 0,4   | 0,4   | 0,4   | 0,5       |        |
|   | =      | =     | =     | =     | =         |        |
| α.U.A (W/°C)  | 9,93   | 1,24  | 1,33  | 6,02  | 21,32     |        |
|   | x      | x     | x     | x     | x         |        |
| Int. de rad. solar na estação de arrefec.<br>(kWh/m <sup>2</sup> ) (Quadro III.9) | 460    | 460   | 210   | 210   | 820       |        |
|   | x      | x     | x     | x     | x         |        |
|   | 0,04   | 0,04  | 0,04  | 0,04  | 0,04      |        |
|   | =      | =     | =     | =     | =         |        |
| Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior                                     | 182,63 | 22,72 | 11,17 | 50,55 | 699,32    | TOTAL  |
|   |        |       |       |       |           | 966,39 |
|   |        |       |       |       |           | (kWh)  |

**Folha de Cálculo FC V.1d**  
**Ganhos Solares pelos Envidraçados Exteriores**

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL

| Orientação  | Oeste  | Este   | Norte   |                        |
|---|--------|--------|---------|------------------------|
| Área, A (m <sup>2</sup> )   | 7,02   | 20,343 | 14,4268 |                        |
|   | x      | x      | x       |                        |
| Factor solar do vão envidraçado<br>( <i>protecção solar activada a 70%</i> )      | 0,37   | 0,09   | 0,37    |                        |
|   | x      | x      | x       |                        |
| Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)   | 0,6    | 0,7    | 0,7     |                        |
|   | x      | x      | x       |                        |
| Factor de obstrução, Fs   | 0,9    | 0,9    | 0,9     |                        |
|   | x      | x      | x       |                        |
| Factor de selectividade do vidro, Fw (Quadro V.3)                                 | 0,85   | 0,85   | 0,8     |                        |
|   | =      | =      | =       |                        |
| Área Efectiva, Ae   | 1,19   | 0,98   | 2,69    |                        |
|   | x      | x      | x       |                        |
| Int. de rad. solar na estação de arrefec.<br>(kWh/m <sup>2</sup> ) (Quadro III.9) | 460    | 460    | 210     |                        |
|   | =      | =      | =       |                        |
| Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores                                 | 548,42 | 451,00 | 564,97  | TOTAL<br>1564,38 (KWh) |

**Folha de cálculo FC V.1e**  
**Ganhos Internos**

|   |         |       |
|---|---------|-------|
| Ganhos Internos médios (W/m <sup>2</sup> )<br>(Quadro IV.3) | 7       |       |
|   | x       |       |
| Área Útil de Pavimento (m <sup>2</sup> )                    | 136,11  |       |
|   | x       |       |
|   | 2,928   |       |
|   | =       |       |
| Ganhos internos Totais                                      | 2789,83 | (KWh) |

**Folha de cálculo FC V.1f**  
**Ganhos Totais na estação de arrefecimento (verão)**

|   |         |       |
|---|---------|-------|
| Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores<br>(FCV.1d) | 1564,38 | (KWh) |
|   | +       |       |
| Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior<br>(FCV.1c)     | 966,39  | (KWh) |
|   | +       |       |
| Ganhos internos<br>(FCV.1e)                                   | 2789,83 | (KWh) |
|   | =       |       |
| Ganhos Térmicos Totais  | 5320,60 | (KWh) |

**Folha de cálculo FCV.1g**  
**Valor das Necessidades Nominais de Arrefecimento (Nvc)**

|  |  |             |       |
|--|--|-------------|-------|
| Ganhos Térmicos Totais<br>(FCV.1f)                   |  | 5320,60     | (kWh) |
|  |  | /           |       |
| Perdas Térmicas Totais<br>(FCV.1a)                   |  | 1667,56     | (kWh) |
|  |  | =           |       |
| Relação Ganhos-Perdas                                | <b>γ</b>                                       | 3,190646075 |       |
| Inércia do edifício                                  | <i>(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)</i> | 2           |       |
|  |  | 1           |       |
|  |  | -           |       |
| Factor de utilização dos ganhos, η<br>(Gráfico IV.1) |  | 0,302714577 |       |
|  |  | =           |       |
|  |  | 0,697285423 |       |
|  |  | x           |       |

|   |              |                           |
|---|--------------|---------------------------|
| Ganhos Térmicos Totais<br>(FCV.1f)  | 5320,60      | (kWh)                     |
|   | =            |                           |
| Necessidades Brutas de Arrefecimento  | 3709,98      | (kWh/ano)                 |
|   | +            |                           |
| Consumo dos ventiladores<br>(se houver, exaustor da cozinha excluído)                         |              | (Ev=Pvx24x0,122(kWh))     |
|   | =            |                           |
| TOTAL   | 3709,98      | (kWh/ano)                 |
|   | /            |                           |
| Área Útil de Pavimento (m <sup>2</sup> )  | 136,12       |                           |
|   | =            |                           |
| Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc  | 27,83        | (kWh/m <sup>2</sup> .ano) |
|   | ≤            |                           |
| Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv<br>(N <sup>o</sup> 2 do Artigo 15 <sup>o</sup> ) | 32           | (kWh/m <sup>2</sup> .ano) |
|   |              |                           |
|   | Verifica     | O.K.                      |
|   | Nvc/Nv (%) = | 86,96                     |

#### Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária

|  |          |            |
|--|----------|------------|
| N <sup>o</sup> de ocupantes (Quadro VI.1)  | 20,00    |            |
| Consumo médio diário de referência de AQS (M <sub>AQS</sub> )<br>(edifícios residenciais - 40 litros/ocupante) | 600,00   |            |
| Aumento de temperatura necessário (ΔT)<br>(considerar igual a 45°C)  | 45,00    |            |
| Número anual de dias de consumo (n <sub>d</sub> )<br>(Quadro VI.2)   | 365,00   |            |
| Energia despendida com sistemas convencionais (Q <sub>a</sub> )  | 11461,91 | (kW.h/ano) |
| Eficiência de conversão do sistema de preparação de AQS (η <sub>a</sub> )<br>(Ponto 3 do Anexo VI)             | 0,87     |            |

Necessidades de energia para preparação de AQS,  $N_{ac}$  96,79 (kW.h/m<sup>2</sup>.ano)

Valor máximo para as nec. de energia para preparação de AQS,  $N_a$  130,32 (kW.h/m<sup>2</sup>.ano)

$N_{ac} \leq N_a$ ?

Verifica

### Necessidades Globais de Energia Primária

|                                |        |
|--------------------------------|--------|
| Ni (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)  | 75,06  |
| Nic (kW.h/m <sup>2</sup> .ano) | 46,14  |
| Nv (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)  | 32,00  |
| Nvc (kW.h/m <sup>2</sup> .ano) | 27,83  |
| Na (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)  | 130,32 |
| Nac (kW.h/m <sup>2</sup> .ano) | 96,79  |
| $\eta_i$                       | 4,00   |
| $\eta_v$                       | 3,00   |
| $F_{pui}$ (kgep/kW.h)          | 0,290  |
| $F_{puv}$ (kgep/kW.h)          | 0,290  |
| $F_{pua}$ (kgep/kW.h)          | 0,086  |

Necessidades nominais globais de energia primária,  $N_{tc}$  8,93 (kgep/m<sup>2</sup>.ano)

Valor máximo das nec. nominais globais de energia primária,  $N_t$  18,56 (kgep/m<sup>2</sup>.ano)

$N_{tc} \leq N_t$ ? Verifica



## **II.3**

### **INERCIA TÉRMICA SITUAÇÃO EXISTENTE E SITUAÇÃO PROPOSTA**



**ESCOLA PRIMÁRIA DA ALDEIA DA SERRA D'OSSA**

| Laje de Teto 1   | Massa Volúmica [kg/m <sup>3</sup> ] | e [m] | Msi [kg/m <sup>2</sup> ] |
|--|-------------------------------------|-------|--------------------------|
| Tijolo de maciço (Burro)                               | 2000                                | 0,16  | 320                      |
| Reboco   | 1800                                | 0,02  | 36                       |
| Msi Total / 2 (sem isolamento)<br>[kg/m <sup>2</sup> ] |                                     |       | 178,00                   |

| Laje de Teto 2   | Massa Volúmica [kg/m <sup>3</sup> ] | e [m] | Msi [kg/m <sup>2</sup> ] |
|--|-------------------------------------|-------|--------------------------|
| Telha cerâmica   | 2000                                | 0,01  | 20                       |
| Laje Aligeirada  | 1500                                | 0,2   | 300                      |
| Reboco   | 1800                                | 0,02  | 36                       |
| Msi Total / 2 (sem isolamento)<br>[kg/m <sup>2</sup> ] |                                     |       | 178,00                   |

| Laje de Pavimento 1                                    | Massa Volúmica [kg/m <sup>3</sup> ] | e [m] | Msi [kg/m <sup>2</sup> ] |
|--|-------------------------------------|-------|--------------------------|
| Laje aligeirada  | 1500                                | 0,2   | 300                      |
| Soalho de madeira                                      | 500                                 | 0,05  | 25                       |
| Msi Total / 2 (sem isolamento)<br>[kg/m <sup>2</sup> ] |                                     |       | 162,50                   |

| Laje de Pavimento 2                                    | Massa Volúmica [kg/m <sup>3</sup> ] | e [m] | Msi [kg/m <sup>2</sup> ] |
|--|-------------------------------------|-------|--------------------------|
| Betão  | 2300                                | 0,17  | 391                      |
| Grés cerâmico  | 2300                                | 0,01  | 23                       |
| Msi Total / 2 (sem isolamento)<br>[kg/m <sup>2</sup> ] |                                     |       | 207,00                   |

| Paredes da Envolvente 1                                | Massa Volúmica [kg/m <sup>3</sup> ] | e [m] | Msi [kg/m <sup>2</sup> ] |
|--|-------------------------------------|-------|--------------------------|
| Granito  | 2500                                | 0,44  | 1100                     |
| Reboco   | 1800                                | 0,06  | 108                      |
| Msi Total / 2 (sem isolamento)<br>[kg/m <sup>2</sup> ] |                                     |       | 604,00                   |

| Paredes da Envolvente 2                                | Massa Volúmica [kg/m <sup>3</sup> ] | e [m] | Msi [kg/m <sup>2</sup> ] |
|--|-------------------------------------|-------|--------------------------|
| Tijolo de maciço (Burro)                               | 2000                                | 0,07  | 140                      |
| Reboco   | 1800                                | 0,03  | 54                       |
| Msi Total / 2 (sem isolamento)<br>[kg/m <sup>2</sup> ] |                                     |       | 97,00                    |

| Paredes da Envolvente 3                             | Massa Volúmica [kg/m <sup>3</sup> ] | e [m] | Msi [kg/m <sup>2</sup> ] |
|---|-------------------------------------|-------|--------------------------|
| Tijolo de maciço (Burro)                            | 2000                                | 0,16  | 320                      |
| Reboco  | 1800                                | 0,04  | 72                       |
| Msi Total / 2 (sem isolamento) [kg/m <sup>2</sup> ] |                                     |       | 196,00                   |

| Paredes Interiores 1           | Massa Volúmica [kg/m <sup>3</sup> ] | e [m] | Msi [kg/m <sup>2</sup> ] |
|--------------------------------|-------------------------------------|-------|--------------------------|
| Tijolo de maciço (Burro)       | 2000                                | 0,07  | 140                      |
| Reboco                         | 1800                                | 0,03  | 54                       |
| Msi Total [kg/m <sup>2</sup> ] |                                     |       | 194,00                   |

| Paredes Interiores 2           | Massa Volúmica [kg/m <sup>3</sup> ] | e [m] | Msi [kg/m <sup>2</sup> ] |
|--------------------------------|-------------------------------------|-------|--------------------------|
| Granito                        | 2500                                | 0,44  | 1100                     |
| Reboco                         | 1800                                | 0,06  | 108                      |
| Msi Total [kg/m <sup>2</sup> ] |                                     |       | 1208,00                  |

| Elemento de Construção  | Msi [kg/m <sup>2</sup> ] | Limitação regul. Msi [kg/m <sup>2</sup> ] | Si [m <sup>2</sup> ] | R [m <sup>2</sup> .°C/W] | Fator de correção [r] | Msi.r.Si [kg] |
|-------------------------|--------------------------|---|----------------------|--------------------------|-----------------------|---------------|
| Laje de teto 1          | 178                      | 150                                       | 76,573               | 0,015                    | 1                     | 11485,950     |
| Laje de teto 2          | 178                      | 150                                       | 23,625               | 0,015                    | 1                     | 3543,750      |
| Laje de pavimento 1     | 162,5                    | 150                                       | 76,573               | 0,333                    | 0                     | 0,000         |
| Laje de pavimento 2     | 207                      | 150                                       | 24,167               | 0,008                    | 1                     | 3625,050      |
| Paredes da envolvente 1 | 604                      | 150                                       | 125,746              | 0,023                    | 1                     | 18861,900     |
| Paredes da envolvente 2 | 97                       | 97  | 12,045               | 0,012                    | 1                     | 1168,365      |
| Paredes da envolvente 3 | 196                      | 150                                       | 12,028               | 0,015                    | 1                     | 1804,200      |
| Paredes interiores 1    | 194                      | 194                                       | 32,200               | 0,012                    | 1                     | 6246,800      |
| Paredes interiores 2    | 1208                     | 300                                       | 16,616               | 0,023                    | 1                     | 4984,800      |
| Total                   |                          |   |                      |                          |                       | 51720,815     |

Área útil do Pavimento Ap [m<sup>2</sup>]

|         |
|---------|
| /       |
| 100,740 |

=

Massa superficial útil por m<sup>2</sup> de área de pavimento, It [kg/m<sup>2</sup>]

|         |
|---------|
| 513,409 |
|---------|

Inércia Térmica [It]

FORTE

**CENTRO DE DIA DA ALDEIA DA SERRA D'OSSA**

| Laje de Teto 1                                      | Massa Volúmica [kg/m <sup>3</sup> ] | e [m] | Msi [kg/m <sup>2</sup> ] |
|---|-------------------------------------|-------|--------------------------|
| Tijolo de maciço (Burro)                            | 2000                                | 0,16  | 320                      |
| Reboco  | 1800                                | 0,02  | 36                       |
| Msi Total [kg/m <sup>2</sup> ]                      |                                     |       | 356,00                   |
|   |                                     |       |                          |
| Laje de Teto 2                                      | Massa Volúmica [kg/m <sup>3</sup> ] | e [m] | Msi [kg/m <sup>2</sup> ] |
| Laje Aligeirada                                     | 1500                                | 0,2   | 300                      |
| Reboco  | 1800                                | 0,02  | 36                       |
| Msi Total [kg/m <sup>2</sup> ]                      |                                     |       | 336,00                   |
|   |                                     |       |                          |
| Laje de Pavimento 1                                 | Massa Volúmica [kg/m <sup>3</sup> ] | e [m] | Msi [kg/m <sup>2</sup> ] |
| Argamassa para assentamento                         | 2000                                | 0,03  | 60                       |
| Grés cerâmico                                       | 2300                                | 0,01  | 23                       |
| Msi Total) [kg/m <sup>2</sup> ]                     |                                     |       | 83,00                    |
|   |                                     |       |                          |
| Laje de Pavimento 2                                 | Massa Volúmica [kg/m <sup>3</sup> ] | e [m] | Msi [kg/m <sup>2</sup> ] |
| Betão   | 2300                                | 0,17  | 391                      |
| Grés cerâmico                                       | 2300                                | 0,01  | 23                       |
| Msi Total / 2 (sem isolamento) [kg/m <sup>2</sup> ] |                                     |       | 207,00                   |
|   |                                     |       |                          |
| Paredes da Envolvente 1                             | Massa Volúmica [kg/m <sup>3</sup> ] | e [m] | Msi [kg/m <sup>2</sup> ] |
| Gesso cartonado                                     | 750                                 | 0,013 | 9,75                     |
| Msi Total [kg/m <sup>2</sup> ]                      |                                     |       | 9,75                     |
|   |                                     |       |                          |
| Paredes Interiores 1                                | Massa Volúmica [kg/m <sup>3</sup> ] | e [m] | Msi [kg/m <sup>2</sup> ] |
| Tijolo de maciço (Burro)                            | 2000                                | 0,07  | 140                      |
| Reboco 2 faces                                      | 1800                                | 0,03  | 54                       |
| Msi Total [kg/m <sup>2</sup> ]                      |                                     |       | 194,00                   |

| Paredes Interiores 2           | Massa Volúmica [kg/m <sup>3</sup> ] | e [m] | Msi [kg/m <sup>2</sup> ] |
|--------------------------------|-------------------------------------|-------|--------------------------|
| Granito                        | 2500                                | 0,44  | 1100                     |
| Reboco                         | 1800                                | 0,06  | 108                      |
| Msi Total [kg/m <sup>2</sup> ] |                                     |       | 1208,00                  |

| Elemento de Construção  | Msi [kg/m <sup>2</sup> ] | Limitação regul. Msi [kg/m <sup>2</sup> ] | Si [m <sup>2</sup> ] | R [m <sup>2</sup> .°C/W] | Fator de correção [r] | Msi.r.Si [kg] |
|-------------------------|--------------------------|---|----------------------|--------------------------|-----------------------|---------------|
| Laje de teto 1          | 356                      | 150                                       | 76,573               | 0,015                    | 1                     | 11485,950     |
| Laje de teto 2          | 336                      | 150                                       | 23,625               | 0,015                    | 1                     | 3543,750      |
| Laje de pavimento 1     | 83                       | 83  | 76,573               | 0,008                    | 1                     | 6355,559      |
| Laje de pavimento 2     | 207                      | 150                                       | 59,543               | 0,008                    | 1                     | 8931,450      |
| Paredes da envolvente 1 | 9,75                     | 9,75                                      | 98,537               | 0,052                    | 1                     | 960,736       |
| Paredes interiores 1    | 194                      | 194                                       | 27,940               | 0,012                    | 1                     | 5420,360      |
| Paredes interiores 2    | 1208                     | 300                                       | 16,616               | 0,023                    | 1                     | 4984,800      |
| Total                   |                          |   |                      |                          |                       | 41682,605     |

Área útil do Pavimento Ap [m<sup>2</sup>]

|         |
|---------|
| /       |
| 136,116 |

=

Massa superficial útil por m<sup>2</sup> de área de pavimento, It [kg/m<sup>2</sup>]

|         |
|---------|
| 306,229 |
|---------|

Inércia Térmica [It]

MÉDIA

**ANEXO III**  
**CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSMISSÃO TÉRMICA**



## **ANEXO III.1**

**COEFICIENTES DE TRANSMISSÃO TÉRMICA (U) DOS ELEMENTOS DA  
ENVOLVENTE DOS EDIFÍCIOS EM ESTUDO  
SOLUÇÕES EXISTENTES E SOLUÇÕES PROPOSTAS**



## 1. ELEMENTOS VERTICAIS – PAREDES

### Solução Existente

| Descrição                                | e (m) | $\lambda$ W/(m.°C) | R (m <sup>2</sup> .°C)/W | Rsi (m <sup>2</sup> .°C)/W | Rse (m <sup>2</sup> .°C)/W | U W/(m <sup>2</sup> .°C) |
|--|-------|--------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Reboco Tradicional                       | 0,03  | 1,30               | 0,023                    | 0,13                       | 0,04                       | 2,679                    |
| Pedra Granito<br>M=2500kg/m <sup>3</sup> | 0,44  | 2,80               | 0,157                    |                            |                            |                          |
| Reboco Tradicional                       | 0,03  | 1,30               | 0,023                    |                            |                            |                          |

### Solução Existente

| Descrição                          | e (m) | $\lambda$ W/(m.°C) | R (m <sup>2</sup> .°C)/W | Rsi (m <sup>2</sup> .°C)/W | Rse (m <sup>2</sup> .°C)/W | U W/(m <sup>2</sup> .°C) |
|------------------------------------|-------|--------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Reboco Tradicional                 | 0,015 | 1,30               | 0,012                    | 0,13                       | 0,04                       | 3,662                    |
| Alvenaria Tijolo<br>Maciço (burro) | 0,07  |                    | 0,080                    |                            |                            |                          |
| Reboco Tradicional                 | 0,015 | 1,30               | 0,012                    |                            |                            |                          |

### Solução Existente

| Descrição                          | e (m) | $\lambda$ W/(m.°C) | R (m <sup>2</sup> .°C)/W | Rsi (m <sup>2</sup> .°C)/W | Rse (m <sup>2</sup> .°C)/W | U W/(m <sup>2</sup> .°C) |
|------------------------------------|-------|--------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Reboco Tradicional                 | 0,02  | 1,30               | 0,015                    | 0,13                       | 0,04                       | 3,023                    |
| Alvenaria Tijolo<br>Maciço (burro) | 0,16  |                    | 0,130                    |                            |                            |                          |
| Reboco Tradicional                 | 0,02  | 1,30               | 0,015                    |                            |                            |                          |

### Solução Existente

| Descrição    | e (m) | $\lambda$ W/(m.°C) | R (m <sup>2</sup> .°C)/W | Rsi (m <sup>2</sup> .°C)/W | Rse (m <sup>2</sup> .°C)/W | U W/(m <sup>2</sup> .°C) |
|--------------|-------|--------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Reboco       | 0,03  | 1,30               | 0,023                    | 0,13                       | 0,04                       | 0,947                    |
| Parede Dupla |       |                    | 0,840                    |                            |                            |                          |
| Reboco       | 0,03  | 1,30               | 0,023                    |                            |                            |                          |

### Solução Proposta

| Descrição                                | e (m) | $\lambda$ W/(m.°C) | R (m <sup>2</sup> .°C)/W | Rsi (m <sup>2</sup> .°C)/W | Rse (m <sup>2</sup> .°C)/W | U W/(m <sup>2</sup> .°C) |
|--|-------|--------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Reboco Tradicional                       | 0,03  | 1,30               | 0,023                    | 0,13                       | 0,04                       | 0,475                    |
| Pedra Granito<br>M=2500kg/m <sup>3</sup> | 0,44  | 2,80               | 0,157                    |                            |                            |                          |
| Reboco Tradicional                       | 0,03  | 1,30               | 0,023                    |                            |                            |                          |
| Caixa-de-Ar                              | 0,025 |                    | 0,180                    |                            |                            |                          |
| ICB                                      | 0,06  | 0,04               | 1,500                    |                            |                            |                          |
| Placa de Gesso<br>Cartonado              | 0,013 | 0,25               | 0,050                    |                            |                            |                          |

### Solução Proposta

| Descrição                     | e (m) | $\lambda$ W/(m.°C) | R (m <sup>2</sup> .°C)/W | Rsi (m <sup>2</sup> .°C)/W | Rse (m <sup>2</sup> .°C)/W | U W/(m <sup>2</sup> .°C) |
|-------------------------------|-------|--------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Reboco Tradicional            | 0,03  | 1,30               | 0,023                    | 0,13                       | 0,04                       | 0,409                    |
| Alvenaria de Tijolo<br>Furado | 0,22  |                    | 0,520                    |                            |                            |                          |
| Caixa-de-Ar                   | 0,025 |                    | 0,180                    |                            |                            |                          |
| ICB                           | 0,06  | 0,04               | 1,500                    |                            |                            |                          |
| Placa de Gesso<br>Cartonado   | 0,013 | 0,25               | 0,050                    |                            |                            |                          |

### Solução Proposta

| Descrição                   | e (m) | $\lambda$ W/(m.°C) | R (m <sup>2</sup> .°C)/W | Rsi (m <sup>2</sup> .°C)/W | Rse (m <sup>2</sup> .°C)/W | U W/(m <sup>2</sup> .°C) |
|-----------------------------|-------|--------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Reboco                      | 0,03  | 1,30               | 0,023                    | 0,13                       | 0,04                       | 0,359                    |
| Parede Dupla                |       |                    | 0,840                    |                            |                            |                          |
| Reboco                      | 0,03  | 1,30               | 0,023                    |                            |                            |                          |
| Caixa-de-Ar                 | 0,025 |                    | 0,180                    |                            |                            |                          |
| ICB                         | 0,06  | 0,04               | 1,500                    |                            |                            |                          |
| Placa de Gesso<br>Cartonado | 0,013 | 0,25               | 0,050                    |                            |                            |                          |

## 2. ELEMENTOS HORIZONTAIS – PAVIMENTOS

### Solução Existente

| Descrição                               | e (m) | $\lambda$ W/(m.°C) | R (m <sup>2</sup> .°C)/W | Rsi (m <sup>2</sup> .°C)/W   | Rse (m <sup>2</sup> .°C)/W   | U W/(m <sup>2</sup> .°C)      |
|---|-------|--------------------|--------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| Revestimento de<br>Madeira              | 0,05  | 0,15               | 0,333                    | Fluxo<br>Descendente<br>0,17 | Fluxo<br>Descendente<br>0,17 | Fluxo<br>Descendente<br>1,132 |
| Laje aligeirada com<br>blocos cerâmicos | 0,20  |                    | 0,21                     |                              |                              |                               |

### Solução Proposta

| Descrição                           | e (m) | $\lambda$ W/(m.°C) | R (m <sup>2</sup> .°C)/W | Rsi (m <sup>2</sup> .°C)/W | Rse (m <sup>2</sup> .°C)/W | U W/(m <sup>2</sup> .°C)   |
|-------------------------------------|-------|--------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Grés Cerâmico                       | 0,010 | 1,30               | 0,008                    | Fluxo Descendente<br>0,17  | Fluxo Descendente<br>0,17  | Fluxo Descendente<br>0,645 |
| Argamassa                           | 0,030 | 1,30               | 0,023                    |                            |                            |                            |
| Laje Aligeirada de Blocos Cerâmicos | 0,170 |                    | 0,180                    |                            |                            |                            |
| ICB                                 | 0,040 | 0,04               | 1,000                    |                            |                            |                            |

### 3. ELEMENTOS HORIZONTAIS – COBERTURA

#### Solução Existente

| Descrição                           | e (m) | $\lambda$ W/(m.°C) | R (m <sup>2</sup> .°C)/W | Rsi (m <sup>2</sup> .°C)/W | Rse (m <sup>2</sup> .°C)/W | U W/(m <sup>2</sup> .°C)   |
|-------------------------------------|-------|--------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Telha Cerâmica                      | 0,01  | 0,60               | 0,017                    | Fluxo Ascendente<br>0,1    | Fluxo Ascendente<br>0,04   | Fluxo Ascendente<br>2,617  |
| Laje Aligeirada de Blocos Cerâmicos | 0,20  |                    | 0,210                    |                            |                            |                            |
| Reboco Tradicional                  | 0,02  | 1,30               | 0,015                    | Fluxo Descendente<br>0,17  | Fluxo Descendente<br>0,04  | Fluxo Descendente<br>2,212 |

#### Solução Existente

| Descrição                       | e (m) | $\lambda$ W/(m.°C) | R (m <sup>2</sup> .°C)/W | Rsi (m <sup>2</sup> .°C)/W | Rse (m <sup>2</sup> .°C)/W | U W/(m <sup>2</sup> .°C)  |
|---------------------------------|-------|--------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|
| Alvenaria Tijolo Maciço (burro) | 0,16  |                    | 0,130                    | Fluxo Ascendente<br>0,1    | Fluxo Ascendente<br>0,1    | Fluxo Ascendente<br>2,895 |
| Reboco Tradicional              | 0,02  | 1,30               | 0,015                    |                            |                            |                           |

#### Solução Existente

| Descrição                           | e (m) | $\lambda$ W/(m.°C) | R (m <sup>2</sup> .°C)/W | Rsi (m <sup>2</sup> .°C)/W | Rse (m <sup>2</sup> .°C)/W | U W/(m <sup>2</sup> .°C)  |
|-------------------------------------|-------|--------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|
| Laje Aligeirada de Blocos Cerâmicos | 0,20  |                    | 0,210                    | Fluxo Ascendente<br>0,1    | Fluxo Ascendente<br>0,1    | Fluxo Ascendente<br>2,353 |
| Reboco                              | 0,02  | 1,30               | 0,015                    |                            |                            |                           |

#### Solução Proposta

| Descrição                           | e (m) | $\lambda$ W/(m.°C) | R (m <sup>2</sup> .°C)/W | Rsi (m <sup>2</sup> .°C)/W | Rse (m <sup>2</sup> .°C)/W | U W/(m <sup>2</sup> .°C)   |
|-------------------------------------|-------|--------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Telha Cerâmica                      | 0,01  | 0,60               | 0,017                    | Fluxo Ascendente<br>0,1    | Fluxo Ascendente<br>0,04   | Fluxo Ascendente<br>0,531  |
| ICB                                 | 0,06  | 0,04               | 1,500                    |                            |                            |                            |
| Laje Aligeirada de Blocos Cerâmicos | 0,20  |                    | 0,210                    | Fluxo Descendente<br>0,17  | Fluxo Descendente<br>0,04  | Fluxo Descendente<br>0,512 |
| Reboco Tradicional                  | 0,02  | 1,30               | 0,015                    |                            |                            |                            |

### Solução Proposta

| Descrição                          | e<br>(m) | $\lambda$<br>W/(m.°C) | R<br>(m <sup>2</sup> .°C)/W | Rsi<br>(m <sup>2</sup> .°C)/W | Rse<br>(m <sup>2</sup> .°C)/W | U<br>W/(m <sup>2</sup> .°C)  |
|------------------------------------|----------|-----------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| ICB                                | 0,06     | 0,04                  | 1,500                       | Fluxo<br>Ascendente<br>0,1    | Fluxo<br>Ascendente<br>0,1    | Fluxo<br>Ascendente<br>0,542 |
| Alvenaria Tijolo<br>Maciço (burro) | 0,16     |                       | 0,130                       |                               |                               |                              |
| Reboco Tradicional                 | 0,02     | 1,3                   | 0,015                       |                               |                               |                              |

### Solução Proposta

| Descrição                              | e<br>(m) | $\lambda$<br>W/(m.°C) | R<br>(m <sup>2</sup> .°C)/W | Rsi<br>(m <sup>2</sup> .°C)/W | Rse<br>(m <sup>2</sup> .°C)/W | U<br>W/(m <sup>2</sup> .°C)  |
|--|----------|-----------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| ICB                                    | 0,06     | 0,04                  | 1,500                       | Fluxo<br>Ascendente<br>0,1    | Fluxo<br>Ascendente<br>0,1    | Fluxo<br>Ascendente<br>0,519 |
| Laje Aligeirada de<br>Blocos Cerâmicos | 0,20     |                       | 0,210                       |                               |                               |                              |
| Reboco Tradicional                     | 0,02     | 1,3                   | 0,015                       |                               |                               |                              |

**ANEXO IV**  
**EDIFÍCIO ESCOLAR DE REDONDO**



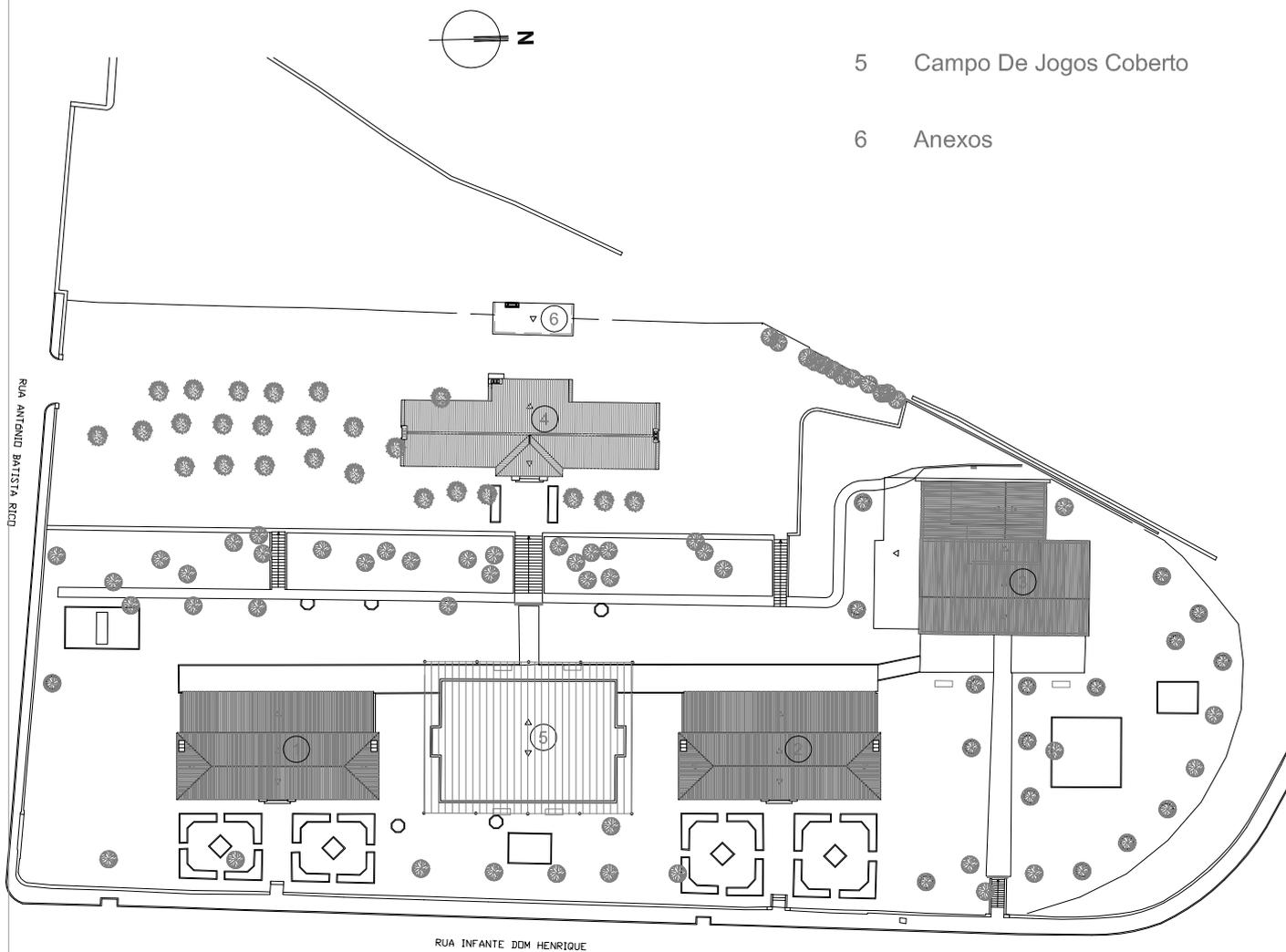
## **IV.1**

### **PROJETO DE ARQUITETURA – EXISTENTE E PROPOSTO**



Designação / Área

- 1 Edifício Escolar Anos 40
- 2 Edifício Escolar Anos 40
- 3 Edifício Escolar Anos 70
- 4 Cantina Escolar
- 5 Campo De Jogos Coberto
- 6 Anexos

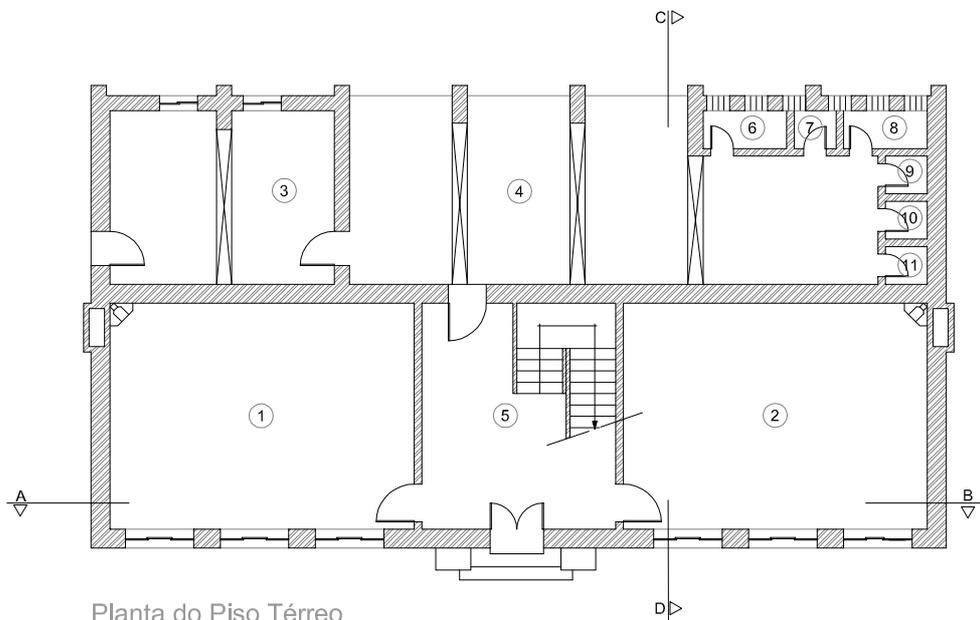


Projeto de Reversão da Escola Primária de Redondo em Pousada da Juventude

ESPECIALIDADE: Arquitetura - Levantamento do Existente

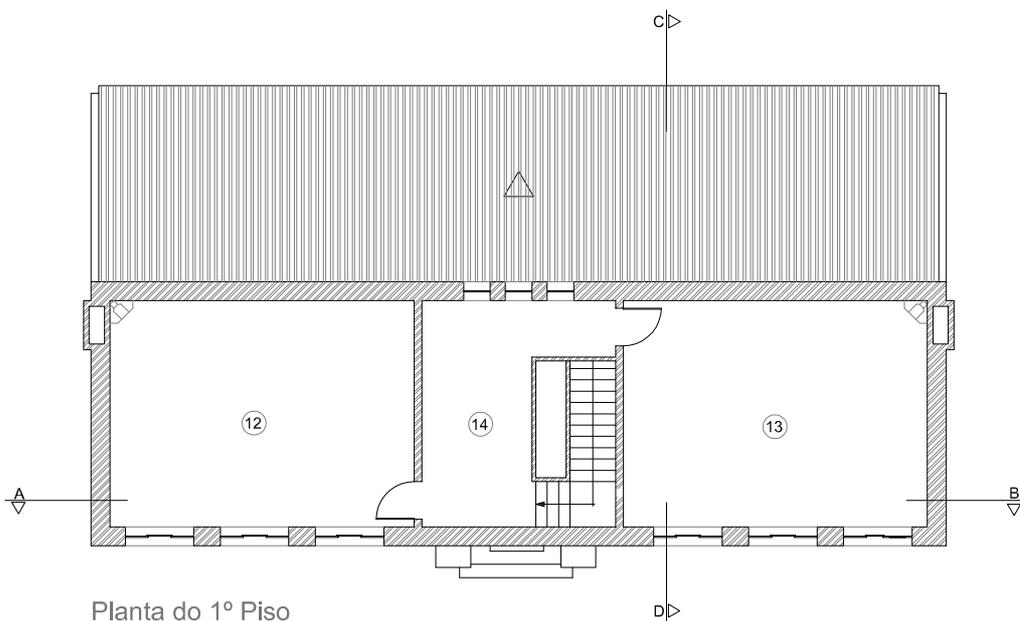
DESENHO: Planta de Implantação

ESCALA: 1/400  
DES.N: 1

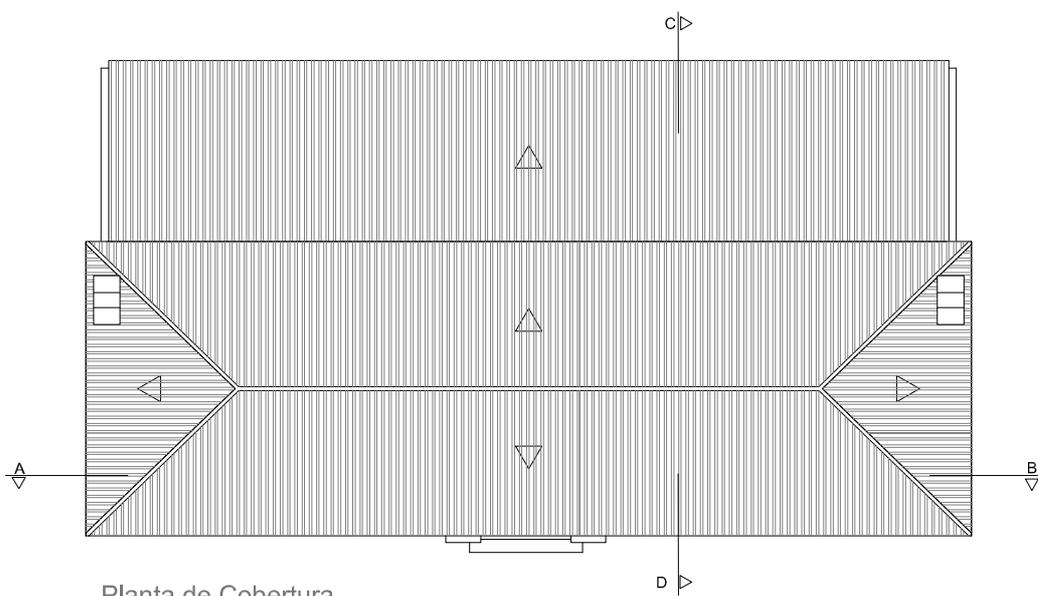


Planta do Piso Térreo

| Designação / Área |                  |                     |
|-------------------|------------------|---------------------|
| 1                 | Sala de Aula     | 48.00m <sup>2</sup> |
| 2                 | Sala de Aula     | 48.00m <sup>2</sup> |
| 3                 | Sala Polivalente | 27.14m <sup>2</sup> |
| 4                 | Pátio            | 61.86m <sup>2</sup> |
| 5                 | Hall             | 19.74m <sup>2</sup> |
| 6,8               | Inst. Sanit.     | 2.20m <sup>2</sup>  |
| 7,9,10,11         | Inst. Sanit.     | 1.10m <sup>2</sup>  |
| 12                | Sala de Aulas    | 48.00m <sup>2</sup> |
| 13                | Sala de Aulas    | 48.00m <sup>2</sup> |
| 14                | Hall             | 19.74m <sup>2</sup> |



Planta do 1º Piso



Planta de Cobertura

Projeto de Reconversão da Escola Primária de Redondo em Pousada da Juventude

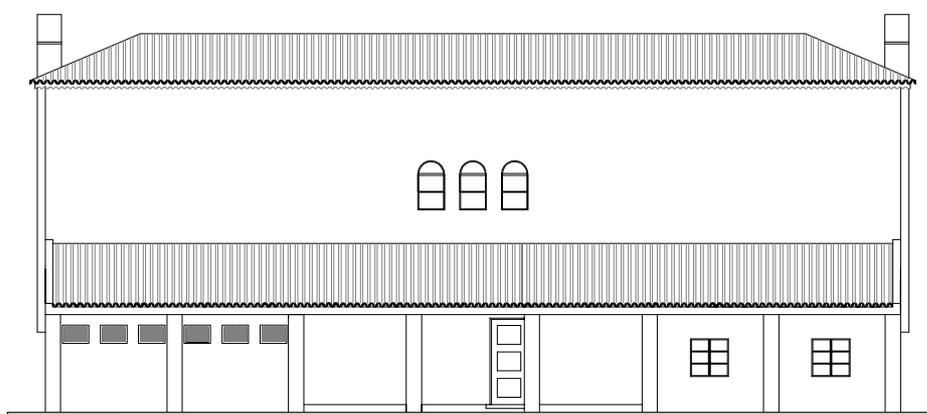
ESCALA: 1/200  
DES.N: 2

ESPECIALIDADE: Arquitetura - Levantamento do Existente

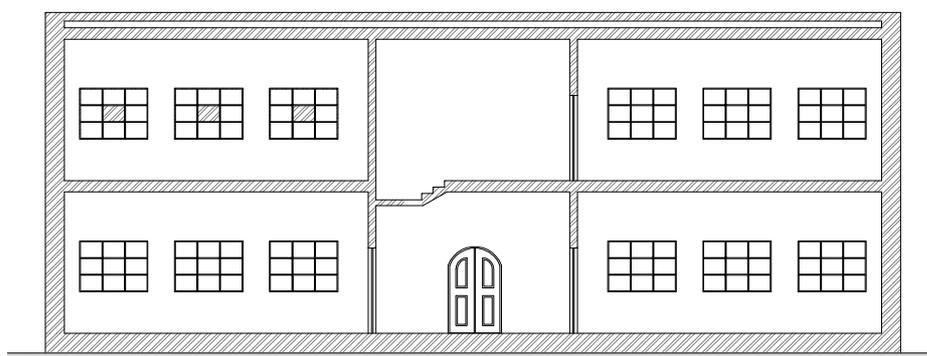
DESENHO: Edifício 1 (Anos 40) - Planta dos Pisos, Planta de Cobertura



Alçado Principal



Alçado Posterior



Corte A-B

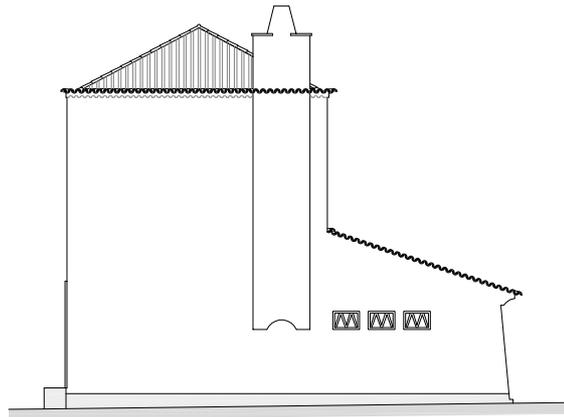
Projeto de Reversão da Escola Primária de Redondo em Pousada da Juventude

ESPECIALIDADE: Arquitetura - Levantamento do Existente

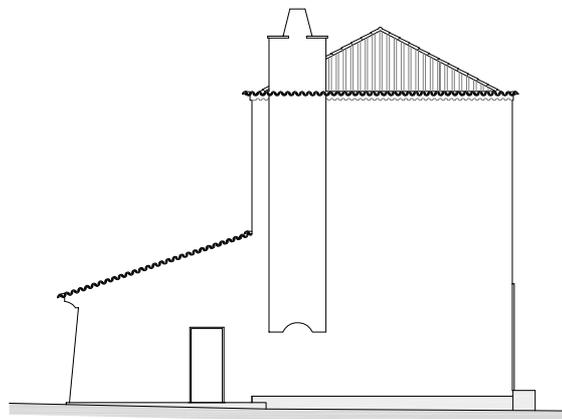
DESENHO: Edifício 1 (Anos 40) - Alçado Principal, Alçado Posterior, Corte A-B

ESCALA: 1/200

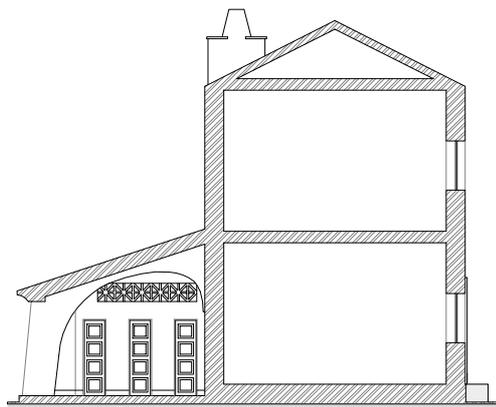
DES.N: 3



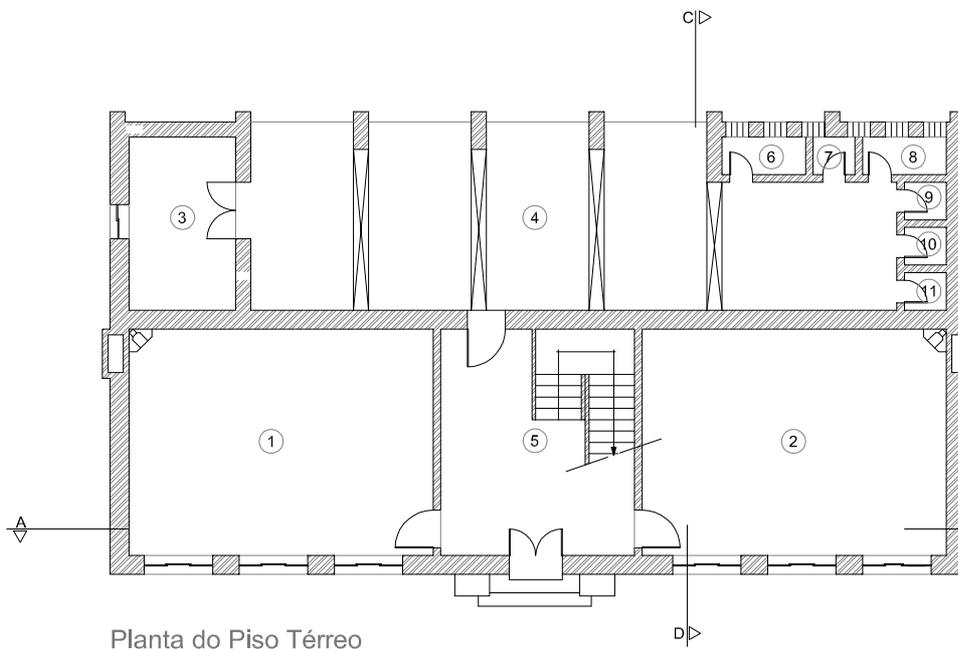
Alçado Lateral Direito



Alçado Lateral Esquerdo

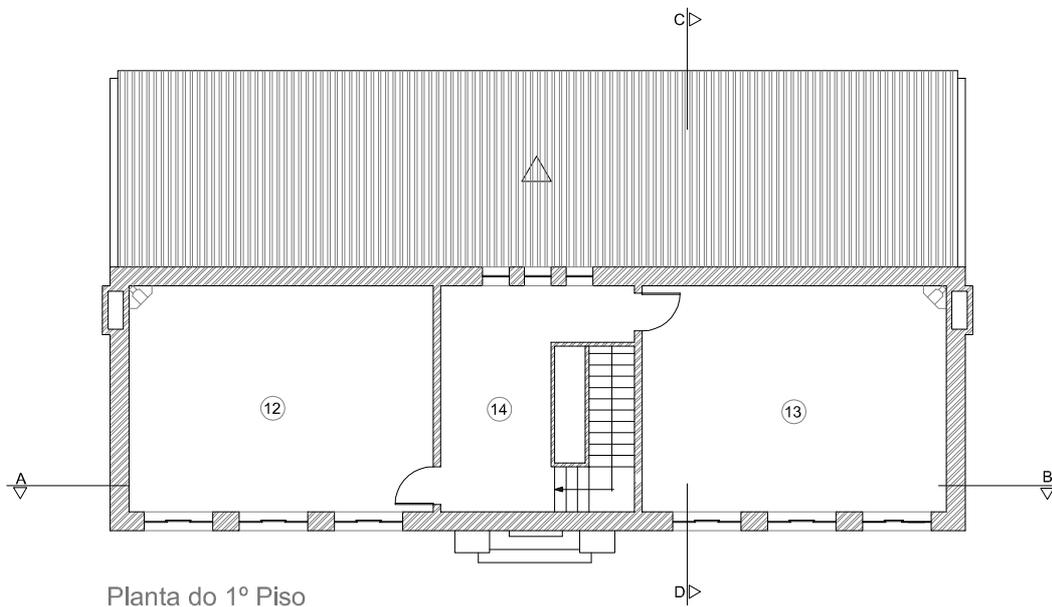


Corte C-D

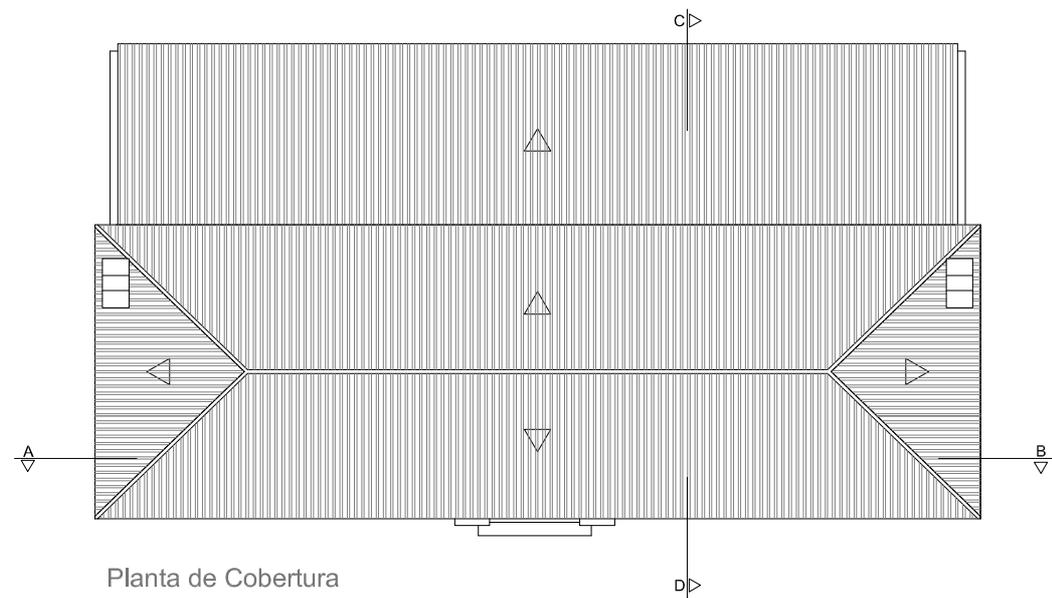


Planta do Piso Térreo

| Designação / Área |                  |                     |
|-------------------|------------------|---------------------|
| 1                 | Sala de Aula     | 48.00m <sup>2</sup> |
| 2                 | Sala de Aula     | 48.00m <sup>2</sup> |
| 3                 | Sala Polivalente | 12.88m <sup>2</sup> |
| 4                 | Pátio            | 76.12m <sup>2</sup> |
| 5                 | Hall             | 19.74m <sup>2</sup> |
| 6,8               | Inst. Sanit.     | 2.20m <sup>2</sup>  |
| 7,9,10,11         | Inst. Sanit.     | 1.10m <sup>2</sup>  |
| 12                | Sala de Aulas    | 48.00m <sup>2</sup> |
| 13                | Sala de Aulas    | 48.00m <sup>2</sup> |
| 14                | Hall             | 19.74m <sup>2</sup> |



Planta do 1º Piso



Planta de Cobertura

Projeto de Reversão da Escola Primária de Redondo em Pousada da Juventude

ESPECIALIDADE: Arquitetura - Levantamento do Existente

DESENHO: Edifício 2 (Anos 40) - Planta dos Pisos, Planta de Cobertura

ESCALA: 1/200

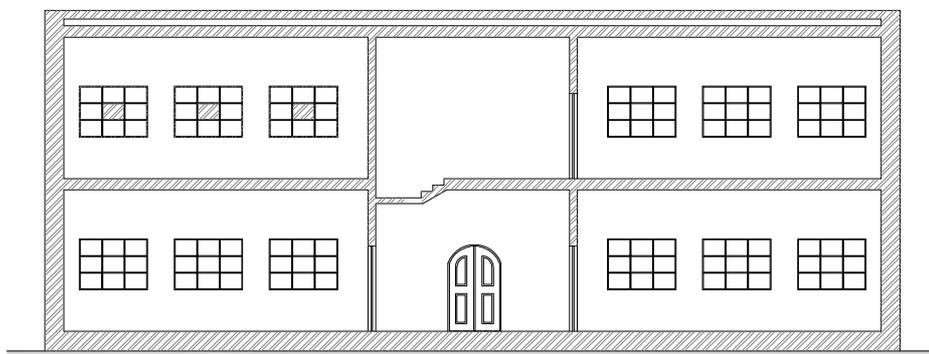
DES.N: 5



Alçado Principal



Alçado Posterior



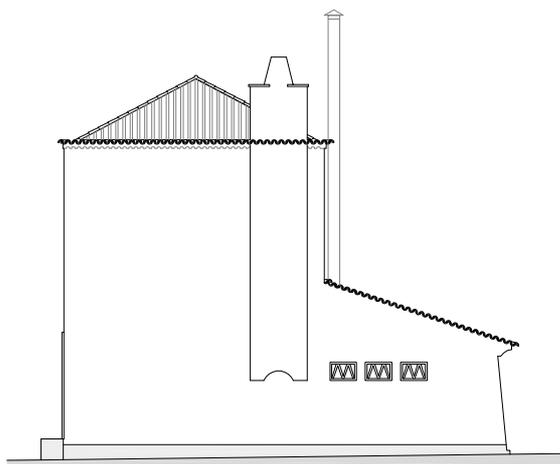
Corte A-B

Projeto de Reconversão da Escola Primária de Redondo em Pousada da Juventude

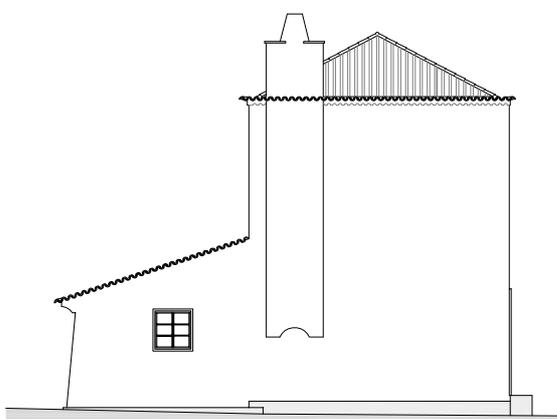
ESCALA: 1/200  
DES.N: 6

ESPECIALIDADE: Arquitetura - Levantamento do Existente

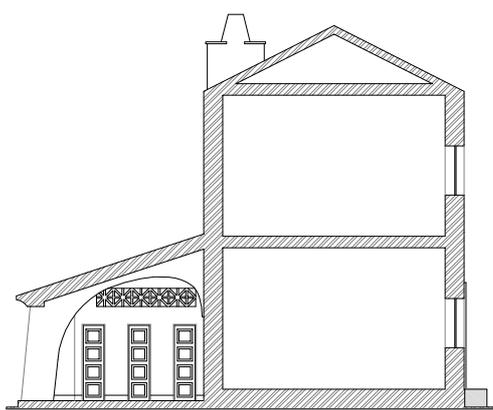
DESENHO: Edifício 2 (Anos 40) - Alçado Principal, Alçado Posterior, Corte A-B



Alçado Lateral Direito



Alçado Lateral Esquerdo



Corte C-D

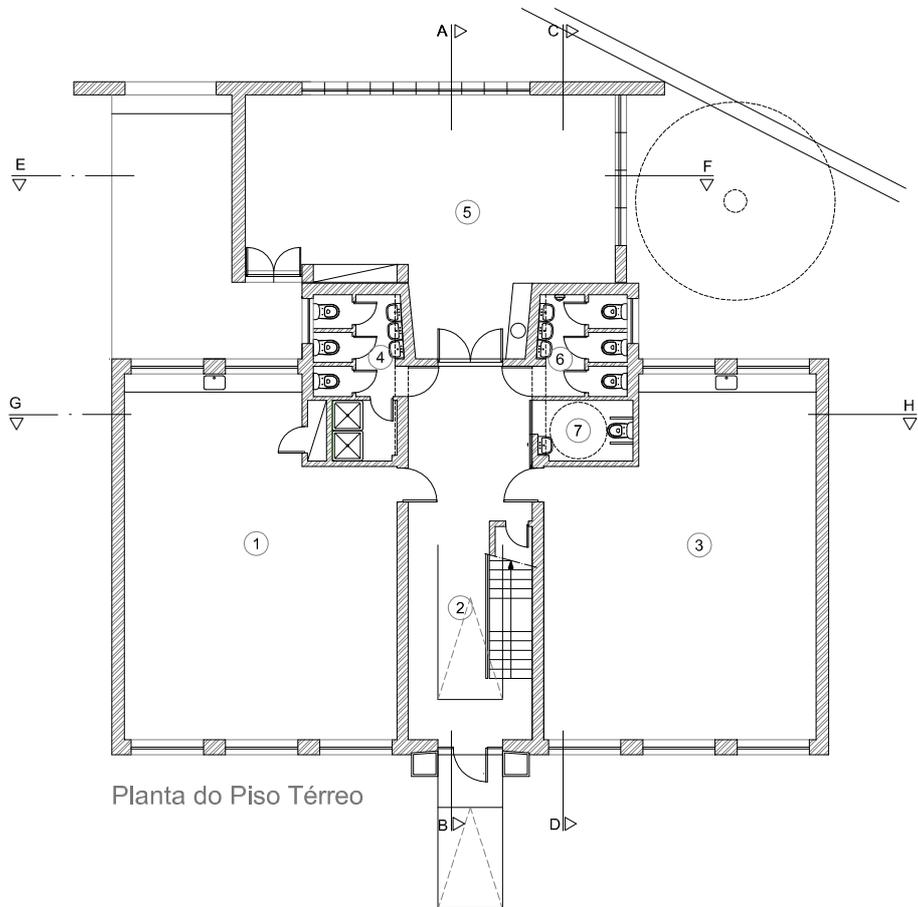
Projeto de Reversão da Escola Primária de Redondo em Pousada da Juventude

ESPECIALIDADE: Arquitetura - Levantamento do Existente

DESENHO: Edifício 2 (Anos 40) - Alçados Laterais, Corte C-D

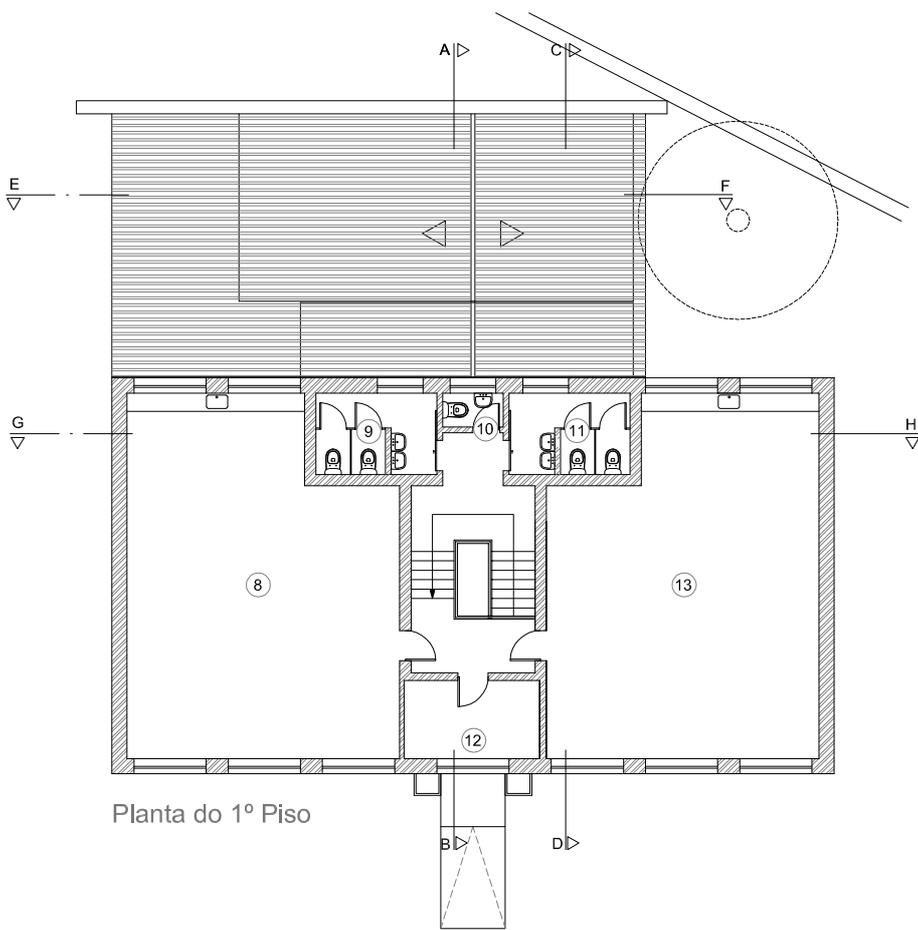
ESCALA: 1/200

DES.N: 7



Planta do Piso Térreo

| Designação / Área |                     |                     |
|-------------------|---------------------|---------------------|
| 1                 | Sala de Aula        | 63.38m <sup>2</sup> |
| 2                 | Hall                | 27.55m <sup>2</sup> |
| 3                 | Sala de Aula        | 63.38m <sup>2</sup> |
| 4                 | Inst. Sanit.        | 7.98m <sup>2</sup>  |
| 5                 | Sala de Aula        | 55.08m <sup>2</sup> |
| 6                 | Inst. Sanit.        | 6.10m <sup>2</sup>  |
| 7                 | Inst. Sanit.        | 4.10m <sup>2</sup>  |
| 8                 | Sala de Aulas       | 63.39m <sup>2</sup> |
| 9                 | Inst. Sanit.        | 6.80m <sup>2</sup>  |
| 10                | Inst. Sanit. Prof.  | 1.55m <sup>2</sup>  |
| 11                | Inst. Sanit.        | 6.80m <sup>2</sup>  |
| 12                | Sala de Professores | 7.56m <sup>2</sup>  |
| 13                | Sala de Aulas       | 63.39m <sup>2</sup> |



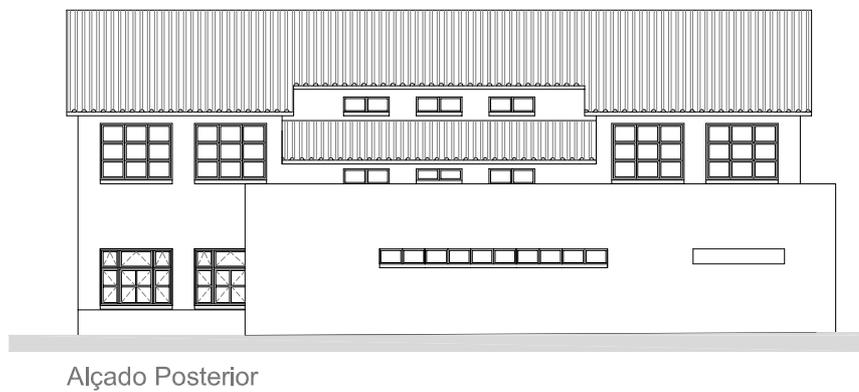
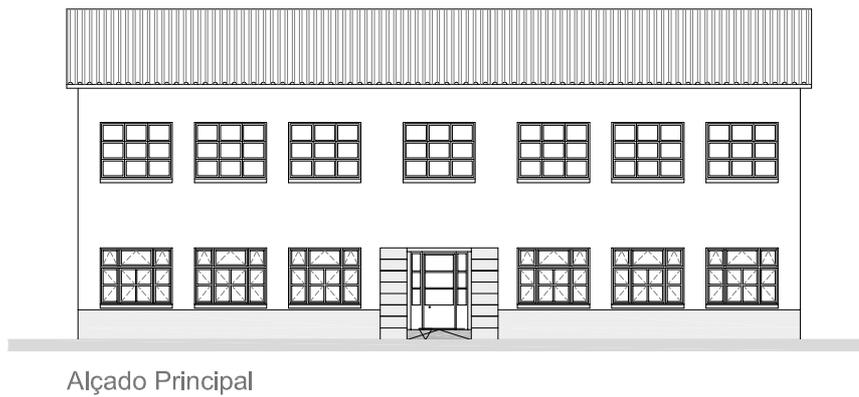
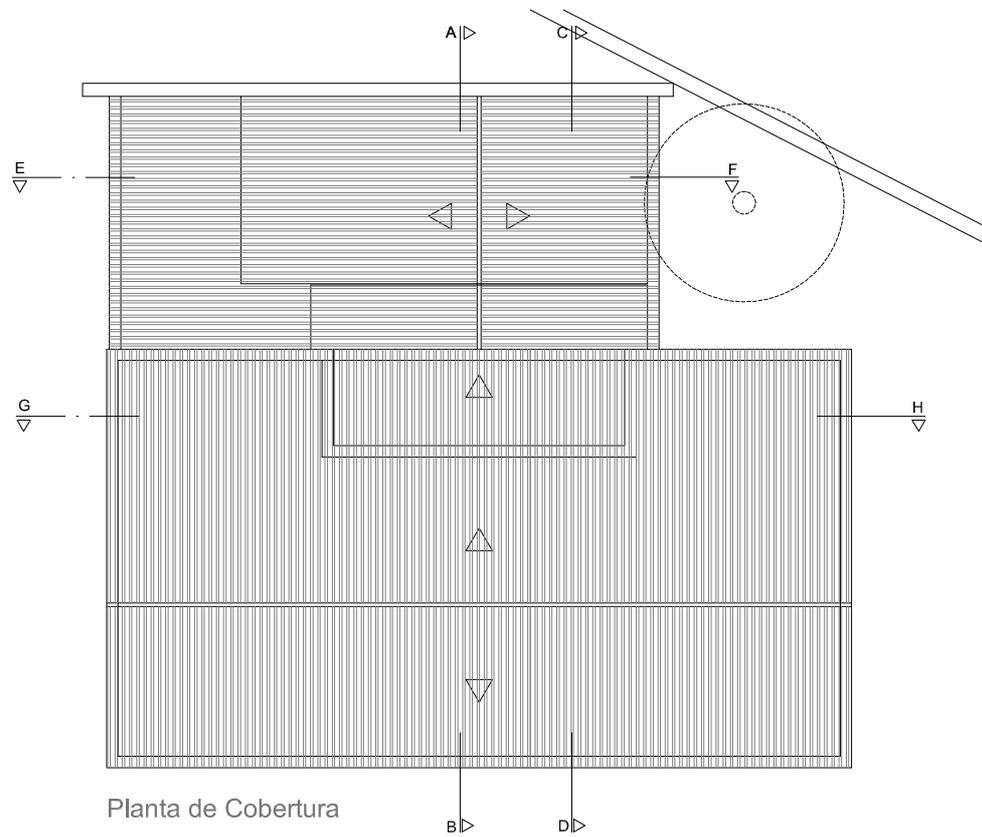
Planta do 1º Piso

Projeto de Reconversão da Escola Primária de Redondo em Pousada da Juventude

ESCALA: 1/200  
DES.N: 8

ESPECIALIDADE: Arquitetura - Levantamento do Existente

DESENHO: Edifício 3 (Anos 70) - Planta do Piso Térreo, Planta do 1ºPiso



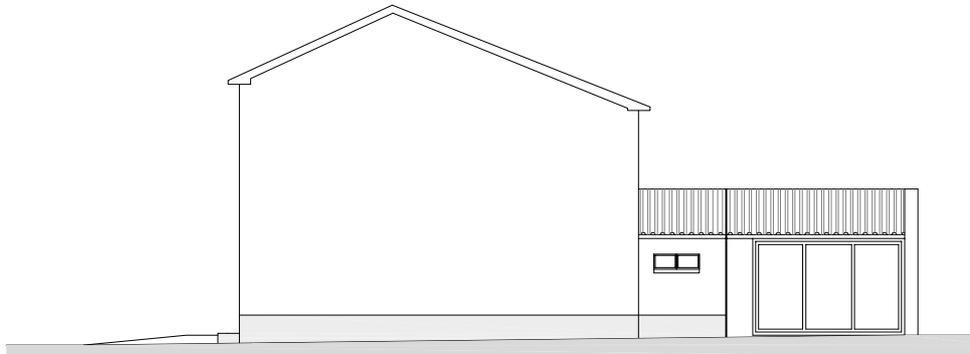
Projeto de Reversão da Escola Primária de Redondo em Pousada da Juventude

ESPECIALIDADE: Arquitetura - Levantamento do Existente

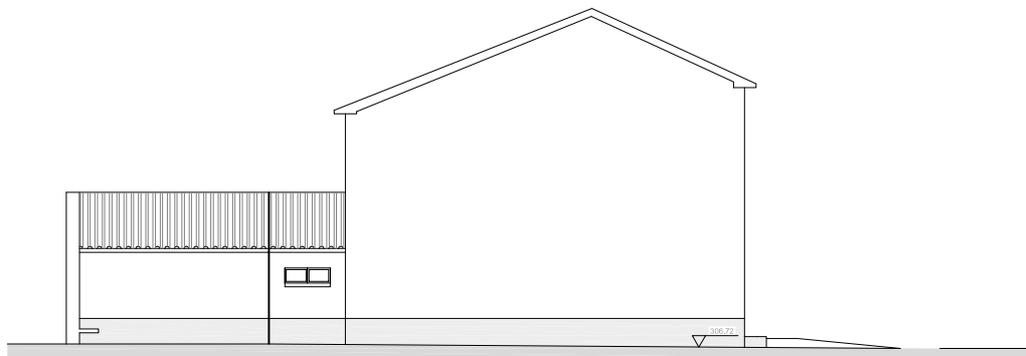
DESENHO: Edifício 3 (Anos 70) - Planta de Cobertura, Alçado Principal, Alçado Posterior

ESCALA: 1/200

DES.N: 9



Alçado Lateral Direito



Alçado Lateral Esquerdo

Projeto de Reconversão da Escola Primária de Redondo em Pousada da Juventude

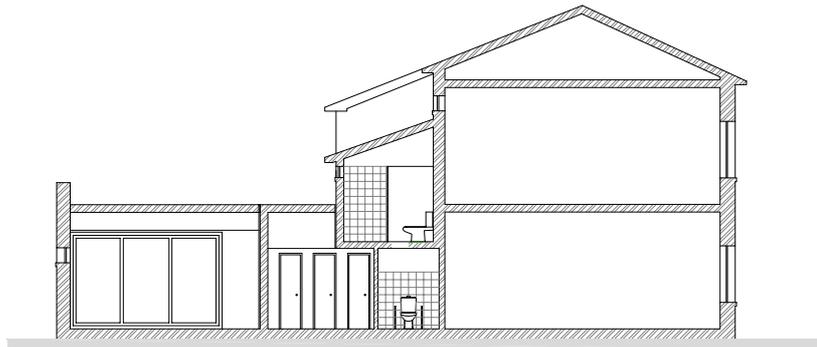
ESCALA: 1/200  
DES.N: 10

ESPECIALIDADE: Arquitetura - Levantamento do Existente

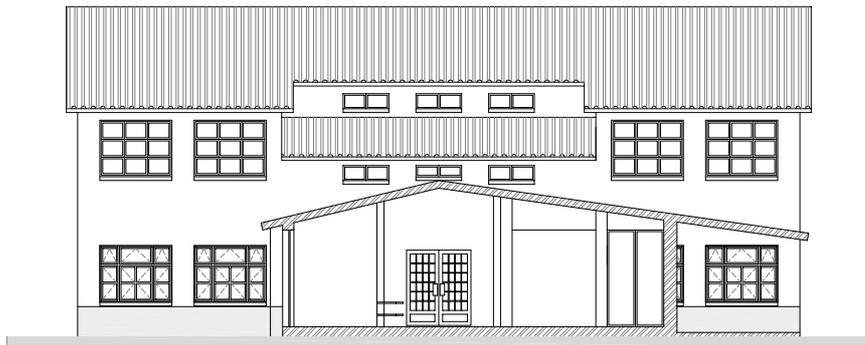
DESENHO: Edifício 3 (Anos 70) - Alçado Lateral Direito, Alçado Lateral Esquerdo



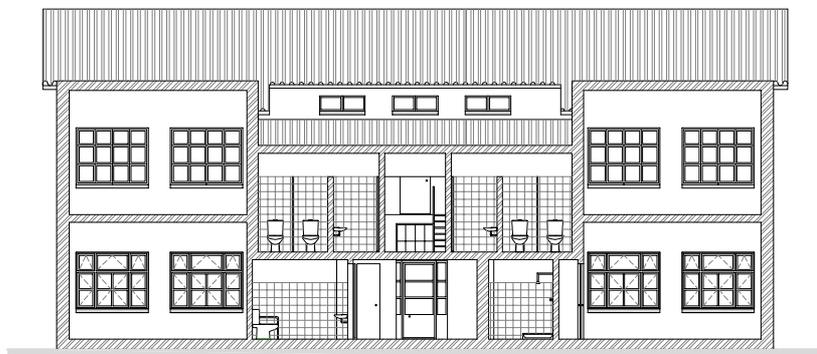
Corte A-B



Corte C-D



Corte E-F



Corte G-H

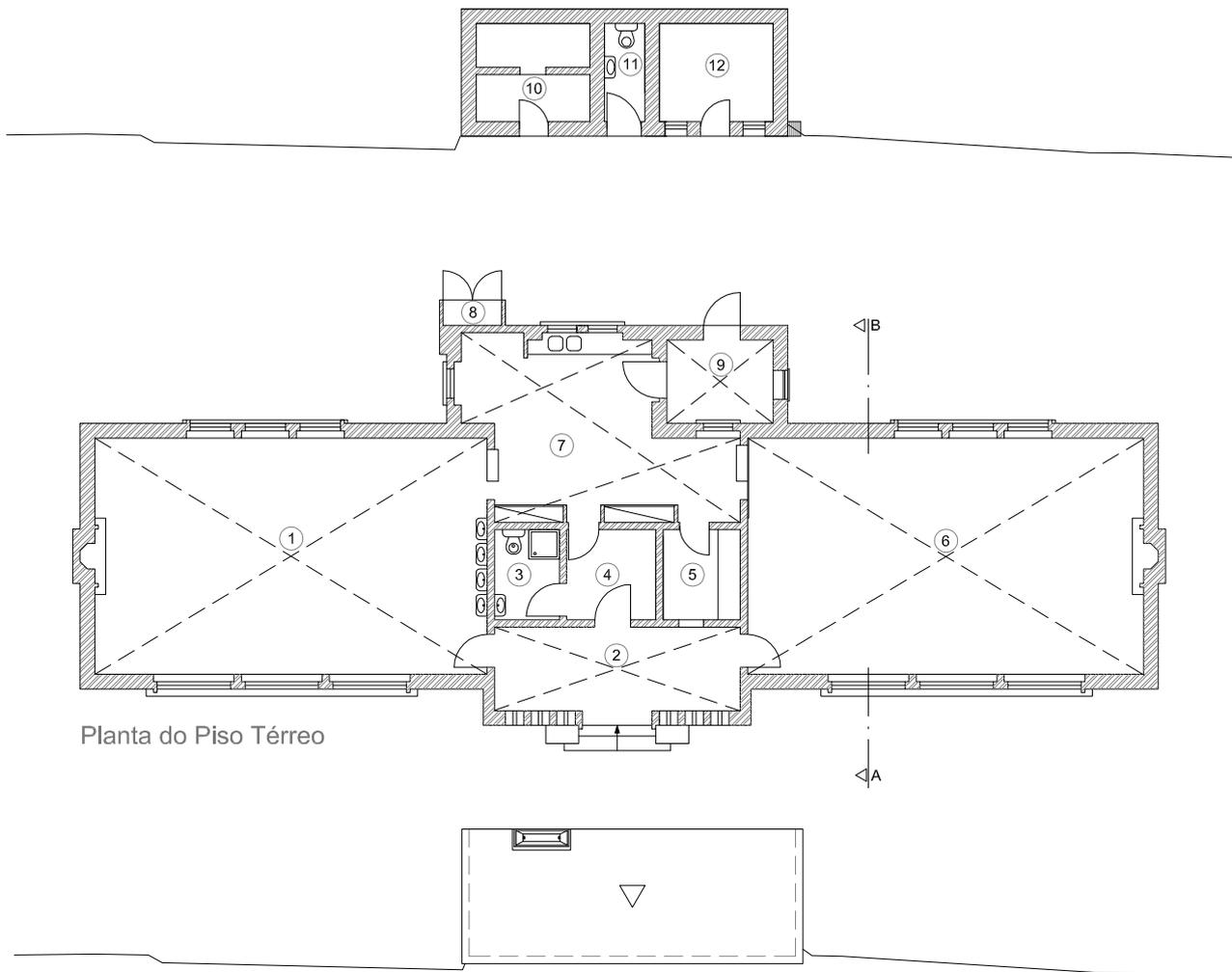
Projeto de Reversão da Escola Primária de Redondo em Pousada da Juventude

ESPECIALIDADE: Arquitetura - Levantamento do Existente

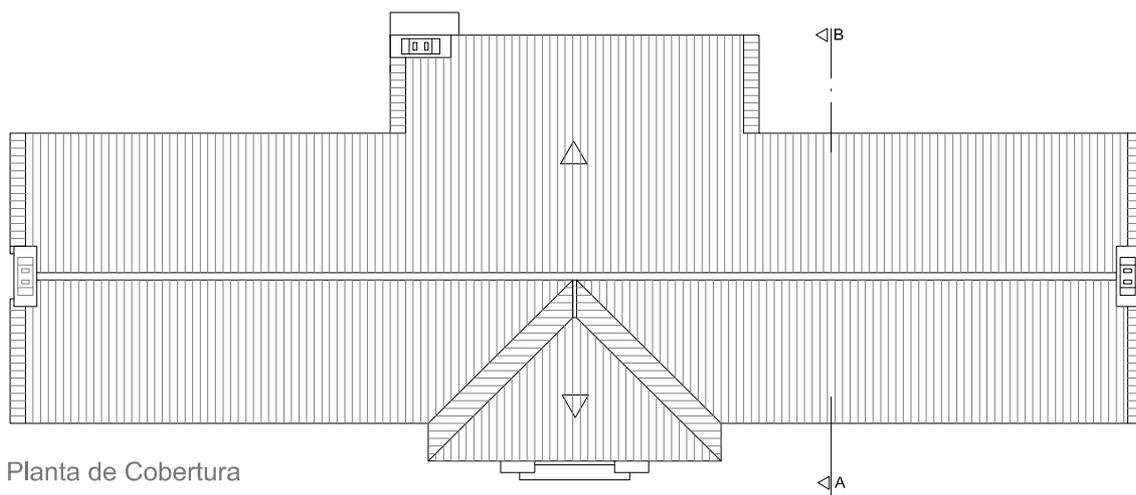
DESENHO: Edifício 3 (Anos 70) - Cortes

ESCALA: 1/200

DES.N: 11



Planta do Piso Têrreo



Planta de Cobertura

Designação / Área

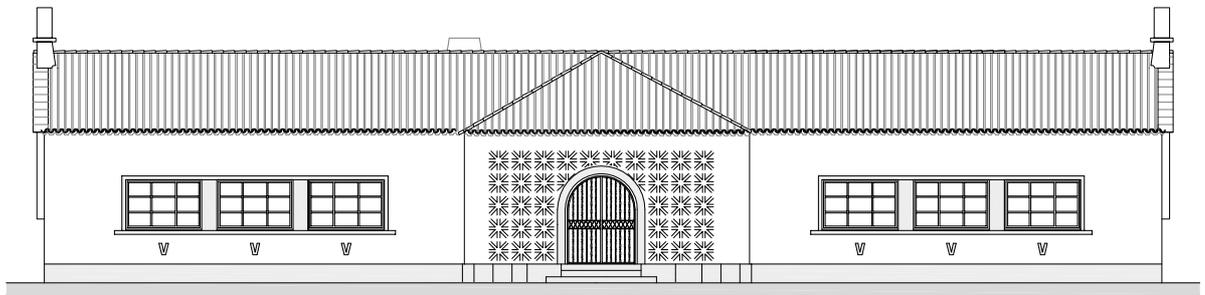
|   |                   |                      |   |                  |                      |    |              |                     |
|---|-------------------|----------------------|---|------------------|----------------------|----|--------------|---------------------|
| 1 | Sala de refeições | 69.40 m <sup>2</sup> | 5 | Arrumos          | 5.20 m <sup>2</sup>  | 9  | Alpendre     | 8.74 m <sup>2</sup> |
| 2 | Hall              | 4.80 m <sup>2</sup>  | 6 | Concelho Escolar | 70.20 m <sup>2</sup> | 10 | Forno        | 4.03 m <sup>2</sup> |
| 3 | Inst. Sanit.      | 4.38 m <sup>2</sup>  | 7 | Cozinha          | 28.08 m <sup>2</sup> | 11 | Inst. Sanit. | 2.09 m <sup>2</sup> |
| 4 | Zona de Passagem  | 6.02 m <sup>2</sup>  | 8 | Gás              | 1.12 m <sup>2</sup>  | 12 | Arrumos      | 8.37 m <sup>2</sup> |

Projeto de Reconversão da Escola Primária de Redondo em Pousada da Juventude

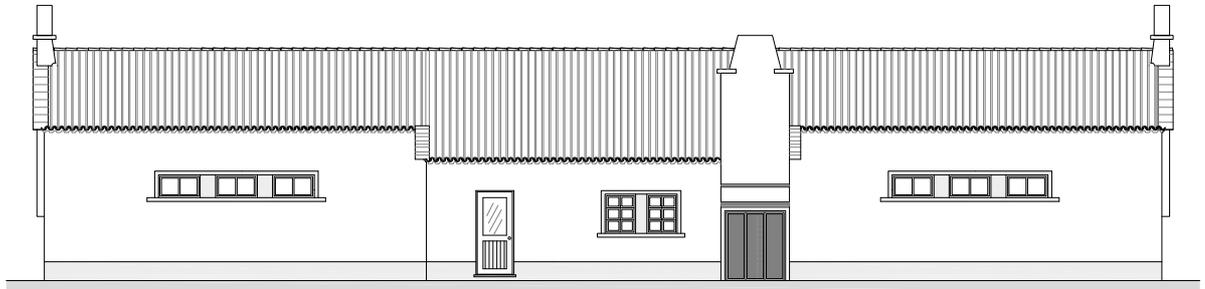
ESCALA: 1/200  
DES.N: 12

ESPECIALIDADE: Arquitetura - Levantamento do Existente

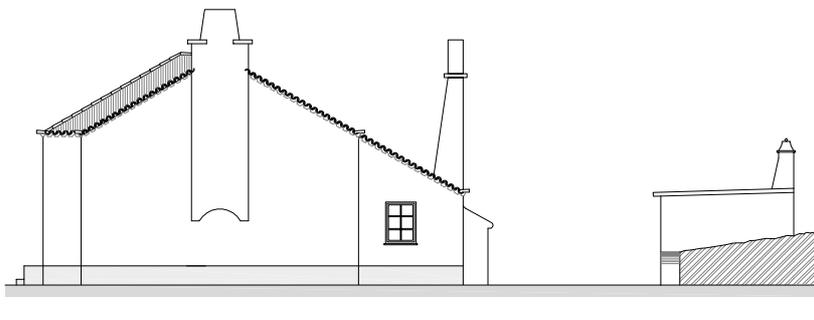
DESENHO: Edifício 4 - Planta de Piso, Planta de Cobertura



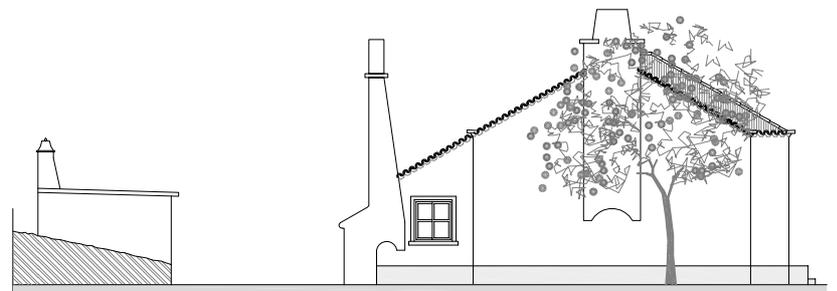
Alçado Principal



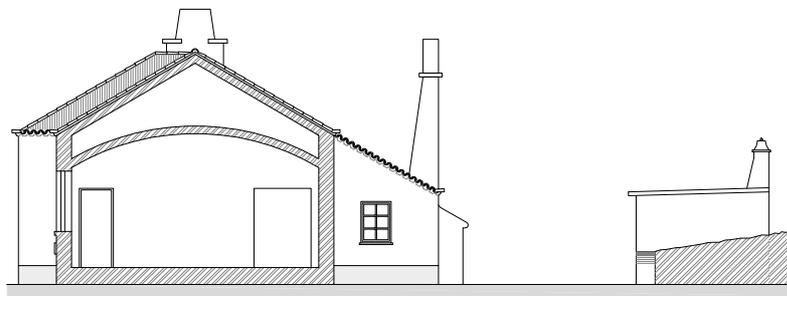
Alçado Posterior



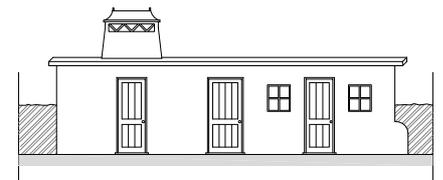
Alçado Lateral Direito



Alçado Lateral Esquerdo



Corte A-B



Alçado Principal (anexo)

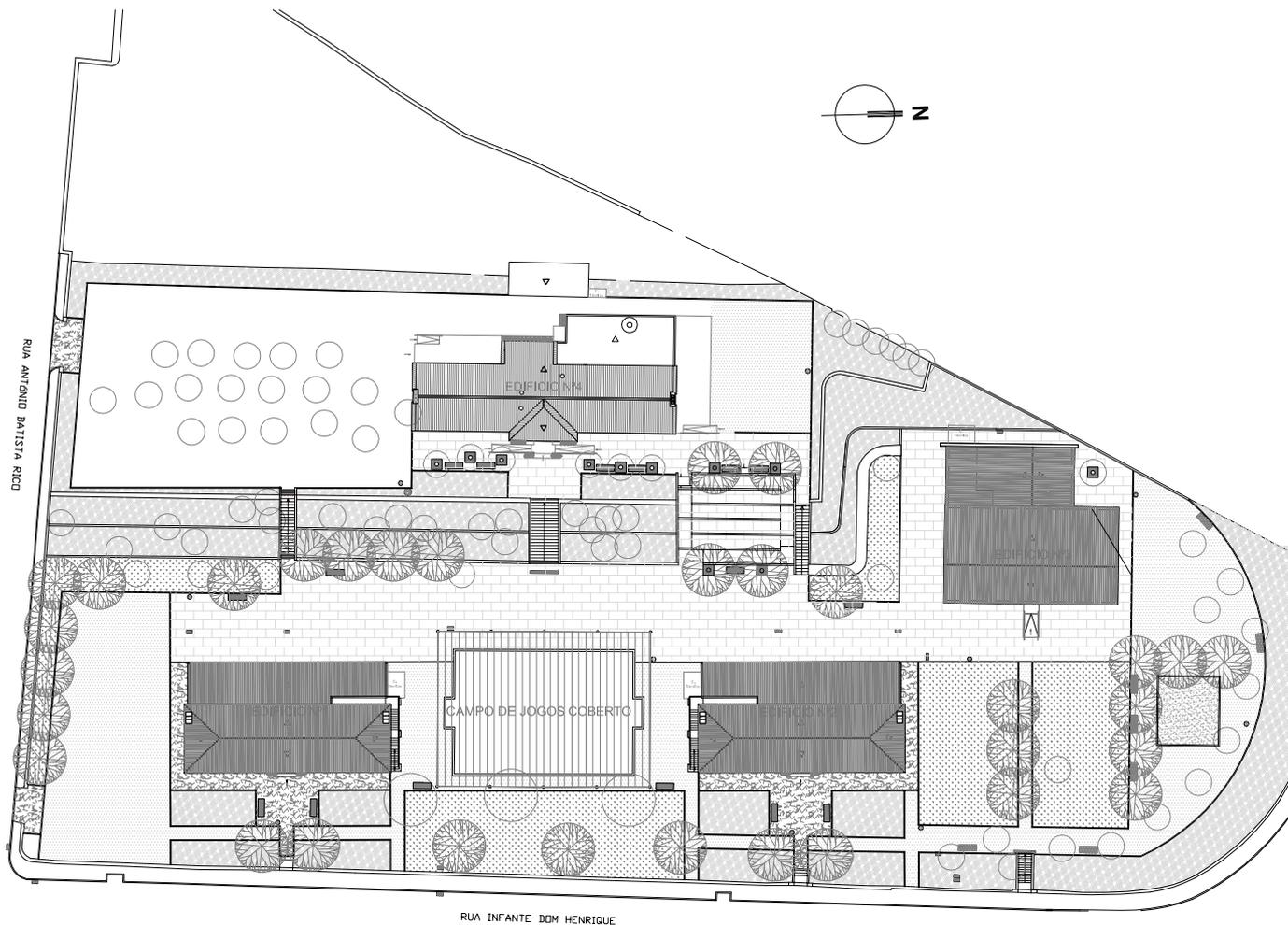
Projeto de Reversão da Escola Primária de Redondo em Pousada da Juventude

ESPECIALIDADE: Arquitetura - Levantamento do Existente

DESENHO: Edifício 4 - Alçados e Corte A-B

ESCALA: 1/200

DES.N: 13

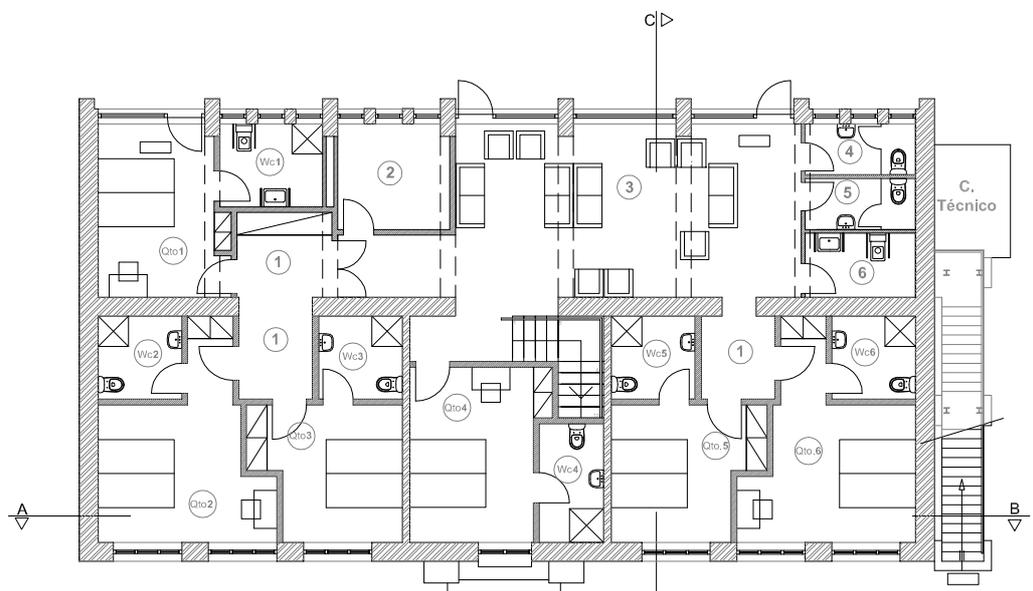


Projeto de Reconversão da Escola Primária de Redondo em Pousada da Juventude

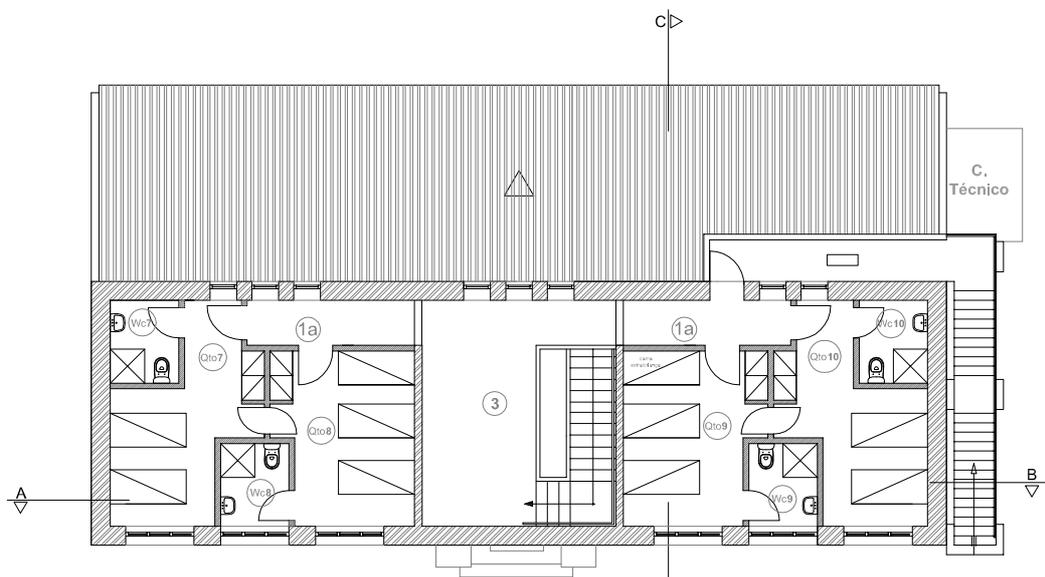
ESCALA: 1/400  
DES.N: 14

ESPECIALIDADE: Arquitetura - Proposto

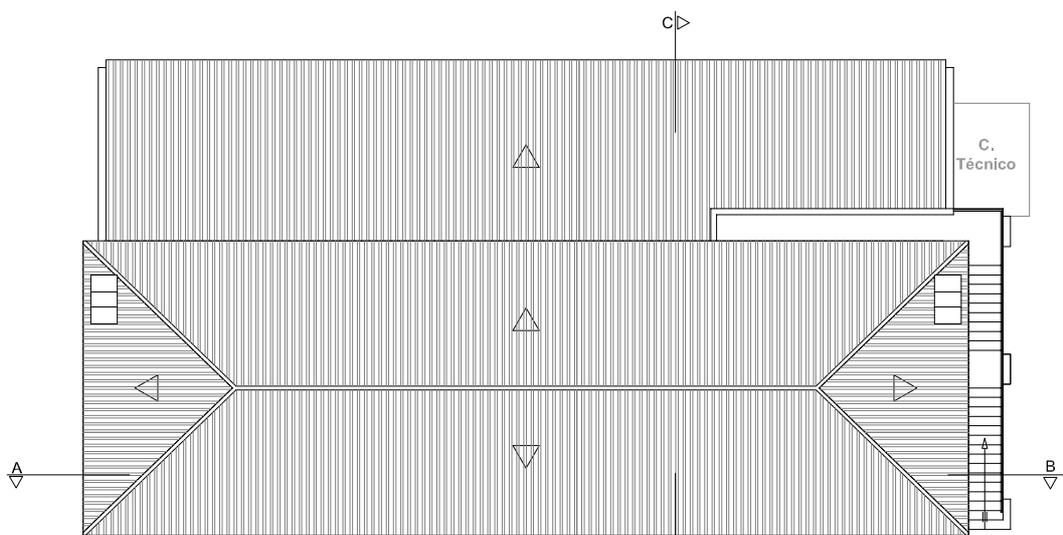
DESENHO: Planta de Implantação



Planta do Piso Térreo



Planta do 1º Piso



Planta de Cobertura

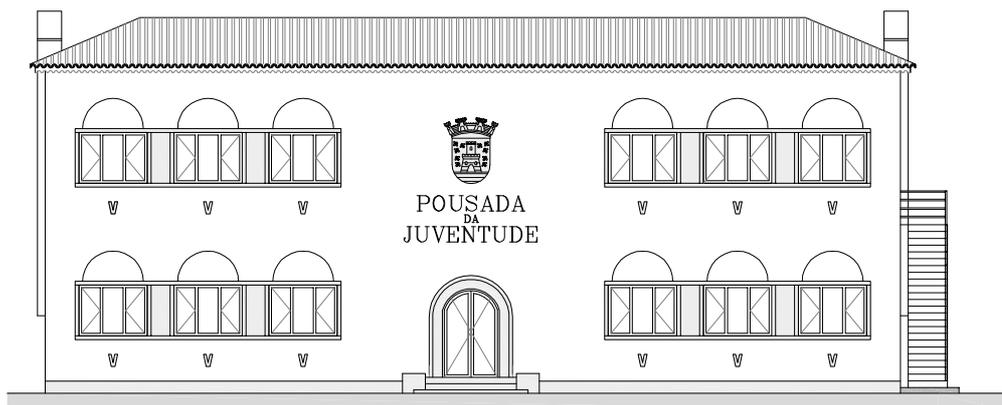
Projeto de Reversão da Escola Primária de Redondo em Pousada da Juventude

ESPECIALIDADE: Arquitetura - Proposto

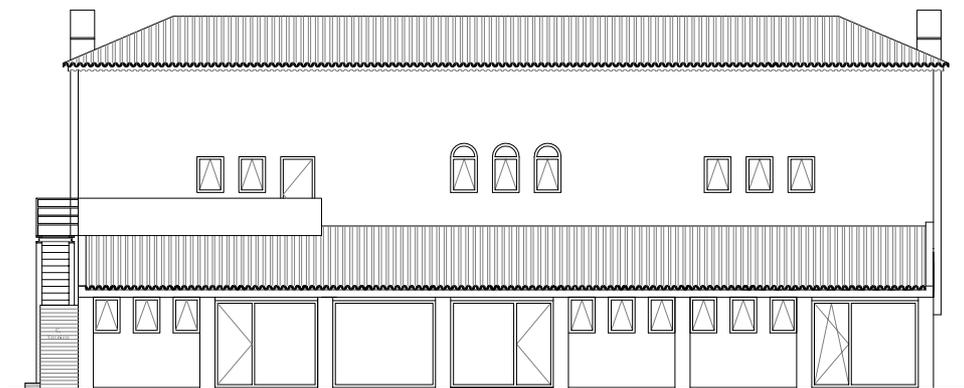
DESENHO: Edifício 1 (Anos 40) - Planta dos Pisos e Planta de Cobertura

ESCALA: 1/200

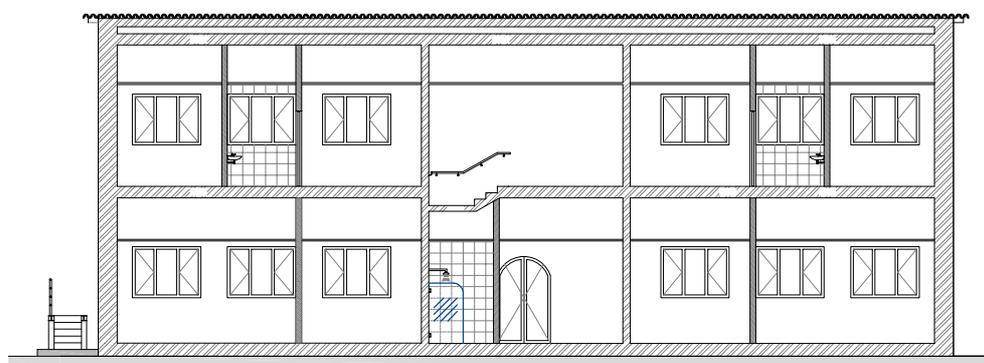
DES.N: 15



Alçado Principal



Alçado Posterior



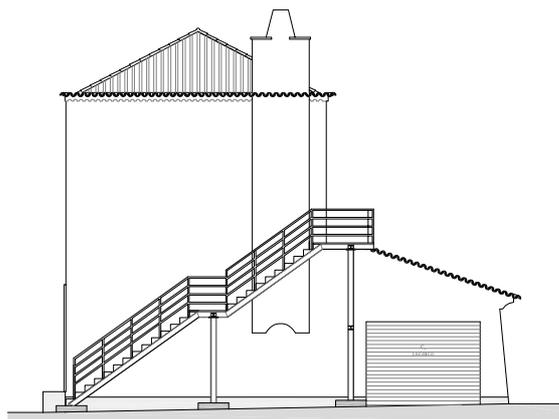
Corte A-B

Projeto de Reconversão da Escola Primária de Redondo em Pousada da Juventude

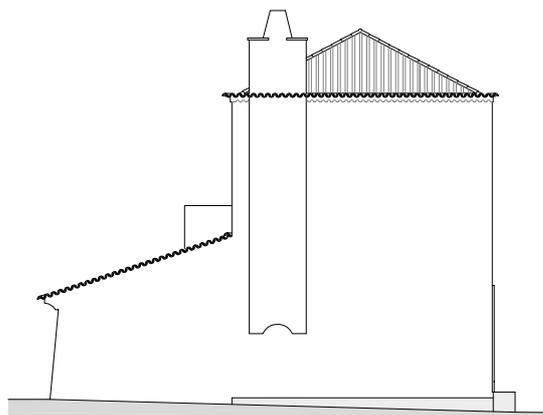
ESCALA: 1/200  
DES.N: 16

ESPECIALIDADE: Arquitetura - Proposto

DESENHO: Edifício 1 (Anos 40) - Alçado Principal, Alçado Posterior, Corte A-B



Alçado Lateral Direito



Alçado Lateral Esquerdo



Corte C-D

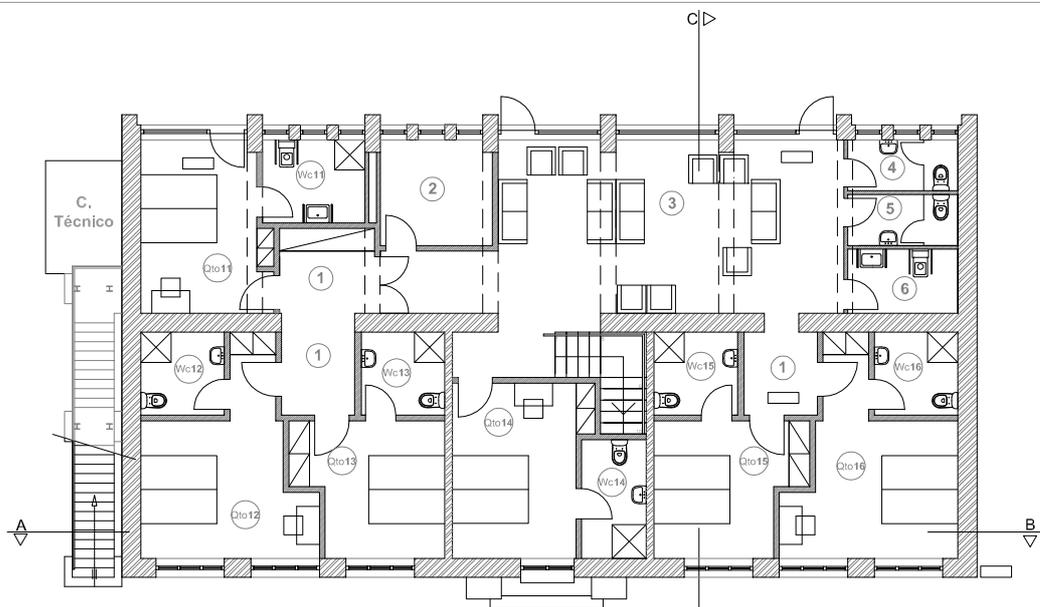
Projeto de Reversão da Escola Primária de Redondo em Pousada da Juventude

ESPECIALIDADE: Arquitetura - Proposto

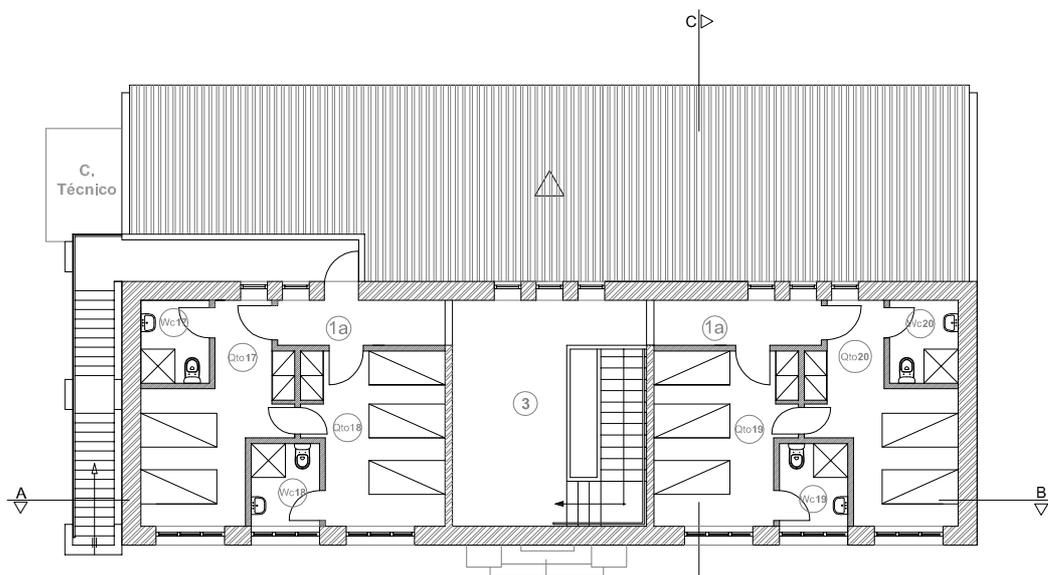
DESENHO: Edifício 1 (Anos 40) - Alçados Laterais, Corte C-D

ESCALA: 1/200

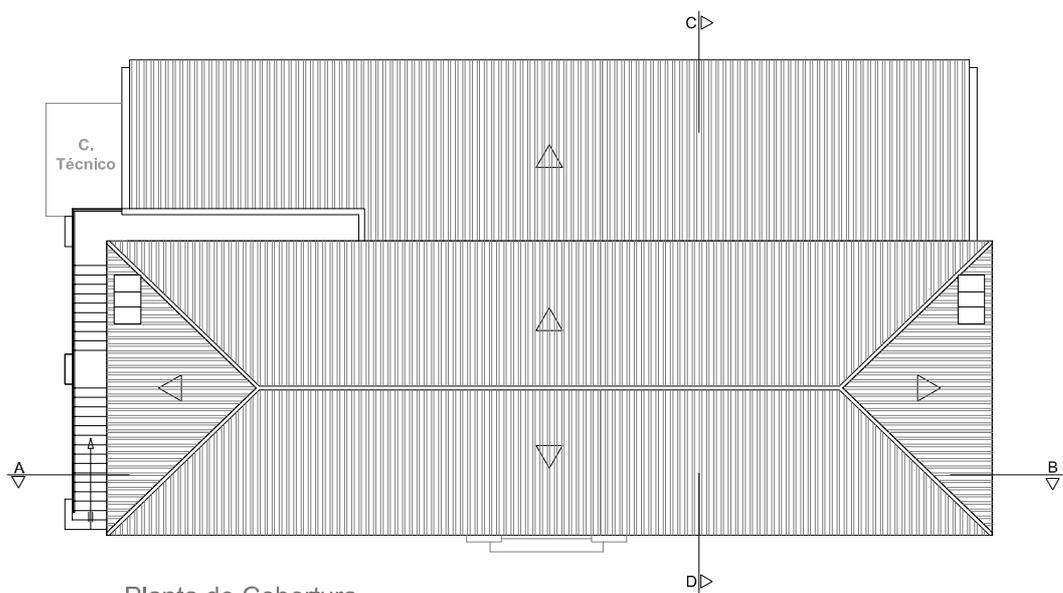
DES.N: 17



Planta do Piso Térreo



Planta do 1º Piso



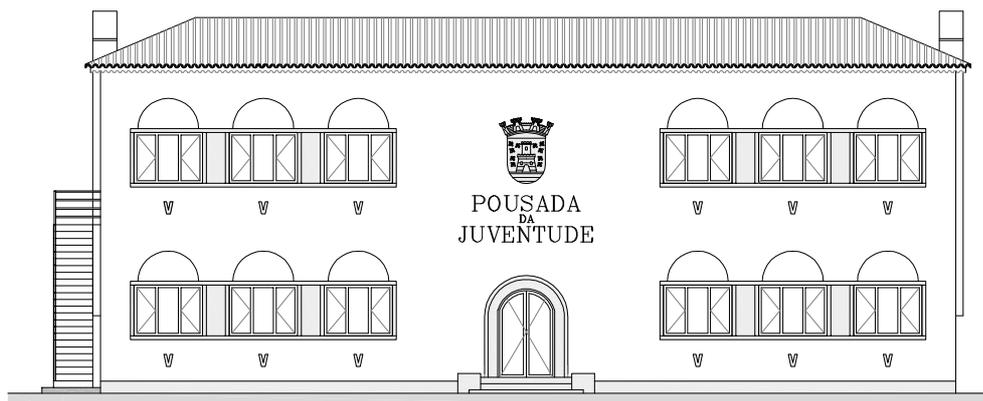
Planta de Cobertura

Projeto de Reconversão da Escola Primária de Redondo em Pousada da Juventude

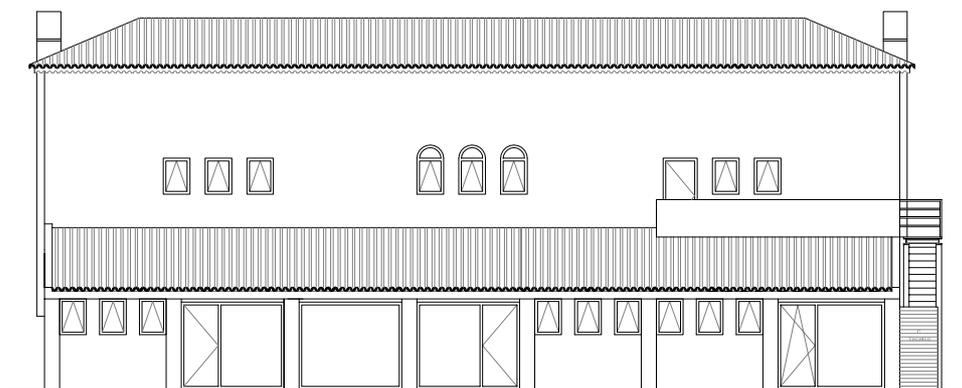
ESCALA: 1/200  
DES.N: 18

ESPECIALIDADE: Arquitetura - Proposto

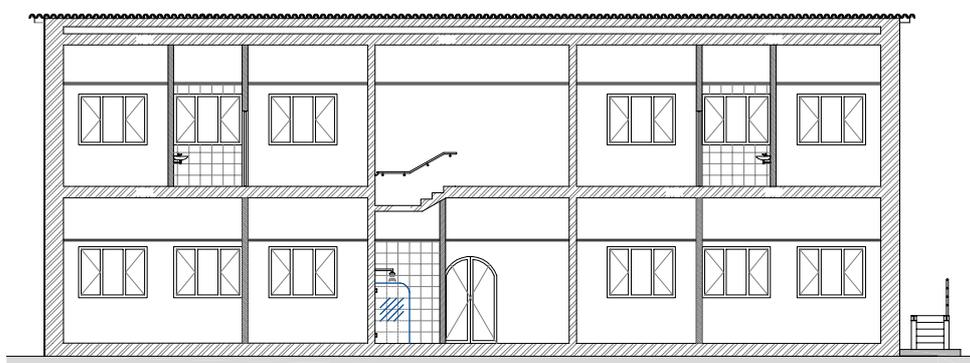
DESENHO: Edifício 2 (Anos 40) - Planta dos Pisos, Planta de Cobertura



Alçado Principal



Alçado Posterior



Corte A-B

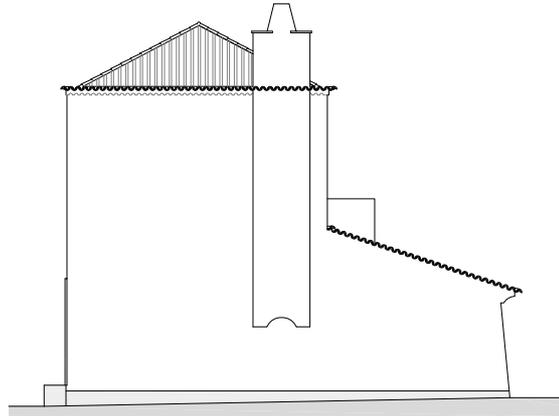
Projeto de Reversão da Escola Primária de Redondo em Pousada da Juventude

ESPECIALIDADE: Arquitetura - Proposto

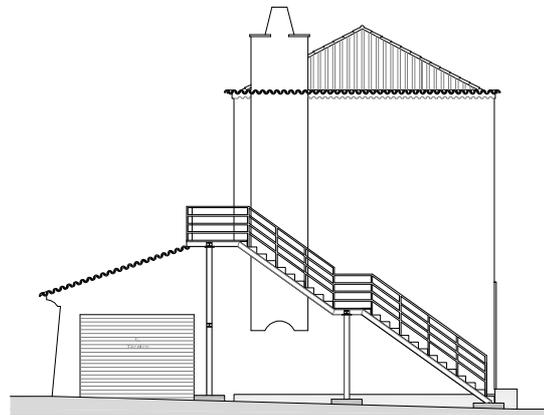
DESENHO: Edifício 2 (Anos 40) - Alçado Principal, Alçado Posterior, Corte A-B

ESCALA: 1/200

DES.N: 19



Alçado Lateral Direito



Alçado Lateral Esquerdo



Corte C-D

Projeto de Reconversão da Escola Primária de Redondo em Pousada da Juventude

ESCALA: 1/200  
DES.N: 20

ESPECIALIDADE: Arquitetura - Proposto

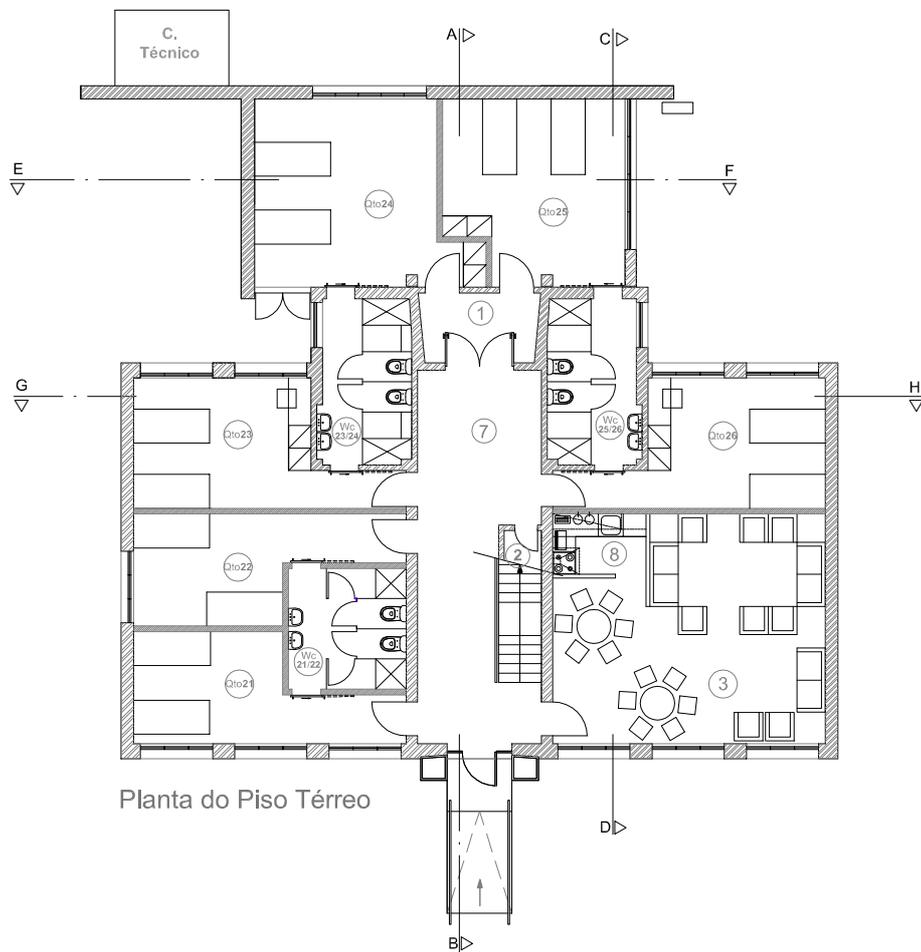
DESENHO: Edifício 2 (Anos 40) - Alçados Laterais, Corte C-D

## Edifício 1

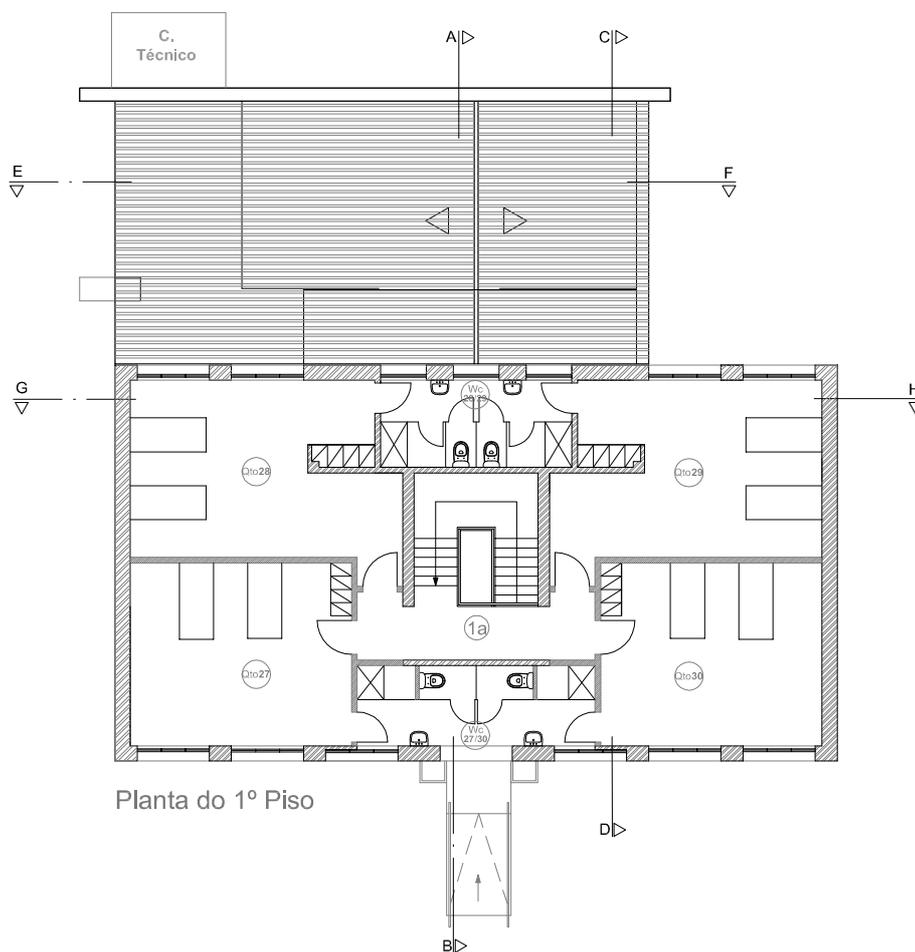
|      |                           |              |       |                            |              |
|------|---------------------------|--------------|-------|----------------------------|--------------|
| Qto1 | Quarto nº1                | Área 14,40m2 | Qto6  | Quarto nº6                 | Área 18,10m2 |
| Wc1  | Inst. Sanit. do Qto. nº1  | Área 5,95m2  | Wc6   | Inst. Sanit. do Qto. nº6   | Área 4,84m2  |
| Qto2 | Quarto nº2                | Área 18,17m2 | Qto7  | Quarto nº7                 | Área 15,01m2 |
| Wc2  | Inst. Sanit. do Qto. nº2  | Área 4,84m2  | Wc7   | Inst. Sanit. do Qto. nº7   | Área 3,96m2  |
| Qto3 | Quarto nº3                | Área 13,17m2 | Qto8  | Quarto nº8                 | Área 16,14m2 |
| Wc3  | Inst. Sanit. do Qto. nº3  | Área 4,84m2  | Wc8   | Inst. Sanit. do Qto. nº8   | Área 3,96m2  |
| Qto4 | Quarto nº4                | Área 15,79m2 | Qto9  | Quarto nº9                 | Área 16,14m2 |
| Wc4  | Inst. Sanit. do Qto. nº4  | Área 5,35m2  | Wc9   | Inst. Sanit. do Qto. nº9   | Área 3,96m2  |
| Qto5 | Quarto nº5                | Área 13,16m2 | Qto10 | Quarto nº10                | Área 15,00m2 |
| Wc5  | Inst. Sanit. do Qto. nº5  | Área 4,84m2  | Wc10  | Inst. Sanit. do Qto. nº10  | Área 3,96m2  |
| 1    | Hall Distrib. dos Quartos | Área 5,50m2  | 4     | Inst. Sanit. de Senhoras   | Área 3,91m2  |
| 1a   | Corredor Distrib Quartos  | Área 5,50m2  | 5     | Inst. Sanit. de Homens     | Área 3,91m2  |
| 2    | Compar. de Arrumos        | Área 8,18m2  | 6     | Inst. Sanit. de Mob. Cond. | Área 4,93m2  |
| 3    | Sala de Conv. Estar       | Área 46,91m2 |       |                            |              |

## Edifício 2

|       |                           |              |       |                            |              |
|-------|---------------------------|--------------|-------|----------------------------|--------------|
| Qto11 | Quarto nº11               | Área 14,40m2 | Qto16 | Quarto nº16                | Área 18,10m2 |
| Wc11  | Inst. Sanit. do Qto. nº11 | Área 5,95m2  | Wc16  | Inst. Sanit. do Qto. nº16  | Área 4,84m2  |
| Qto12 | Quarto nº12               | Área 18,17m2 | Qto17 | Quarto nº17                | Área 15,01m2 |
| Wc12  | Inst. Sanit. do Qto. nº12 | Área 4,84m2  | Wc17  | Inst. Sanit. do Qto. nº17  | Área 3,96m2  |
| Qto13 | Quarto nº13               | Área 13,17m2 | Qto18 | Quarto nº18                | Área 16,14m2 |
| Wc13  | Inst. Sanit. do Qto. nº13 | Área 4,84m2  | Wc18  | Inst. Sanit. do Qto. nº18  | Área 3,96m2  |
| Qto14 | Quarto nº14               | Área 15,79m2 | Qto19 | Quarto nº19                | Área 16,14m2 |
| Wc14  | Inst. Sanit. do Qto. nº14 | Área 5,35m2  | Wc19  | Inst. Sanit. do Qto. nº19  | Área 3,96m2  |
| Qto15 | Quarto nº15               | Área 13,16m2 | Qto20 | Quarto nº20                | Área 15,00m2 |
| Wc15  | Inst. Sanit. do Qto. nº15 | Área 4,84m2  | Wc20  | Inst. Sanit. do Qto. nº20  | Área 3,96m2  |
| 1     | Hall Distrib. dos Quartos | Área 5,50m2  | 4     | Inst. Sanit. de Senhoras   | Área 3,91m2  |
| 1a    | Corredor Distrib Quartos  | Área 5,50m2  | 5     | Inst. Sanit. de Homens     | Área 3,91m2  |
| 2     | Compar. de Arrumos        | Área 8,18m2  | 6     | Inst. Sanit. de Mob. Cond. | Área 4,93m2  |
| 3     | Sala de Conv. Estar       | Área 46,91m2 |       |                            |              |



Planta do Piso Térreo



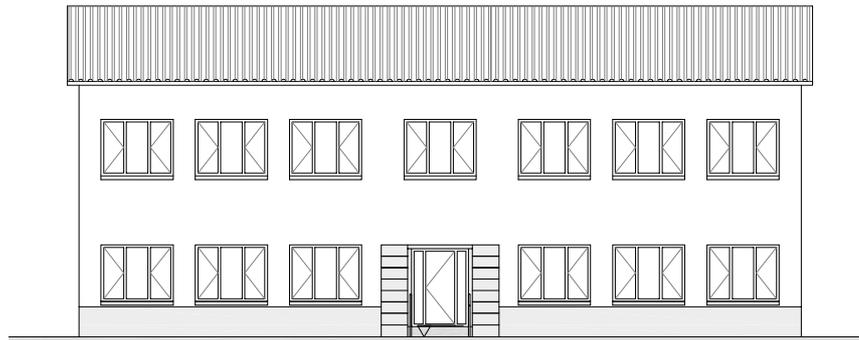
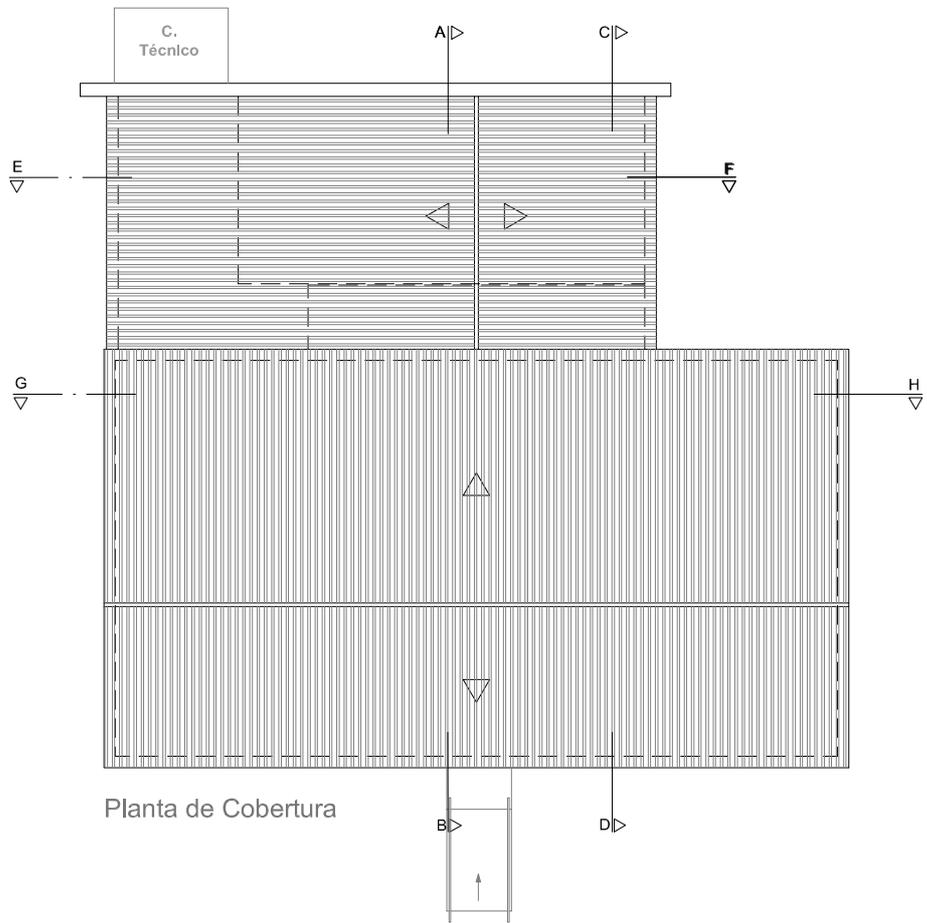
Planta do 1º Piso

Projeto de Reconversão da Escola Primária de Redondo em Pousada da Juventude

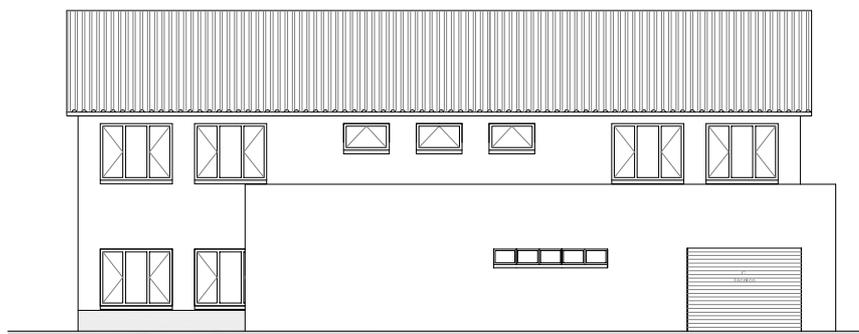
ESCALA: 1/200  
DES.N: 22

ESPECIALIDADE: Arquitetura - Proposto

DESENHO: Edifício 3 (Anos 70) - Planta dos Piso Térreo e Planta do 1ºPiso



Alçado Principal



Alçado Posterior

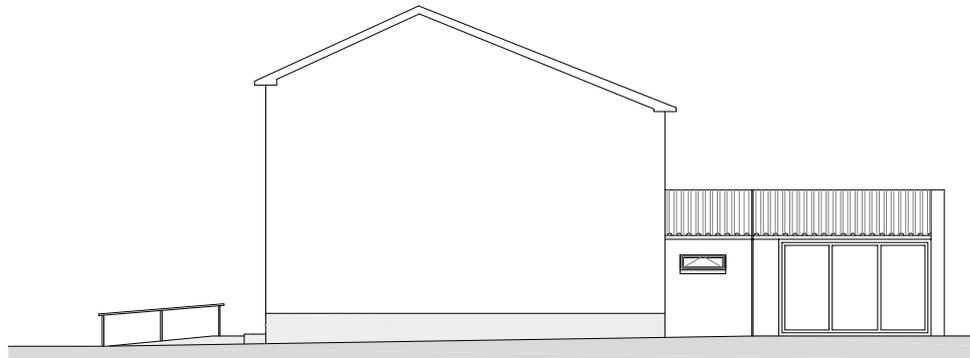
Projeto de Reversão da Escola Primária de Redondo em Pousada da Juventude

ESPECIALIDADE: Arquitetura - Proposto

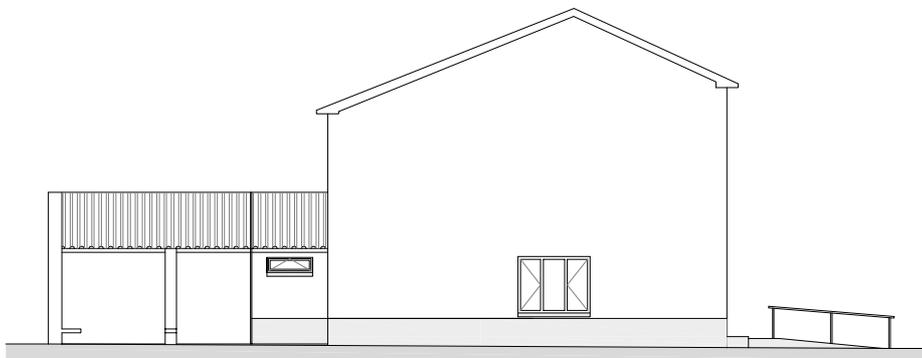
DESENHO: Edifício 3 (Anos 70) - Planta de Cobertura, Alçado Principal, Alçado Posterior

ESCALA: 1/200

DES.N: 23



Alçado Lateral Direito



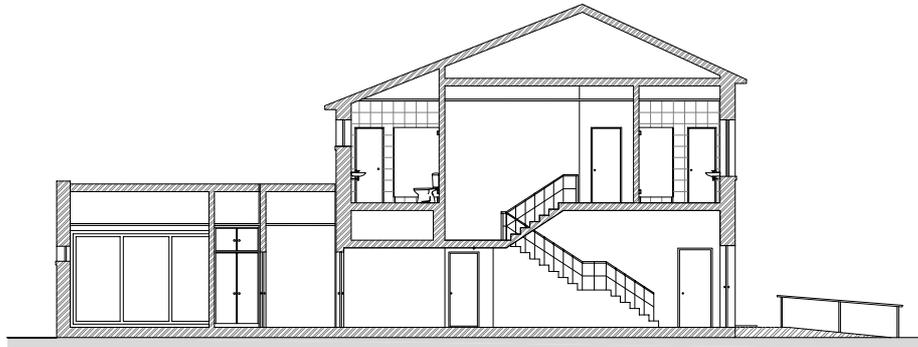
Alçado Lateral Esquerdo

Projeto de Reconversão da Escola Primária de Redondo em Pousada da Juventude

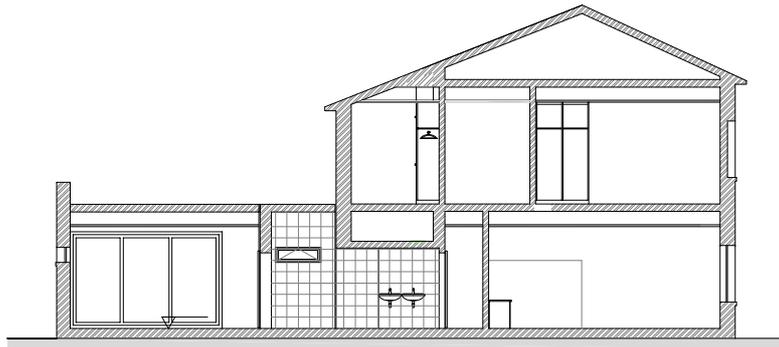
ESCALA: 1/200  
DES.N: 24

ESPECIALIDADE: Arquitetura - Proposto

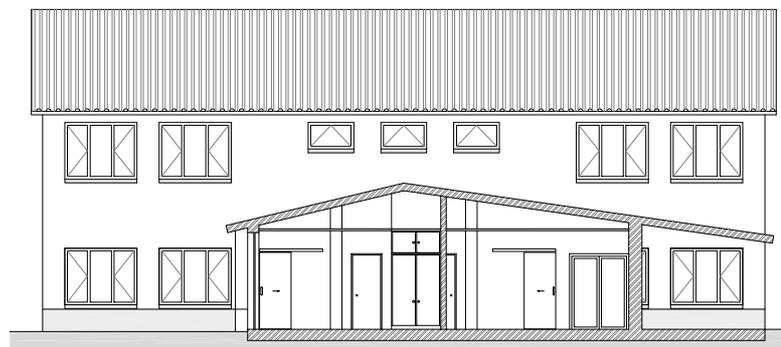
DESENHO: Edifício 3 (Anos 70) - Alçado Lateral Direito, Alçado Lateral Esquerdo



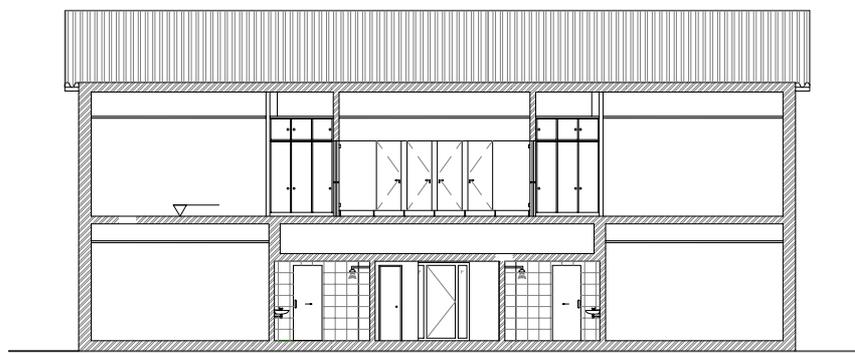
Corte A-B



Corte C-D



Corte E-F



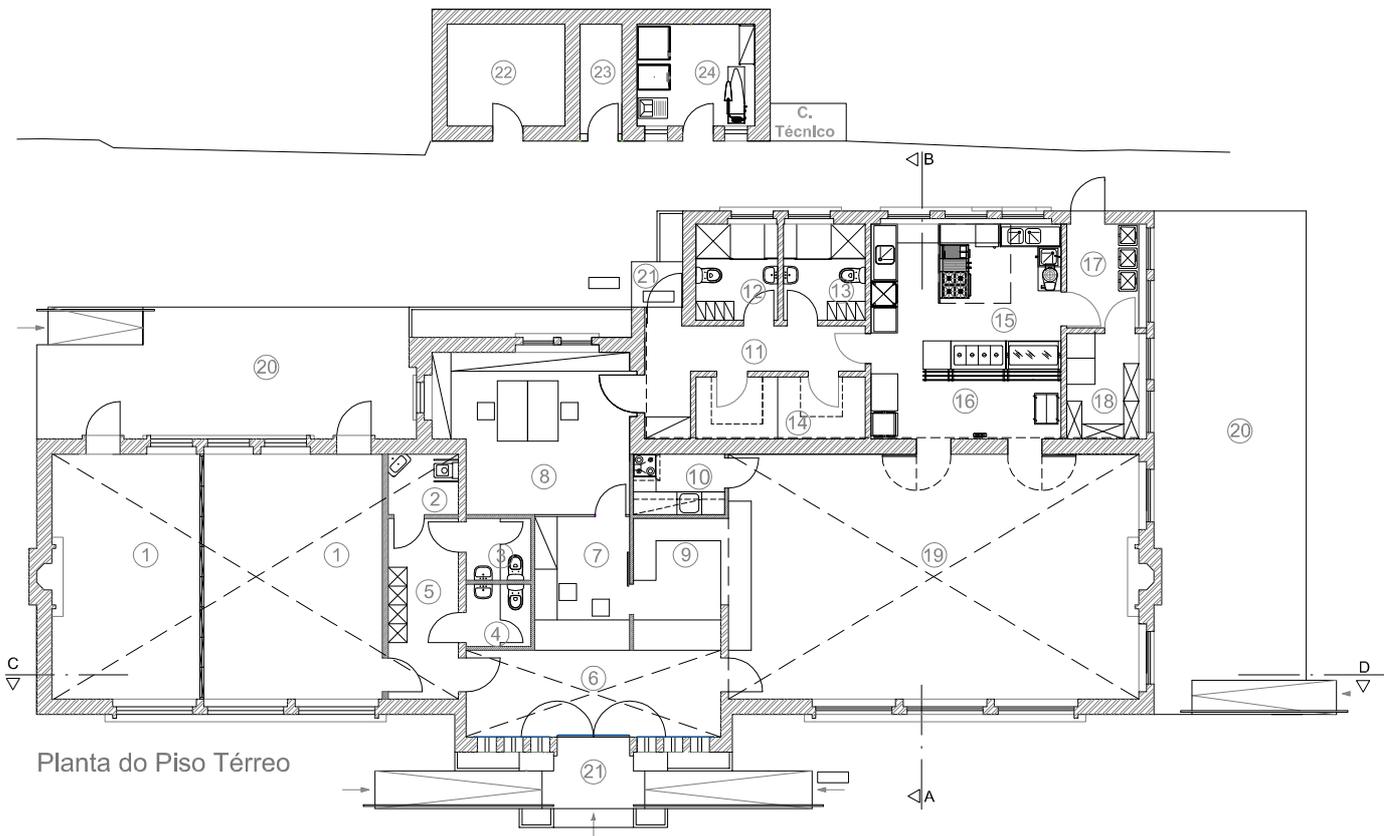
Corte G-H

Projeto de Reversão da Escola Primária de Redondo em Pousada da Juventude

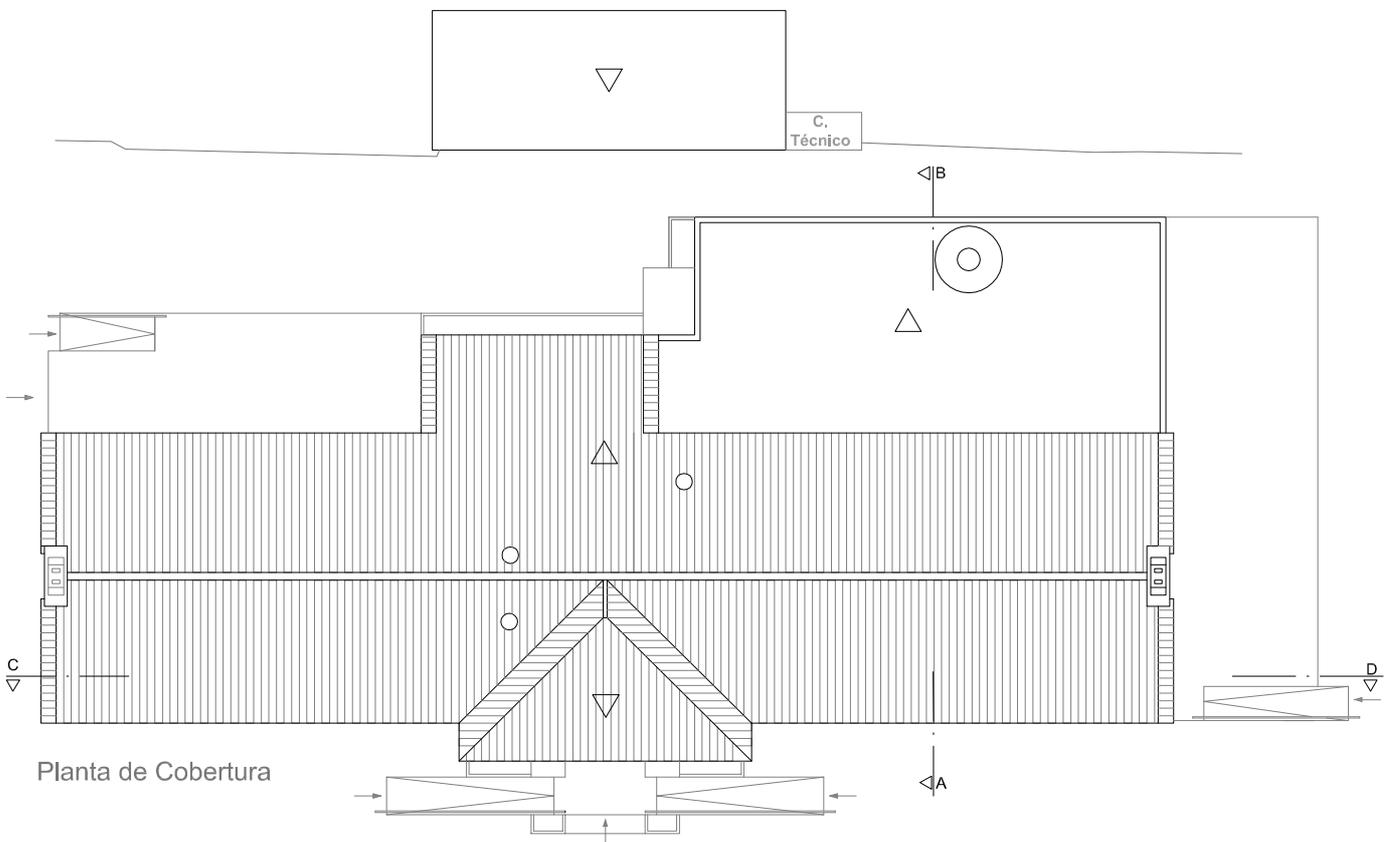
ESPECIALIDADE: Arquitetura - Proposto

DESENHO: Edifício 3 (Anos 70) - Cortes

ESCALA: 1/200  
DES.N: 25



Planta do Piso Térreo



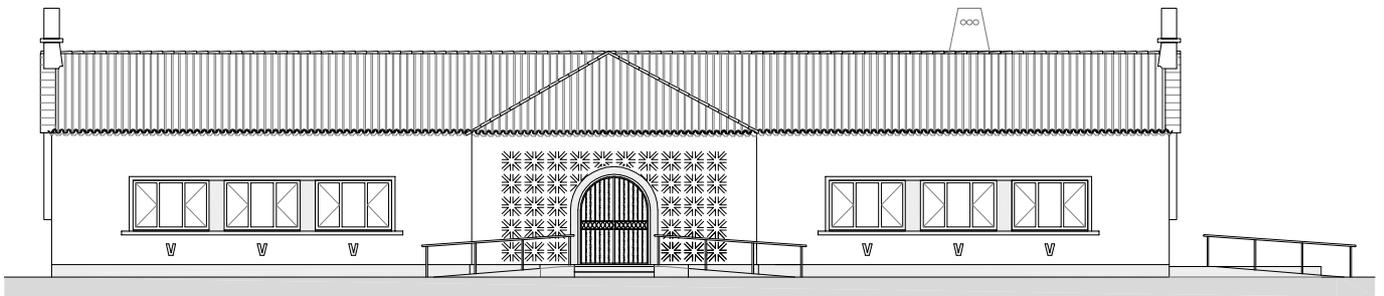
Planta de Cobertura

Projeto de Reconversão da Escola Primária de Redondo em Pousada da Juventude

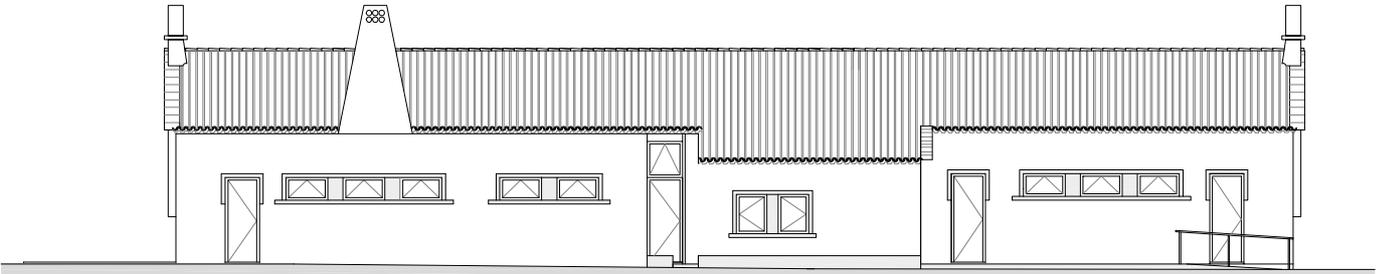
ESCALA: 1/200  
DES.N: 26

ESPECIALIDADE: Arquitetura - Proposto

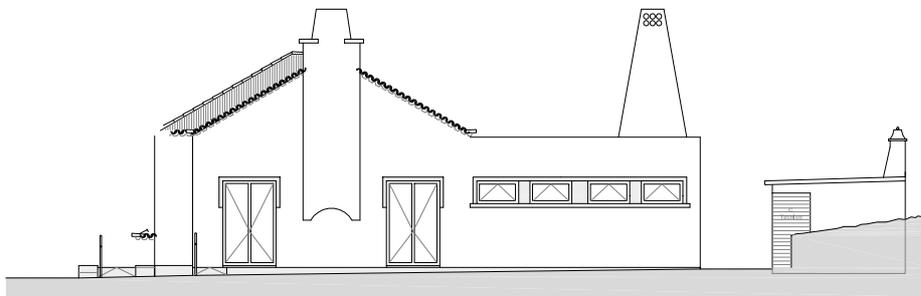
DESENHO: Edifício 4 - Planta de Piso e Planta de Cobertura



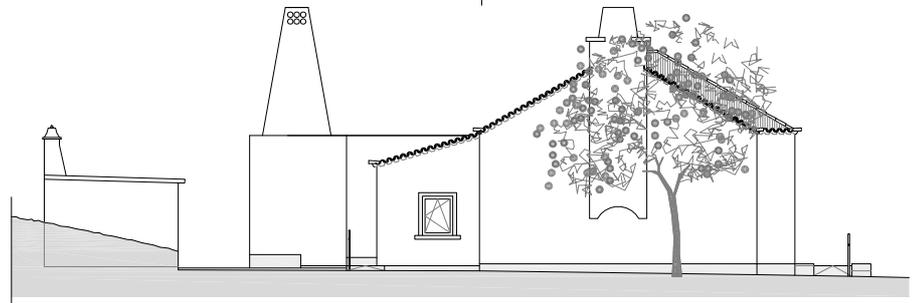
Alçado Principal



Alçado Posterior



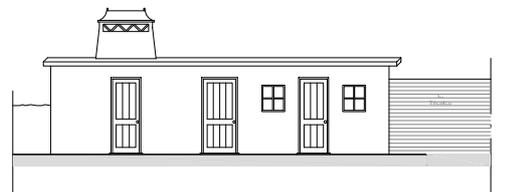
Alçado Lateral Direito



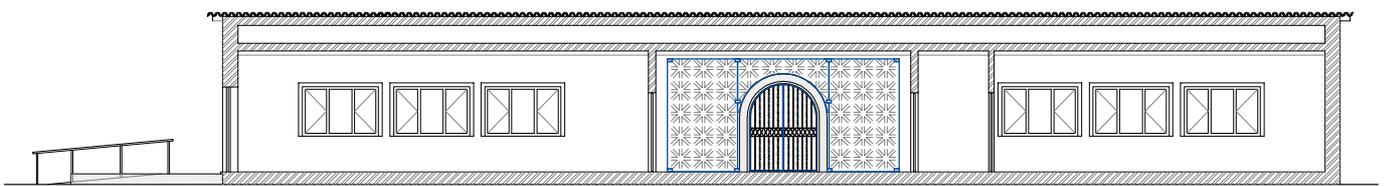
Alçado Lateral Esquerdo



Corte A-B



Alçado Principal (anexo)



Corte C-D

Projeto de Reversão da Escola Primária de Redondo em Pousada da Juventude

ESPECIALIDADE: Arquitetura - Proposto

DESENHO: Edifício 4 - Alçados, Corte A-B, Corte C-D

ESCALA: 1/200

DES.N: 27

## Edifício 3

|         |                      |              |    |  |              |
|---------|----------------------|--------------|----|--|--------------|
| Qto21   | Quarto nº21          | Área 15,85m2 | 1  | Hall Distrib. dos Quartos                                  | Área 5,64m2  |
| Qto22   | Quarto nº22          | Área 15,85m2 | 1a | Corredor Distrib Quartos                                   | Área 21,27m2 |
| Wc21/22 | Inst. Sanit. nº21/22 | Área 10,15m2 | 3  | Sala de Conv. Estar  | Área 43,66m2 |
| Qto23   | Quarto nº23          | Área 18,65m2 | 7  | Hall de Entrada c/<br>Distribuição p/ os Quartos           | Área 27,55m2 |
| Qto24   | Quarto nº24          | Área 25,47m2 | 8  | Cozinha de Alberguista<br>Integrada na Sala de<br>Convívio | Área 4,00m2  |
| Wc23/24 | Inst. Sanit. nº23/24 | Área 10,52m2 |    |  |              |
| Qto25   | Quarto nº25          | Área 22,14m2 |    |  |              |
| Qto26   | Quarto nº26          | Área 18,65m2 |    |  |              |
| Wc25/26 | Inst. Sanit. nº25/26 | Área 10,52m2 |    |  |              |
| Qto27   | Quarto nº27          | Área 28,22m2 |    |  |              |
| Qto30   | Quarto nº30          | Área 28,22m2 |    |  |              |
| Wc27/30 | Inst. Sanit. nº27/30 | Área 13,83m2 |    |  |              |
| Qto28   | Quarto nº28          | Área 32,85m2 |    |  |              |
| Qto29   | Quarto nº29          | Área 32,85m2 |    |  |              |
| Wc28/29 | Inst. Sanit. nº28/29 | Área 11,60m2 |    |  |              |

## Edifício 4

|    |   |              |    |   |                          |
|----|---|--------------|----|---|--------------------------|
| 1  | Sala(s) Multifunções                        | Área 56,55m2 | 15 | Cozinha                                 | Área 15,50m2             |
| 2  | Inst. Sanit. de Mob. Cond                   | Área 2,95m2  | 16 | Área de Self-Service/<br>Restauração    | Área 9,60m2              |
| 3  | Inst. Sanit. de Senhoras                    | Área 2,80m2  | 17 | Área de Circulação/<br>Zona de Serviços | Área 5,12m2              |
| 4  | Inst. Sanit. de Homens                      | Área 2,80m2  | 18 | Despensa (frios, dia e<br>geral)        | Área 5,98m2              |
| 5  | Hall de Distrib., Cacifos                   | Área 8,84m2  | 19 | Sala de Estar e Convívio                | Área 70,15m2             |
| 6  | Hall de Entrada /Recepção                   | Área 15,42m2 | 20 | Terraço                                 | Área 33,35m2/<br>57,90m2 |
| 7  | Recepção c/ comun. Bar e<br>Escritório      | Área 8,85m2  | 21 | Patim de Acesso                         | Área 4,45m2              |
| 8  | Escritório /Zonas<br>Administrativas        | Área 20,56m2 | 22 | Arrumos                                 | Área 8,37m2              |
| 9  | Bar   | Área 8,05m2  | 23 | Arrumos de Jardim                       | Área 3,19m2              |
| 10 | Cozinha de Alberguistas                     | Área 3,90m2  | 24 | Lavandaria de Alberguista               | Área 8,37m2              |
| 11 | Hall Entrada de Serviço/<br>Área Circulação | Área 12,35m2 |    |   |                          |
| 12 | Inst. sanitária /Balneário<br>SENHORAS      | Área 5,50m2  |    |   |                          |
| 13 | Inst. sanitária /Balneário<br>HOMENS        | Área 5,50m2  |    |   |                          |
| 14 | Rouparia                                    | Área 7,85m2  |    |   |                          |

Projeto de Reconversão da Escola Primária de Redondo em Pousada da Juventude

ESCALA:  
DES.N: 28

ESPECIALIDADE: Arquitetura - Proposto

DESENHO: Edifício 3 e Edifício 4 - Designação e Área dos Compartimentos

## **IV.2**

### **RECONVERSÃO DA ANTIGA ESCOLA EM POUSADA DA JUVENTUDE**



**(30 quartos / 80camas + 2 extra)**

**Edifício Escolar anos 40, Edifício nº1**

**Piso térreo**

6 Quartos Duplos com WC - todos aptos a utentes com mobilidade condicionada, mas apenas 1 com o equipamento sanitário e de apoio.

**1º Piso**

4 Quartos Duplos com WC – com comunicação entre duas unidades, com espaço p/ cama extra – tipologia familiar

**Total no edifício 10 quartos, 20 camas + 2 camas extras**

**Edifício Escolar anos 40, Edifício nº2**

**Piso térreo**

6 Quartos Duplos com WC - todos aptos a utentes com mobilidade condicionada, mas apenas 1 com o equipamento sanitário e de apoio.

**1º Piso**

4 Quartos Duplos com WC – com comunicação entre duas unidades, com espaço p/ cama extra – tipologia familiar

**Total no edifício 10 quartos, 20 camas + 2 camas extras**

**Edifício Escolar anos 60, Edifício nº3**

**Piso térreo**

6 Quartos Múltiplos (4 camas) com WC partilhada entre 2 quartos

**1º Piso**

4 Quartos Múltiplos (4 camas) com WC partilhada entre 2 quartos

**Total no edifício 10 quartos, 40 camas**

### Compartimentação

- 2 Quartos Duplos com WC, para pessoas c/ mob. condicionada extrema
- 18 Quartos Duplos com WC, aptos a pessoas c/ mob. condicionada, s/ equip.
- 4 Quartos Duplos com WC, tipo familiar/ comunicação entre 2 quartos
- 2 Camas Extra
- 10 Quartos Múltiplos (4 camas) com WC partilhada
- 1 Sala de Entrada/Recepção
- 1 Sala de Refeições
- 1 Café - Bar esplanada
- 2 Cozinhas de alberguistas
- 1 Lavandaria de alberguista
- 4 Salas de Convívio
- 5 Telefone público
- 3 Postos de Acesso à Internet
- 2 Parque de Estacionamento
- 3 Instalações Sanitárias Senhoras
- 3 Instalações Sanitárias Homens
- 3 Instalação Sanitária Deficientes
- 1 Áreas de Serviços (Cozinha, Despensa, Rouparia, Instalação Sanitária com Banheiro para funcionários quer masculinos quer femininos, Arrumos)

## **Edifício Principal – Entrada /Recepção**

### **A. Sala de recepção**

Propõe-se que o espaço designado por recepção seja uma área de acolhimento a todo e qualquer utente e de transição/espera, não esquecendo aqueles que possuam uma mobilidade condicionada. Neste espaço está prevista a zona de recepção destinada ao check-in e check-out, como na prestação de outras informações através do balcão com dois postos de atendimento. O balcão de atendimento resguardará o seu interior não permitindo a visualização da área técnica contigua prevista (centrais de controle de incêndios, de imagens, etc.)

As informações poderão vir a ser prestadas pessoalmente ao balcão quer através de painéis, tomando as paredes como elementos de suporte e ainda através de acesso à internet (80 utentes – rácio 1 posto/30 pessoas).

Encontra-se também prevista uma área para 12 cacifos (80 camas – rácio 1 cacifo/6 camas) com sistema de fecho (cadeado ou moeda), junto ao bloco de instalações sanitárias de apoio.

### **B. Escritório**

Este espaço constitui-se como a área não visível do atendimento aonde se incluirá uma zona de trabalho para duas pessoas, uma zona técnica com cofre e possuirá diversas zonas de arrumo. A separação de espaços entre a recepção e o escritório, será efectuada por parede de vidro translúcido. Este espaço permitirá por sua vez a ligação às áreas de serviço; cozinha e suas áreas complementares de apoio armazenagem, despensa, arrumos; às áreas de apoio aos quartos – rouparia; às áreas destinadas ao pessoal compostas pelas instalações sanitárias e vestiários.

Este será então um espaço tanto de recepção como de articulação entre vários serviços.

### **C. Sala de convívio**

Este espaço é dotado de um Bar, que por sua vez estabelece ligação directa com o espaço de recepção, permitindo que seja um mesmo funcionário em ambos os serviços.

A sala de convívio é uma área central de estar, de convívio e simultaneamente de refeições que comunica com o exterior, uma zona de esplanada dado que o nosso clima

mediterrânico permite uma fluidez e comunicação entre o interior e o exterior constante ao longo do ano.

#### **D. Sala Multifunções**

Este espaço corresponde a uma ampla sala que pode ser subdividida em duas áreas através de um painel divisório. É assim designado pois permite a mobilidade e a articulação a diferentes solicitações quer para uma palestra ou conferência, quer para uma festa, uma exposição. Possui igualmente uma ligação directa a um terraço exterior.

Foram previstas para os utentes três instalações sanitárias distintas uma para homens, outra para senhoras e uma outra para pessoas de mobilidade condicionada.

#### **E. Espaços de Serviços**

Esta área corresponde à única zona de construção ampliada. Nesta área de serviços localiza-se o equipamento de apoio aos funcionários; uma instalação sanitária masculina e uma outra feminina, com pequenas áreas para vestiário.

Encontra-se igualmente contemplado um compartimento subdividido para a rouparia para arrumo de roupa de cama (lençóis, cobertores ou edredons, almofadas, etc.) e restante material de apoio aos quartos (p. higiénico e detergente, toalhas de mãos em papel).

Esta área dispõe ainda de um acesso ao exterior aonde será processada toda a recepção e expedição de serviço de rouparias para os quartos.

Através desse mesmo corredor acede-se a uma outra área de serviços específicos o sector alimentar aí dispomos de uma cozinha, uma despensa geral e, de uma zona de lixos com acesso ao exterior.

A cozinha divide-se em duas áreas distintas a zona de confecção e preparação e a zona de self-service alimentar que por sua vez comunica directamente com a sala de convívio através de dois vãos portas isolando assim a área de cheiros e sons.

#### **F. Lavandaria ao serviço e uso dos alberguistas**

Este corresponde a um espaço de acesso directo ao e pelo exterior para uso dos próprios alberguistas, uma zona apta para a lavagem e tratamento de roupa próprio aonde se incluirão fixos com um sistema de moedeiro os seguintes equipamentos: uma máquina de lavar e secar roupa e uma tábua de passar a ferro.

## **IV.3**

### **FOLHAS DE CÁLCULO DO RCCTE SITUAÇÃO EXISTENTE E SITUAÇÃO PROPOSTA**



## ESCOLA PRIMÁRIA DE REDONDO

### EDIFÍCIO 3

#### Folha de Cálculo FCIV.1a Perdas associadas à Envoltente Exterior

| Paredes Exteriores        | Área<br>(m <sup>2</sup> ) | U<br>(W/m <sup>2</sup> .°C) | U.A<br>(W/°C) |
|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------|
| Fachada norte             | 88,28                     | 0,95                        | 83,60         |
| Fachada sul               | 79,44                     | 0,95                        | 75,23         |
| Fachada sul - sombreada   | 17,29                     | 0,95                        | 16,37         |
| Fachada este              | 88,48                     | 0,95                        | 83,79         |
| Fachada oeste             | 76,85                     | 0,95                        | 72,78         |
| Fachada oeste - sombreada | 9,23                      | 0,95                        | 8,74          |
|                           |                           | TOTAL                       | 340,51        |

| Coberturas Exteriores           | Área<br>(m <sup>2</sup> ) | U<br>(W/m <sup>2</sup> .°C) | U.A<br>(W/°C) |
|---------------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------|
| Cobertura exterior "traseiras"  | 71,30                     | 2,62                        | 186,60        |
| Cobertura exterior "sobre o wc" | 57,15                     | 2,62                        | 149,55        |
|                                 |                           | TOTAL                       | 336,15        |

| Paredes e Pavimentos<br>em Contacto com o Solo | Perímetro<br>B (m) | ψ<br>(W/m.°C) | ψ.B<br>(W/°C) |
|--|--------------------|---------------|---------------|
| Pavimento em contacto com o solo               | 64,910             | 2,5           | 162,28        |
|  |                    | TOTAL         | 162,28        |

| Pontes Térmicas Lineares<br>Ligações entre: | Comp.<br>B (m) | ψ<br>(W/m.°C) | ψ.B<br>(W/°C) |
|---|----------------|---------------|---------------|
| Fachada com os pavimentos térreos           | 78,849         | 0,5           | 39,42         |
| Fachada com pavimentos intermédios          | 59,000         | 0,5           | 29,50         |
| Fachada com cobertura inclinada ou terraço  | 98,000         | 0,9           | 88,20         |
| Duas paredes verticais                      | 41,708         | 0,5           | 20,85         |
| Fachada com padieira, ombreira ou peitoril  | 197,564        | 0,5           | 98,78         |
|   |                | TOTAL         | 276,76        |

Perdas pela envoltente exterior  
da Fração Autónoma

(W/°C)      TOTAL      1115,70

#### Folha de Cálculo FCIV.1b Perdas associadas à Envoltente Interior

| Coberturas Interiores<br>(tetos sob espaços não-úteis) | Área<br>(m <sup>2</sup> ) | U<br>(W/m <sup>2</sup> .°C) | τ<br>(-) | τ.U.A<br>(W/°C) |
|--|---------------------------|-----------------------------|----------|-----------------|
| Teto sobre desvão da cobertura                         | 136,54                    | 2,35                        | 0,9      | 289,16          |
|  |                           |                             | TOTAL    | 289,16          |

Perdas pela envoltente interior  
da Fração Autónoma

(W/°C)      TOTAL      289,16

**Folha de Cálculo FCIV.1c**  
**Perdas Associadas aos Vãos Envidraçados Exteriores**

| Vãos Envidraçados Exteriores                  | Área<br>(m <sup>2</sup> ) | U<br>(W/m <sup>2</sup> .°C) | U.A<br>(W/°C) |
|---|---------------------------|-----------------------------|---------------|
| Verticais:                                    |                           |                             | 0,00          |
| N - vidro e caixilharia alumínio - sombreado  | 10,73                     | 3,30                        | 35,40         |
| S - vidro e caixilharia alumínio - sombreado  | 0,48                      | 3,30                        | 1,58          |
| E - vidro e caixilharia madeira               | 17,10                     | 5,10                        | 87,21         |
| E - vidro e caixilharia alumínio              | 19,95                     | 3,30                        | 65,84         |
| W - vidro e caixilharia alumínio              | 16,68                     | 3,30                        | 55,04         |
| W - vidro e caixilharia madeira D - sombreado | 5,70                      | 5,10                        | 29,07         |
| W - vidro e caixilharia madeira E - sombreado | 5,70                      | 5,10                        | 29,07         |
|   |                           | TOTAL                       | 303,22        |

**Folha de Cálculo FC IV.1d**  
**Perdas associadas à Renovação de Ar**

|                        |                                      |                   |
|------------------------|--------------------------------------|-------------------|
| Área Útil de Pavimento | <input type="text" value="433,17"/>  | (m <sup>2</sup> ) |
|                        | x                                    |                   |
| Pé-direito médio       | <input type="text" value="3,10"/>    | (m)               |
|                        | =                                    |                   |
| Volume interior (V)    | <input type="text" value="1342,83"/> | (m <sup>3</sup> ) |

*(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)*

**VENTILAÇÃO NATURAL**

Cumpra a NP 1037-1? (S ou N)  se SIM: RPH =

Se NÃO:

|   |                  |                                  |   |   |  |
|---|------------------|----------------------------------|---|---|--|
| Classe da Caixilharia                         | (s/c, 1, 2 ou 3) | <input type="text" value="s/c"/> | <table border="1"> <tr> <td>Taxa de Renovação Nominal:<br/>Ver Quadro IV.1</td> </tr> <tr> <td>RPH= <input type="text" value="1,05"/></td> </tr> </table> | Taxa de Renovação Nominal:<br>Ver Quadro IV.1 | RPH= <input type="text" value="1,05"/> |
| Taxa de Renovação Nominal:<br>Ver Quadro IV.1 |                  |                                  |   |   |  |
| RPH= <input type="text" value="1,05"/>        |                  |                                  |   |   |  |
| Caixas de Estore                              | (S ou N)         | <input type="text" value="N"/>   |   |   |  |
| Classe de Exposição<br>(Ver Quadro IV.2)      | (1, 2, 3 ou 4)   | <input type="text" value="2"/>   |   |   |  |
| Aberturas Auto-reguladas?                     | (S ou N)         | <input type="text" value="N"/>   |   |   |  |
| Área de envidraçados > 15% Ap?                | (S ou N)         | <input type="text" value="S"/>   |   |   |  |
| Portas Exteriores bem vedadas?                | (S ou N)         | <input type="text" value="N"/>   |   |   |  |

|                           |         |        |
|---------------------------|---------|--------|
| Volume                    | 1342,83 |        |
|                           | x       |        |
| Taxa de Renovação Nominal | 1,05    |        |
|                           | x       |        |
|                           | 0,34    |        |
|                           | =       |        |
| TOTAL                     | 479,39  | (W/°C) |

**Folha de Cálculo FC IV.1e**  
**Ganhos Úteis na Estação de Aquecimento (Inverno)**

Ganhos Solares:

| Orientação do vão envidraçado | Tipo (simples ou duplo) | Área A (m <sup>2</sup> ) | Fator de orientação X (-) | Fator Solar do vidro g (-) | Fator de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff | Fração Envidraçada Fg (-) | Fator de Sel. Angular Fw (-) | Área Efetiva Ae (m <sup>2</sup> ) |
|-------------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|------------------------------------|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| Norte - somb                  | Duplo                   | 10,73                    | 0,27                      | 0,63                       | 1,00                               | 0,7                       | 0,9                          | 1,15                              |
| Sul - somb                    | Duplo                   | 0,48                     | 1                         | 0,63                       | 0,75                               | 0,7                       | 0,9                          | 0,14                              |
| Este                          | Simples                 | 17,10                    | 0,56                      | 0,7                        | 0,76                               | 0,7                       | 0,9                          | 3,19                              |
| Este                          | Duplo                   | 19,95                    | 0,56                      | 0,63                       | 0,76                               | 0,7                       | 0,9                          | 3,35                              |
| Oeste                         | Duplo                   | 16,68                    | 0,56                      | 0,63                       | 0,76                               | 0,7                       | 0,9                          | 2,80                              |
| Oeste D - somb                | Simples                 | 5,70                     | 0,56                      | 0,7                        | 0,84                               | 0,7                       | 0,9                          | 1,18                              |
| Oeste E - somb                | Simples                 | 5,70                     | 0,56                      | 0,7                        | 0,61                               | 0,7                       | 0,9                          | 0,85                              |

|  |         |
|--|---------|
| Área efetiva total equivalente na orientação Sul (m <sup>2</sup> )   | 12,67   |
|  | x       |
| Radiação incidente num envidraçado a Sul (G <sub>sul</sub> ) na zona I1 do Quadro III. 8 (Anexo III) - (kWh/m <sup>2</sup> .mês) | 108     |
|  | x       |
| Duração da estação de aquecimento - do Quadro III.1 (meses)  | 6       |
|  | =       |
| Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)  | 8212,34 |

Ganhos Internos

|                                      |          |                     |
|--------------------------------------|----------|---------------------|
| Ganhos internos médios (Quadro IV.3) | 7        | (W/m <sup>2</sup> ) |
|                                      | x        |                     |
| Duração da Estação de Aquecimento    | 6,00     | (meses)             |
|                                      | x        |                     |
| Área Útil de pavimento               | 433,17   | (m <sup>2</sup> )   |
|                                      | x        |                     |
|                                      | 0,72     |                     |
|                                      | =        |                     |
| Ganhos Internos Brutos               | 13099,12 | (kWh/ano)           |

Ganhos Úteis Totais:

$$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos} + \text{Ganhos Internos Brutos}}{\text{Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}} = \frac{21311,46}{73498,86}$$

Inércia do edifício:  a =   $\gamma =$    
*(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)*

Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos ( $\eta$ )

Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos

Ganhos Úteis Totais (kWh/ano)

**Folha de Cálculo FC IV.1f**  
**Valor Máximo das Necessidades de Aquecimento (Ni)**

|                         |                                   |                                       |
|-------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|
| Fator de forma          |                                   |                                       |
| De FCIV.1a e FCIV.1c:   | (Áreas)                           | m <sup>2</sup>                        |
| Paredes exteriores      |                                   | <input type="text" value="359,57"/>   |
| Coberturas exteriores   |                                   | <input type="text" value="128,45"/>   |
| Envidraçados exteriores |                                   | <input type="text" value="76,34"/>    |
| De FCIV.1b:             | (Áreas equivalentes, A . $\tau$ ) |                                       |
| Coberturas interiores   |                                   | <input type="text" value="122,89"/>   |
| Área total:             |                                   | <input type="text" value="687,24"/>   |
| Volume (de FCIV.1d):    |                                   | <input type="text" value="1342,83"/>  |
| FF                      |                                   | <input type="text" value="0,511787"/> |

Graus-dias no local (°C.dia) (do Quadro III.1)

|   |                   |          |
|---|-------------------|----------|
| Ni = 4,5 + 0,0395 GD                            | Para FF < 0,5     | Auxiliar |
| Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD                 | Para 0,5 < FF < 1 | 59,8     |
| Ni = [4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD] (1,2 - 0,2FF) | Para 1 < FF < 1,5 | 60,41    |
| Ni = 4,05 + 0,06885 GD                          | Para FF > 1,5     | 66,31    |
|   |                   | 100,44   |

Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m<sup>2</sup>.ano)

**Folha de Cálculo FC IV.2**  
**Cálculo do Indicador Nic**

| Perdas térmicas associadas a:    | (W/°)   |
|----------------------------------|---------|
| Envolvente Exterior (de FCIV.1a) | 1115,70 |
| Envolvente Interior (de FCIV.1b) | 289,16  |
| Vãos Envidraçados (de FCIV.1c)   | 303,22  |
| Renovação de Ar (de FCIV.1d)     | 479,39  |

|  |          |
|--|----------|
|  | =        |
| Coeficiente Global de Perdas (W/°C)                            | 2187,47  |
|  | x        |
| Graus-dias no Local (°C.dia)                                   | 1400,00  |
|  | x        |
|  | 0,024    |
|  | =        |
| Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)                   | 73498,86 |
|  | -        |
| Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (de FCIV.1e)                     | 21227,82 |
|  | =        |
| Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)                          | 52271,04 |
|  | /        |
| Área Útil de Pavimento (m <sup>2</sup> )                       | 433,17   |
|  | =        |
| Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)   | 120,67   |
|  | ≤        |
| Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m <sup>2</sup> .ano) | 60,41    |

|              |      |
|--------------|------|
| Não verifica | K.O. |
|--------------|------|

|          |         |
|----------|---------|
| Nic/Ni = | 199,75% |
|----------|---------|

**Folha de cálculo FCV.1a**  
**Perdas**

|   |           |   |
|---|-----------|---|
| Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)       | (FCIV.1a) | <input type="text" value="340,51"/> (W/°C)  |
|   |           | +   |
| Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)   | (FCIV.1a) | <input type="text" value="0,00"/> (W/°C)    |
|   |           | +   |
| Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)    | (FCV.1b)  | <input type="text" value="284,13"/> (W/°C)  |
|   |           | +   |
| Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A) | (FCV.1b)  | <input type="text" value="303,22"/> (W/°C)  |
|   |           | +   |
| Perdas associadas à renovação do ar                 | (FCIV.1d) | <input type="text" value="479,39"/> (W/°C)  |
|   |           | =   |
| Perdas específicas totais                           | (Q1a)     | <input type="text" value="1407,25"/> (W/°C) |

|  |   |
|--|---|
| Temperatura interior de referência   | <input type="text" value="25"/> (°C)              |
|  | -   |
| Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento<br>(Quadro III.9) | <input type="text" value="23"/> (°C)              |
|  | =   |
| Diferença de temperatura interior-exterior                                     | 2   |
|  | x   |
| Perdas específicas totais  | (Q1a) <input type="text" value="1407,25"/> (W/°C) |
|  | x   |
|  | 2,928   |
|  | =   |
| Perdas térmicas totais   | (Q1b) <input type="text" value="8240,83"/> (kWh)  |

**Folha de Cálculo FC V.1b**  
**Perdas associadas a Coberturas e Envidraçados Exteriores (Verão)**

Perdas associadas às coberturas exteriores

| Coberturas Exteriores           | Área<br>(m <sup>2</sup> ) | U<br>(W/m <sup>2</sup> °C) | U.A<br>(W/°C) |
|---------------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------|
| Cobertura exterior "traseiras"  | 71,30                     | 2,21                       | 157,72        |
| Cobertura exterior "sobre o wc" | 57,15                     | 2,21                       | 126,41        |
|                                 |                           | TOTAL                      | 284,13        |

Perdas associadas aos envidraçados exteriores

| Envidraçados Exteriores | Área<br>(m <sup>2</sup> ) | U<br>(W/m <sup>2</sup> °C) | U.A<br>(W/°C) |
|-------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------|
| Verticais:              |                           |                            | 0,00          |
| Norte - sombreado       | 10,73                     | 3,30                       | 35,40         |
| Sul - sombreado         | 0,48                      | 3,30                       | 1,58          |
| Este                    | 17,10                     | 5,10                       | 87,21         |
| Este                    | 19,95                     | 3,30                       | 65,84         |
| Oeste                   | 16,68                     | 3,30                       | 55,04         |
| Oeste D - sombreado     | 5,70                      | 5,10                       | 29,07         |
| Oeste E - sombreado     | 5,70                      | 5,10                       | 29,07         |
|                         |                           | TOTAL                      | 303,22        |

**Folha de Cálculo FC V.1c**  
**Ganhos Solares pela Envoltente Opaca**

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL (*inclui paredes e cobertura*)

| Orientação  | N      | S      | S somb | E      | W      | W somb | Cob     |         |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| Área, A (m <sup>2</sup> )   | 88,28  | 79,44  | 17,29  | 88,48  | 76,85  | 9,23   | 128,45  |         |
|   | x      | x      | x      | x      | x      | x      | x       |         |
| U (W/m <sup>2</sup> °C)   | 0,95   | 0,95   | 0,95   | 0,95   | 0,95   | 0,95   | 2,21    |         |
|   | x      | x      | x      | x      | x      | x      | x       |         |
| Coefficiente de absorção, $\alpha$ (Quadro V.5)                                   | 0,4    | 0,4    | 0,4    | 0,4    | 0,4    | 0,4    | 0,5     |         |
|   | =      | =      | =      | =      | =      | =      | =       |         |
| $\alpha$ .U.A (W/°C)  | 33,44  | 30,09  | 6,55   | 33,51  | 29,11  | 3,49   | 142,06  |         |
|   | x      | x      | x      | x      | x      | x      | x       |         |
| Int. de rad. solar na estação de arrefec.<br>(kWh/m <sup>2</sup> ) (Quadro III.9) | 210    | 400    | 210    | 460    | 460    | 210    | 820     |         |
|   | x      | x      | x      | x      | x      | x      | x       |         |
|   | 0,04   | 0,04   | 0,04   | 0,04   | 0,04   | 0,04   | 0,04    |         |
|   | =      | =      | =      | =      | =      | =      | =       |         |
| Ganhos Sols pela Envol. Opaca Ext   | 280,90 | 481,49 | 55,02  | 616,66 | 535,66 | 29,35  | 4659,72 | 6658,80 |

TOTAL

**Folha de Cálculo FC V.1d**  
**Ganhos Solares pelos Envidraçados Exteriores**

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL

| Orientação   | N<br>somb | S<br>somb | E       | E       | W       | W<br>somb | W<br>somb |         |
|--|-----------|-----------|---------|---------|---------|-----------|-----------|---------|
| Área, A (m <sup>2</sup> )  | 10,73     | 0,48      | 17,1    | 19,95   | 16,68   | 5,7       | 5,7       |         |
|  | x         | x         | x       | x       | x       | x         | x         |         |
| Fator solar do vão envidraçado<br>(proteção solar ativada a 70%)                     | 0,63      | 0,63      | 0,36    | 0,38    | 0,38    | 0,36      | 0,36      |         |
|  | x         | x         | x       | x       | x       | x         | x         |         |
| Fração envidraçada, Fg (Quadro IV.5)   | 0,6       | 0,6       | 0,57    | 0,6     | 0,6     | 0,57      | 0,57      |         |
|  | x         | x         | x       | x       | x       | x         | x         |         |
| Fator de obstrução, Fs   | 1         | 0,84      | 0,9     | 0,9     | 0,9     | 0,88      | 0,95      |         |
|  | x         | x         | x       | x       | x       | x         | x         |         |
| Fator de seletividade do vidro, Fw (Quadro V.3)                                      | 0,8       | 0,75      | 0,9     | 0,85    | 0,85    | 0,9       | 0,9       |         |
|  | =         | =         | =       | =       | =       | =         | =         |         |
| Área Efetiva, Ae   | 3,24      | 0,11      | 2,84    | 3,48    | 2,91    | 0,93      | 1,00      |         |
|  | x         | x         | x       | x       | x       | x         | x         |         |
| Int. de rad. solar na estação de arrefec.<br>(kWh/m <sup>2</sup> )<br>(Quadro III.9) | 210       | 400       | 460     | 460     | 460     | 460       | 460       |         |
|  | =         | =         | =       | =       | =       | =         | =         |         |
| Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Ext.  | 681,27    | 45,72     | 1307,42 | 1600,65 | 1338,29 | 426,12    | 460,02    | TOTAL   |
|  |           |           |         |         |         |           |           | 5859,50 |
|  |           |           |         |         |         |           |           | (KWh)   |

**Folha de cálculo FC V.1e  
Ganhos Internos**

|   |          |       |
|---|----------|-------|
| Ganhos Internos médios (W/m <sup>2</sup> )<br>(Quadro IV.3) | 7        |       |
|   | x        |       |
| Área Útil de Pavimento (m <sup>2</sup> )                    | 433,172  |       |
|   | x        |       |
|   | 2,928    |       |
|   | =        |       |
| Ganhos internos Totais                                      | 8878,293 | (KWh) |

**Folha de cálculo FC V.1f  
Ganhos Totais na estação de arrefecimento (verão)**

|   |          |       |
|---|----------|-------|
| Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores<br>(FCV.1d) | 5859,50  | (KWh) |
|   | +        |       |
| Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior<br>(FCV.1c)     | 6658,80  | (KWh) |
|   | +        |       |
| Ganhos internos<br>(FCV.1e)                                   | 8878,29  | (KWh) |
|   | =        |       |
| Ganhos Térmicos Totais  | 21396,60 | (KWh) |

**Folha de cálculo FCV.1g  
Valor das Necessidades Nominais de Arrefecimento (Nvc)**

|                                    |          |       |
|------------------------------------|----------|-------|
| Ganhos Térmicos Totais<br>(FCV.1f) | 21396,60 | (kWh) |
|                                    | /        |       |
| Perdas Térmicas Totais             | 8240,83  | (kWh) |

(FCV.1a)

|   |   |                                       |                           |
|---|---|---------------------------------------|---------------------------|
|   |   | =                                     |                           |
| Relação Ganhos-Perdas                         | $\gamma$                                | <input type="text" value="2,59"/>     |                           |
| Inércia do edifício                           | (In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3) | <input type="text" value="3"/>        |                           |
|   |   | <input type="text" value="1"/>        |                           |
|   |   | -                                     |                           |
| Factor de utilização dos ganhos, $\eta$       |   | <input type="text" value="0,38"/>     |                           |
| (Gráfico IV.1)                                |   | =                                     |                           |
|   |   | <input type="text" value="0,62"/>     |                           |
|   |   | x                                     |                           |
| Ganhos Térmicos Totais                        |   | <input type="text" value="21396,60"/> | (kWh)                     |
| (FCV.1f)                                      |   | =                                     |                           |
| Necessidades Brutas de Arrefecimento          |   | <input type="text" value="13248,54"/> | (kWh/ano)                 |
|   |   | +                                     |                           |
| Consumo dos ventiladores                      |   | <input type="text" value=""/>         | (Ev=Pvx24x0,122(kWh))     |
| (se houver, exaustor da cozinha excluído)     |   | =                                     |                           |
|   | TOTAL                                   | <input type="text" value="13248,54"/> | (kWh/ano)                 |
|   |   | /                                     |                           |
| Área Útil de Pavimento (m <sup>2</sup> )      |   | <input type="text" value="433,17"/>   |                           |
|   |   | =                                     |                           |
| Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc  |   | <input type="text" value="30,58"/>    | (kWh/m <sup>2</sup> .ano) |
|   |   | ≤                                     |                           |
| Necessid Nominais de Arref. Máximas - Nv      |   | <input type="text" value="32"/>       | (kWh/m <sup>2</sup> .ano) |
| (N <sup>o</sup> 2 do Artigo 15 <sup>o</sup> ) |   |                                       |                           |
|   | Verifica                                | <input type="text" value="O.K."/>     |                           |
|   | Nvc/Nv (%) =                            | <input type="text" value="95,58"/>    |                           |

### Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária

|  |                    |                            |
|--|--------------------|----------------------------|
| Nº de ocupantes (Quadro VI.1)  | 60,00              |                            |
| Consumo médio diário de referência de AQS ( $M_{AQS}$ )<br>(edifícios residenciais - 40 litros/ocupante) | 180,00             |                            |
| Aumento de temperatura necessário ( $\Delta T$ )<br>(considerar igual a 45°C)                            | 45,00              |                            |
| Número anual de dias de consumo ( $n_d$ )<br>(Quadro VI.2)   | 261,00             |                            |
| Energia despendida com sistemas convencionais ( $Q_a$ )  | 2458,82            | (kW.h/ano)                 |
| Eficiência de conversão do sistema de preparação de AQS ( $\eta_a$ )<br>(Ponto 3 do Anexo VI)            | 0,80               |                            |
|  |                    |                            |
| Necessidades de energia para preparação de AQS, $N_{ac}$   | 7,10               | (kW.h/m <sup>2</sup> .ano) |
| Valor máximo para as nec. de energia para preparação de AQS, $N_a$                                       | 8,78               | (kW.h/m <sup>2</sup> .ano) |
|  | $N_{ac} \leq N_a?$ | Verifica                   |

### Necessidades Globais de Energia Primária

|                                |        |
|--------------------------------|--------|
| Ni (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)  | 60,41  |
| Nic (kW.h/m <sup>2</sup> .ano) | 120,67 |
| Nv (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)  | 32,00  |
| Nvc (kW.h/m <sup>2</sup> .ano) | 30,58  |
| Na (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)  | 8,78   |
| Nac (kW.h/m <sup>2</sup> .ano) | 7,10   |
| $\eta_i$                       | 4,00   |
| $\eta_v$                       | 3,00   |
| $F_{pui}$ (kgep/kW.h)          | 0,290  |
| $F_{puv}$ (kgep/kW.h)          | 0,290  |
| $F_{pua}$ (kgep/kW.h)          | 0,290  |

Necessidades nominais globais de energia primária,  $N_{tc}$

3,23

(kgep/m<sup>2</sup>.ano)

Valor máximo das nec. nominais globais de energia primária,  $N_t$

2,02

(kgep/m<sup>2</sup>.ano)

$N_{tc} \leq N_t$ ? Não verifica

**POUSADA DA JUVENTUDE DE REDONDO**

**DIFÍCIO 3**

**Folha de Cálculo FCIV.1a  
Perdas associadas à Envoltente Exterior**

| Paredes Exteriores        | Área<br>(m <sup>2</sup> ) | U<br>(W/m <sup>2</sup> .°C) | U.A<br>(W/°C) |
|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------|
| Fachada norte             | 88,28                     | 0,36                        | 31,69         |
| Fachada sul               | 76,59                     | 0,36                        | 27,50         |
| Fachada sul - sombreada   | 17,29                     | 0,36                        | 6,21          |
| Fachada este              | 88,48                     | 0,36                        | 31,76         |
| Fachada oeste             | 79,86                     | 0,36                        | 28,67         |
| Fachada oeste - sombreada | 9,23                      | 0,36                        | 3,31          |
| <b>TOTAL</b>              |                           |                             | <b>129,14</b> |

| Coberturas Exteriores           | Área<br>(m <sup>2</sup> ) | U<br>(W/m <sup>2</sup> .°C) | U.A<br>(W/°C) |
|---------------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------|
| Cobertura exterior "traseiras"  | 71,30                     | 0,53                        | 37,86         |
| Cobertura exterior "sobre o wc" | 57,15                     | 0,53                        | 30,34         |
| <b>TOTAL</b>                    |                           |                             | <b>68,21</b>  |

| Pontes Térmicas Lineares<br>Ligações entre: | Comp.<br>B (m) | ψ<br>(W/m.°C) | ψ.B<br>(W/°C) |
|---|----------------|---------------|---------------|
| Fachada com os pavimentos térreos           | 78,85          | 0,30          | 23,65         |
| Fachada com pavimentos intermédios          | 59,00          | 0,35          | 20,65         |
| Fachada com cobertura inclinada ou terraço  | 98,00          | 0,75          | 73,50         |
| Duas paredes verticais                      | 41,71          | 0,25          | 10,43         |
| <b>TOTAL</b>                                |                |               | <b>128,23</b> |

Perdas pela envolvente exterior  
da Fração Autónoma

(W/°C)

|              |               |
|--------------|---------------|
| <b>TOTAL</b> | <b>325,58</b> |
|--------------|---------------|

**Folha de Cálculo FCIV.1b  
Perdas associadas à Envoltente Interior**

| Coberturas Interiores<br>(tetos sob espaços não-úteis) | Área<br>(m <sup>2</sup> ) | U<br>(W/m <sup>2</sup> .°C) | τ<br>(-) | τ.U.A<br>(W/°C) |
|--|---------------------------|-----------------------------|----------|-----------------|
| Teto sob espaço não útil                               | 136,55                    | 0,52                        | 0,9      | 63,78           |
| <b>TOTAL</b>   |                           |                             |          | <b>63,78</b>    |

Perdas pela envolvente interior  
da Fração Autónoma

(W/°C)

|              |              |
|--------------|--------------|
| <b>TOTAL</b> | <b>63,78</b> |
|--------------|--------------|

**Folha de Cálculo FCIV.1c**  
**Perdas Associadas aos Vãos Envidraçados Exteriores**

| Vãos Envidraçados Exteriores                  | Área (m <sup>2</sup> ) | U (W/m <sup>2</sup> .°C) | U.A (W/°C)    |
|---|------------------------|--------------------------|---------------|
| Verticais:                                    |                        |                          | 0,00          |
| N - vidro e caixilharia alumínio - sombreado  | 10,73                  | 1,32                     | 14,16         |
| S - vidro e caixilharia alumínio - sombreado  | 0,48                   | 1,32                     | 0,63          |
| S - vidro e caixilharia alumínio              | 2,85                   | 1,32                     | 3,76          |
| E - vidro e caixilharia alumínio              | 40,16                  | 1,32                     | 53,00         |
| W - vidro e caixilharia alumínio              | 13,92                  | 1,32                     | 18,37         |
| W - vidro e caixilharia madeira D - sombreado | 5,70                   | 1,32                     | 7,52          |
| W - vidro e caixilharia madeira E - sombreado | 5,70                   | 1,32                     | 7,52          |
|   |                        | <b>TOTAL</b>             | <b>104,98</b> |

**Folha de Cálculo FC IV.1d**  
**Perdas associadas à Renovação de Ar**

|                        |                                      |                   |
|------------------------|--------------------------------------|-------------------|
| Área Útil de Pavimento | <input type="text" value="424,42"/>  | (m <sup>2</sup> ) |
|                        | x                                    |                   |
| Pé-direito médio       | <input type="text" value="2,70"/>    | (m)               |
|                        | =                                    |                   |
| Volume interior (V)    | <input type="text" value="1145,94"/> | (m <sup>3</sup> ) |

**VENTILAÇÃO NATURAL**

*(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)*

Cumpre a NP 1037-1? (S ou N)  se SIM: RPH =

Se NÃO:

|   |                                |   |   |
|---|--------------------------------|---|---|
| Classe da Caixilharia (s/c, 1, 2 ou 3)  | <input type="text" value="3"/> | <table border="1"> <tr> <td> Taxa de Renovação Nominal:<br/> Ver Quadro IV.1<br/> RPH= <input type="text" value="0,85"/> </td> </tr> </table> | Taxa de Renovação Nominal:<br>Ver Quadro IV.1<br>RPH= <input type="text" value="0,85"/> |
| Taxa de Renovação Nominal:<br>Ver Quadro IV.1<br>RPH= <input type="text" value="0,85"/> |                                |   |   |
| Caixas de Estore (S ou N)   | <input type="text" value="N"/> |   |   |
| Classe de Exposição (1, 2, 3 ou 4)<br><i>(Ver Quadro IV.2)</i>                          | <input type="text" value="2"/> |   |   |
| Aberturas Auto-reguladas? (S ou N)  | <input type="text" value="N"/> |   |   |
| Área de envidraçados > 15% Ap? (S ou N)   | <input type="text" value="S"/> |   |   |
| Portas Exteriores bem vedadas? (S ou N)   | <input type="text" value="S"/> |   |   |

|                           |         |        |
|---------------------------|---------|--------|
| Volume                    | 1145,94 |        |
|                           | x       |        |
| Taxa de Renovação Nominal | 0,85    |        |
|                           | x       |        |
|                           | 0,34    |        |
|                           | =       |        |
| TOTAL                     | 331,18  | (W/°C) |

**Folha de Cálculo FC IV.1e**  
**Ganhos Úteis na Estação de Aquecimento (Inverno)**

**Ganhos Solares:**

| Orientação do vão envidraçado | Tipo (simples ou duplo) | Área A (m <sup>2</sup> ) | Fator de orientação X (-) | Fator Solar do vidro g (-) | Fator de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff | Fração Envidraçada Fg (-) | Fator de Sel. Angular Fw (-) | Área Efetiva Ae (m <sup>2</sup> ) |
|-------------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|------------------------------------|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| Norte - somb                  | Duplo                   | 10,73                    | 0,27                      | 0,6                        | 1,000                              | 0,7                       | 0,9                          | 1,09                              |
| Sul - somb                    | Duplo                   | 0,48                     | 1                         | 0,6                        | 0,747                              | 0,7                       | 0,9                          | 0,14                              |
| Sul                           | Duplo                   | 2,85                     | 1                         | 0,6                        | 0,810                              | 0,7                       | 0,9                          | 0,87                              |
| Este                          | Duplo                   | 40,16                    | 0,56                      | 0,6                        | 0,756                              | 0,7                       | 0,9                          | 6,43                              |
| Oeste                         | Duplo                   | 13,92                    | 0,56                      | 0,6                        | 0,756                              | 0,7                       | 0,9                          | 2,23                              |
| Oeste D - somb                | Duplo                   | 5,70                     | 0,56                      | 0,6                        | 0,840                              | 0,7                       | 0,9                          | 1,01                              |
| Oeste E - somb                | Duplo                   | 5,70                     | 0,56                      | 0,6                        | 0,605                              | 0,7                       | 0,9                          | 0,73                              |

|  |         |
|--|---------|
| Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m <sup>2</sup> )        | 12,50   |
|  | x       |
| Radiação incidente num envidraçado a Sul (Gsul)                            |         |
| na zona <b>I1</b> do Quadro III. 8 (Anexo III) - (kWh/m <sup>2</sup> .mês) | 108     |
|  | x       |
| Duração da estação de aquecimento - do Quadro III.1 (meses)                | 6       |
|  | =       |
| Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)  | 8099,96 |

**Ganhos Internos**

|                                      |         |                     |
|--------------------------------------|---------|---------------------|
| Ganhos internos médios (Quadro IV.3) | 4       | (W/m <sup>2</sup> ) |
|                                      | x       |                     |
| Duração da Estação de Aquecimento    | 6,00    | (meses)             |
|                                      | x       |                     |
| Área Útil de pavimento               | 424,42  | (m <sup>2</sup> )   |
|                                      | x       |                     |
|                                      | 0,72    |                     |
|                                      | =       |                     |
| Ganhos Internos Brutos               | 7334,01 | (kWh/ano)           |

Ganhos Úteis Totais:

$$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos} + \text{Ganhos Internos Brutos}}{\text{Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}} = \frac{15433,97}{27737,43}$$

Inércia do edifício:  a =   $\gamma =$    
*(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)*

|  |            |   |
|--|------------|---|
| Fator de Utilização dos Ganhos Térmicos        | ( $\eta$ ) | <input type="text" value="0,96029946"/> |
|  |            | x                                       |
| Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos |            | <input type="text" value="15433,97"/>   |
|  |            | =                                       |
| Ganhos Úteis Totais (kWh/ano)                  |            | <input type="text" value="14821,2337"/> |

**Folha de Cálculo FC IV.1f**  
**Valor Máximo das Necessidades de Aquecimento (Ni)**

|                         |                                   |                                       |
|-------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|
| Fator de forma          |                                   |                                       |
| De FCIV.1a e FCIV.1c:   | (Áreas)                           | m <sup>2</sup>                        |
| Paredes exteriores      |                                   | <input type="text" value="359,72"/>   |
| Coberturas exteriores   |                                   | <input type="text" value="128,45"/>   |
| Envidraçados exteriores |                                   | <input type="text" value="79,53"/>    |
| De FCIV.1b:             | (Áreas equivalentes, A . $\tau$ ) |                                       |
| Coberturas interiores   |                                   | <input type="text" value="122,89"/>   |
| Área total:             |                                   | <input type="text" value="690,60"/>   |
|                         |                                   | /                                     |
| Volume (de FCIV.1d):    |                                   | <input type="text" value="1145,94"/>  |
|                         |                                   | =                                     |
| FF                      |                                   | <input type="text" value="0,602646"/> |

Graus-dias no local (°C.dia) (do Quadro III.1)

|   |                   |                  |
|---|-------------------|------------------|
| Ni = 4,5 + 0,0395 GD                            | Para FF < 0,5     | Auxiliar<br>59,8 |
| Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD                 | Para 0,5 < FF < 1 | 65,12            |
| Ni = [4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD] (1,2 - 0,2FF) | Para 1 < FF < 1,5 | 70,29            |
| Ni = 4,05 + 0,06885 GD                          | Para FF > 1,5     | 100,44           |

Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m2.ano)

**Folha de Cálculo FC IV.2**  
**Cálculo do Indicador Nic**

| <b>Perdas térmicas associadas a:</b>                           | <b>(W/°C)</b> |
|--|---------------|
| Envolvente Exterior (de FCIV.1a)                               | 325,58        |
| Envolvente Interior (de FCIV.1b)                               | 63,78         |
| Vãos Envidraçados (de FCIV.1c)                                 | 104,98        |
| Renovação de Ar (de FCIV.1d)                                   | 331,18        |
|  | =             |
| Coefficiente Global de Perdas (W/°C)                           | 825,52        |
|  | x             |
| Graus-dias no Local (°C.dia)                                   | 1400,00       |
|  | x             |
|  | 0,024         |
|  | =             |
| Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)                   | 27737,43      |
|  | -             |
| Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (de FCIV.1e)                     | 14821,23      |
|  | =             |
| Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)                          | 12916,20      |
|  | /             |
| Área Útil de Pavimento (m <sup>2</sup> )                       | 424,42        |
|  | =             |
| Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)   | 30,43244254   |
|  | ≤             |
| Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m <sup>2</sup> .ano) | 65,12         |
|  |               |
| Verifica   | O.K.          |
| Nic/Ni =   | 46,73%        |

**Folha de cálculo FCV.1a**  
**Perdas**

|   |           |                                     |        |
|---|-----------|-------------------------------------|--------|
| Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)       | (FCIV.1a) | <input type="text" value="129,14"/> | (W/°C) |
|   |           | +                                   |        |
| Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)   | (FCIV.1a) | <input type="text" value="0,00"/>   | (W/°C) |
|   |           | +                                   |        |
| Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)    | (FCV.1b)  | <input type="text" value="65,77"/>  | (W/°C) |
|   |           | +                                   |        |
| Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A) | (FCV.1b)  | <input type="text" value="104,98"/> | (W/°C) |
|   |           | +                                   |        |
| Perdas associadas à renovação do ar                 | (FCIV.1d) | <input type="text" value="331,18"/> | (W/°C) |
|   |           | =                                   |        |
| Perdas específicas totais                           | (Q1a)     | <input type="text" value="631,07"/> | (W/°C) |

|   |       |                                      |        |
|---|-------|--------------------------------------|--------|
| Temperatura interior de referência  |       | <input type="text" value="25"/>      | (°C)   |
|   |       | -                                    |        |
| Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9) |       | <input type="text" value="23"/>      | (°C)   |
|   |       | =                                    |        |
| Diferença de temperatura interior-exterior                                  |       | 2                                    |        |
|   |       | x                                    |        |
| Perdas específicas totais   | (Q1a) | <input type="text" value="631,07"/>  | (W/°C) |
|   |       | x                                    |        |
|   |       | 2,928                                |        |
|   |       | =                                    |        |
| Perdas térmicas totais  | (Q1b) | <input type="text" value="3695,52"/> | (kWh)  |

**Folha de Cálculo FC V.1b**  
**Perdas associadas a Coberturas e Envidraçados Exteriores (Verão)**

Perdas associadas às coberturas exteriores

| Coberturas exteriores           | Área (m <sup>2</sup> ) | U (W/m <sup>2</sup> °C) | U.A (W/°C) |
|---------------------------------|------------------------|-------------------------|------------|
| Cobertura exterior "traseiras"  | 71,30                  | 0,51                    | 36,51      |
| Cobertura exterior "sobre o wc" | 57,15                  | 0,51                    | 29,26      |
|                                 |                        | TOTAL                   | 65,77      |

Perdas associadas aos envidraçados exteriores

| Envidraçados Exteriores | Área<br>(m <sup>2</sup> ) | U<br>(W/m <sup>2</sup> °C) | U.A<br>(W/°C) |
|-------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------|
| Verticais:              |                           |                            |               |
| Norte - sombreado       | 10,73                     | 1,32                       | 14,16         |
| Sul - sombreado         | 0,48                      | 1,32                       | 0,63          |
| Sul                     | 2,85                      | 1,32                       | 3,76          |
| Este                    | 40,16                     | 1,32                       | 53,00         |
| Oeste                   | 13,92                     | 1,32                       | 18,37         |
| Oeste D - sombreado     | 5,7                       | 1,32                       | 7,52          |
| Oeste E - sombreado     | 5,7                       | 1,32                       | 7,52          |
|                         |                           | TOTAL                      | 104,98        |

**Folha de Cálculo FC V.1c**  
**Ganhos Solares pela Envoltente Opaca**

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL (*inclui paredes e cobertura*)

| Orientação  | N      | S      | S<br>somb | E      | W      | W<br>somb | C       |                  |
|---|--------|--------|-----------|--------|--------|-----------|---------|------------------|
| Área, A (m <sup>2</sup> )   | 88,28  | 76,59  | 17,29     | 88,48  | 79,86  | 9,23      | 128,45  |                  |
|   | x      | x      | x         | x      | x      | x         | x       |                  |
| U (W/m <sup>2</sup> °C)   | 0,359  | 0,359  | 0,359     | 0,359  | 0,359  | 0,359     | 0,512   |                  |
|   | x      | x      | x         | x      | x      | x         | x       |                  |
| Coefficiente de absorção, $\alpha$<br>(Quadro V.5)                    | 0,4    | 0,4    | 0,4       | 0,4    | 0,4    | 0,4       | 0,5     |                  |
|   | =      | =      | =         | =      | =      | =         | =       |                  |
| $\alpha$ .U.A (W/°C)  | 12,68  | 11,00  | 2,48      | 12,71  | 11,47  | 1,32      | 32,88   |                  |
|   | x      | x      | x         | x      | x      | x         | x       |                  |
| Int. de rad. solar na estação de<br>arrefec.<br>(kWh/m <sup>2</sup> ) | 210    | 400    | 210       | 460    | 460    | 210       | 820     |                  |
|   | x      | x      | x         | x      | x      | x         | x       |                  |
|   | 0,04   | 0,04   | 0,04      | 0,04   | 0,04   | 0,04      | 0,04    |                  |
|   | =      | =      | =         | =      | =      | =         | =       |                  |
| Ganhos Solares pela Envoltente<br>Opaca Exterior                      | 106,49 | 175,98 | 20,86     | 233,77 | 211,00 | 11,13     | 1078,56 | TOTAL<br>1837,79 |
|   |        |        |           |        |        |           |         | (kWh)            |

**Folha de Cálculo FC V.1d**  
**Ganhos Solares pelos Envidraçados Exteriores**

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL

| Orientação   | N<br>somb | S<br>somb | S      | E       | W       | W<br>somb | W<br>somb |
|--|-----------|-----------|--------|---------|---------|-----------|-----------|
| Área, A (m <sup>2</sup> )  | 10,728    | 0,48      | 2,85   | 40,16   | 13,92   | 5,70      | 5,70      |
|  | x         | x         | x      | x       | x       | x         | x         |
| Fator solar do vão envidraçado<br>(proteção solar ativada a 70%)                     | 0,37      | 0,37      | 0,37   | 0,37    | 0,37    | 0,37      | 0,37      |
|  | x         | x         | x      | x       | x       | x         | x         |
| Fração envidraçada, Fg (Quadro IV.5)   | 0,7       | 0,7       | 0,7    | 0,7     | 0,7     | 0,7       | 0,7       |
|  | x         | x         | x      | x       | x       | x         | x         |
| Fator de obstrução, Fs   | 1         | 0,84      | 0,9    | 0,9     | 0,9     | 0,88      | 0,95      |
|  | x         | x         | x      | x       | x       | x         | x         |
| Fator de seletividade do vidro, Fw (Quadro V.3)                                      | 0,8       | 0,75      | 0,75   | 0,85    | 0,85    | 0,85      | 0,85      |
|  | =         | =         | =      | =       | =       | =         | =         |
| Área Efetiva, Ae   | 2,22      | 0,08      | 0,50   | 7,96    | 2,76    | 1,10      | 1,19      |
|  | x         | x         | x      | x       | x       | x         | x         |
| Int. de rad. solar na estação de arrefec.<br>(kWh/m <sup>2</sup> )<br>(Quadro III.9) | 210       | 400       | 400    | 460     | 460     | 460       | 460       |
|  | =         | =         | =      | =       | =       | =         | =         |
| Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores                                    | 466,80    | 31,33     | 199,30 | 3659,81 | 1268,70 | 507,97    | 548,37    |
|  |           |           |        |         |         |           | TOTAL     |
|  |           |           |        |         |         |           | 6682,27   |
|  |           |           |        |         |         |           | (KWh)     |

**Folha de cálculo FC V.1e  
Ganhos Internos**

|   |         |       |
|---|---------|-------|
| Ganhos Internos médios (W/m <sup>2</sup> )<br>(Quadro IV.3) | 4       |       |
|   | x       |       |
| Área Útil de Pavimento (m <sup>2</sup> )                    | 424,422 |       |
|   | x       |       |
|   | 2,928   |       |
|   | =       |       |
| Ganhos internos Totais                                      | 4970,83 | (KWh) |

**Folha de cálculo FC V.1f  
Ganhos Totais na estação de arrefecimento (verão)**

|   |          |       |
|---|----------|-------|
| Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores<br>(FCV.1d) | 6682,27  | (KWh) |
|   | +        |       |
| Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior<br>(FCV.1c)     | 1837,79  | (KWh) |
|   | +        |       |
| Ganhos internos<br>(FCV.1e)                                   | 4970,83  | (KWh) |
|   | =        |       |
| Ganhos Térmicos Totais  | 13490,89 | (KWh) |

**Folha de cálculo FCV.1g  
Valor das Necessidades Nominais de Arrefecimento (Nvc)**

|                                    |          |             |
|------------------------------------|----------|-------------|
| Ganhos Térmicos Totais<br>(FCV.1f) | 13490,89 | (kWh)       |
|                                    | /        |             |
| Perdas Térmicas Totais<br>(FCV.1a) | 3695,52  | (kWh)       |
|                                    | =        |             |
| Relação Ganhos-Perdas              | Y        | 3,650603633 |

|   |   |          |   |
|---|---|----------|---|
| Inércia do edifício   | (In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3) | 3        |   |
|   |   | 1        |   |
|   |   | -        |   |
| Factor de utilização dos ganhos, $\eta$<br>(Gráfico IV.1)                                     |   | 0,27     |   |
|   |   | =        |   |
|   |   | 0,73     |   |
|   |   | x        |   |
| Ganhos Térmicos Totais<br>(FCV.1f)  |   | 13490,89 | (kWh)                                       |
|   |   | =        |   |
| Necessidades Brutas de Arrefecimento  |   | 9807,04  | (kWh/ano)                                   |
|   |   | +        |   |
| Consumo dos ventiladores<br>(se houver, exaustor da cozinha excluído)                         |   |          | ( $E_v = P_v \times 24 \times 0,122$ (kWh)) |
|   |   | =        |   |
|   | TOTAL                                   | 9807,04  | (kWh/ano)                                   |
|   |   | /        |   |
| Área Útil de Pavimento (m <sup>2</sup> )  |   | 424,42   |   |
|   |   | =        |   |
| Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc  |   | 23,11    | (kWh/m <sup>2</sup> .ano)                   |
|   |   | ≤        |   |
| Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv<br>(N <sup>o</sup> 2 do Artigo 15 <sup>o</sup> ) |   | 32       | (kWh/m <sup>2</sup> .ano)                   |
|   | Verifica                                | O.K.     |   |
|   | Nvc/Nv (%) =                            | 72,21    |   |

### Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária

|  |          |                            |
|--|----------|----------------------------|
| Nº de ocupantes (Quadro VI.1)  | 40,00    |                            |
| Consumo médio diário de referência de AQS ( $M_{AQS}$ )<br>(edifícios residenciais - 40 litros/ocupante) | 1600,00  |                            |
| Aumento de temperatura necessário ( $\Delta T$ )<br>(considerar igual a 45°C)                            | 45,00    |                            |
| Número anual de dias de consumo ( $n_d$ )<br>(Quadro VI.2)   | 365,00   |                            |
| Energia despendida com sistemas convencionais ( $Q_a$ )  | 30565,10 | (kW.h/ano)                 |
| Eficiência de conversão do sistema de preparação de AQS ( $\eta_a$ )<br>(Ponto 3 do Anexo VI)            | 0,87     |                            |
| Necessidades de energia para preparação de AQS, $N_{ac}$   | 82,78    | (kW.h/m <sup>2</sup> .ano) |
| Valor máx para as nec. de energia para preparação de AQS, $N_a$  | 111,46   | (kW.h/m <sup>2</sup> .ano) |
| $N_{ac} \leq N_a$ ?  | Verifica |                            |

### Necessidades Globais de Energia Primária

|                                |        |
|--------------------------------|--------|
| Ni (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)  | 65,12  |
| Nic (kW.h/m <sup>2</sup> .ano) | 30,43  |
| Nv (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)  | 32,00  |
| Nvc (kW.h/m <sup>2</sup> .ano) | 23,11  |
| Na (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)  | 111,46 |
| Nac (kW.h/m <sup>2</sup> .ano) | 82,78  |
| $\eta_i$                       | 4,00   |
| $\eta_v$                       | 3,00   |
| $F_{pui}$ (kgep/kW.h)          | 0,290  |
| $F_{puv}$ (kgep/kW.h)          | 0,290  |
| $F_{pua}$ (kgep/kW.h)          | 0,086  |

Necessidades nominais globais de energia primária,  $N_{tc}$

7,56

(kgep/m<sup>2</sup>.ano)

Valor máximo das nec. nominais globais de energia primária,  $N_t$

15,92

(kgep/m<sup>2</sup>.ano)

$N_{tc} \leq N_t$ ? Verifica

**IV.4**  
**INERCIA TÉRMICA**  
**SITUAÇÃO EXISTENTE E SITUAÇÃO PROPOSTA**



## ESCOLA PRIMÁRIA DE REDONDO

| Laje de Teto 1   | Massa Volúmica [kg/m <sup>3</sup> ] | e [m] | Msi [kg/m <sup>2</sup> ] |
|--|-------------------------------------|-------|--------------------------|
| Laje aligeirada  | 1500                                | 0,2   | 300                      |
| Reboco   | 1800                                | 0,02  | 36                       |
| Msi Total / 2 (sem isolamento)<br>[kg/m <sup>2</sup> ] |                                     |       | 168                      |

| Laje de Teto 2   | Massa Volúmica [kg/m <sup>3</sup> ] | e [m] | Msi [kg/m <sup>2</sup> ] |
|--|-------------------------------------|-------|--------------------------|
| Telha cerâmica   | 2000                                | 0,01  | 20                       |
| Laje aligeirada  | 1500                                | 0,2   | 300                      |
| Reboco   | 1800                                | 0,02  | 36                       |
| Msi Total / 2 (sem isolamento)<br>[kg/m <sup>2</sup> ] |                                     |       | 178                      |

| Laje de Pavimento 1                                    | Massa Volúmica [kg/m <sup>3</sup> ] | e [m] | Msi [kg/m <sup>2</sup> ] |
|--|-------------------------------------|-------|--------------------------|
| Laje aligeirada  | 1500                                | 0,2   | 300                      |
| Soalho de madeira                                      | 500                                 | 0,05  | 25                       |
| Msi Total / 2 (sem isolamento)<br>[kg/m <sup>2</sup> ] |                                     |       | 162,5                    |

| Laje de Pavimento 2                                    | Massa Volúmica [kg/m <sup>3</sup> ] | e [m] | Msi [kg/m <sup>2</sup> ] |
|--|-------------------------------------|-------|--------------------------|
| Betão  | 2300                                | 0,17  | 391                      |
| Grés cerâmico  | 2300                                | 0,01  | 23                       |
| Msi Total / 2 (sem isolamento)<br>[kg/m <sup>2</sup> ] |                                     |       | 207                      |

| Paredes da Envolvente 1                                | Massa Volúmica [kg/m <sup>3</sup> ] | e [m] | Msi [kg/m <sup>2</sup> ] |
|--|-------------------------------------|-------|--------------------------|
| Granito  | 2500                                | 0,44  | 1100                     |
| Reboco   | 1800                                | 0,06  | 108                      |
| Msi Total / 2 (sem isolamento)<br>[kg/m <sup>2</sup> ] |                                     |       | 604                      |

| Paredes da Envolvente 2                                | Massa Volúmica [kg/m <sup>3</sup> ] | e [m] | Msi [kg/m <sup>2</sup> ] |
|--|-------------------------------------|-------|--------------------------|
| Tijolo de maciço (Burro)                               | 2000                                | 0,16  | 320                      |
| Reboco   | 1800                                | 0,04  | 72                       |
| Msi Total / 2 (sem isolamento)<br>[kg/m <sup>2</sup> ] |                                     |       | 196                      |

| Pavimentos Interiores 1        | Massa Volúmica [kg/m <sup>3</sup> ] | e [m] | Msi [kg/m <sup>2</sup> ] |
|--------------------------------|-------------------------------------|-------|--------------------------|
| Laje aligeirada                | 1500                                | 0,2   | 300                      |
| Soalho de madeira              | 500                                 | 0,05  | 25                       |
| Reboco                         | 1800                                | 0,02  | 36                       |
| Msi Total [kg/m <sup>2</sup> ] |                                     |       | 361                      |

| Paredes Interiores 1           | Massa Volúmica [kg/m <sup>3</sup> ] | e [m] | Msi [kg/m <sup>2</sup> ] |
|--------------------------------|-------------------------------------|-------|--------------------------|
| Tijolo de maciço (Burro)       | 2000                                | 0,16  | 320                      |
| Reboco 2 faces                 | 1800                                | 0,04  | 72                       |
| Msi Total [kg/m <sup>2</sup> ] |                                     |       | 392                      |

| Paredes Interiores 2           | Massa Volúmica [kg/m <sup>3</sup> ] | e [m] | Msi [kg/m <sup>2</sup> ] |
|--------------------------------|-------------------------------------|-------|--------------------------|
| Granito                        | 2500                                | 0,44  | 1100                     |
| Reboco                         | 1800                                | 0,06  | 108                      |
| Msi Total [kg/m <sup>2</sup> ] |                                     |       | 1208                     |

### Edifícios 1 e 2

| Elemento de Construção  | Msi [kg/m <sup>2</sup> ] | Limitação regul. Msi [kg/m <sup>2</sup> ] | Si [m <sup>2</sup> ] | R [m <sup>2</sup> .°C/W] | Fator de correção [r] | Msi.r.Si [kg] |
|-------------------------|--------------------------|---|----------------------|--------------------------|-----------------------|---------------|
| Laje de teto 1          | 168                      | 150                                       | 124,227              | 0,015                    | 1                     | 18633,975     |
| Laje de teto 2          | 178                      | 150                                       | 54,446               | 0,015                    | 1                     | 8166,900      |
| Laje de pavimento 1     | 162,5                    | 150                                       | 124,227              | 0,333                    | 0                     | 0,000         |
| Laje de pavimento 2     | 207                      | 150                                       | 33,740               | 0,008                    | 1                     | 5061,000      |
| Paredes da envolvente 1 | 604                      | 150                                       | 499,467              | 0,023                    | 1                     | 74920,050     |
| Paredes da envolvente 2 | 196                      | 150                                       | 21,173               | 0,015                    | 1                     | 3175,950      |
| Pavimentos interiores 1 | 361                      | 300                                       | 124,227              | 0,015                    | 0,25                  | 9316,988      |
| Paredes interiores 1    | 392                      | 300                                       | 91,420               | 0,015                    | 1                     | 27426,000     |
| Paredes interiores 2    | 1208                     | 300                                       | 22,125               | 0,023                    | 1                     | 6637,500      |
| Total                   |                          |   |                      |                          |                       | 153338,363    |

Área útil do Pavimento Ap [m<sup>2</sup>]

|         |
|---------|
| /       |
| 282,193 |

=

Massa superficial útil por m<sup>2</sup> de área de pavimento, It [kg/m<sup>2</sup>]

|         |
|---------|
| 543,381 |
|---------|

Inércia Térmica [It]

FORTE

### Edifício 3

| Laje de Pavimento 1                                 | Massa Volúmica [kg/m <sup>3</sup> ] | e [m] | Msi [kg/m <sup>2</sup> ] |
|---|-------------------------------------|-------|--------------------------|
| Betão   | 2300                                | 0,17  | 391                      |
| Grês cerâmico                                       | 2300                                | 0,01  | 23                       |
| Msi Total / 2 (sem isolamento) [kg/m <sup>2</sup> ] |                                     |       | 207                      |

| Paredes da Envolvente 1                             | Massa Volúmica [kg/m <sup>3</sup> ] | e [m] | Msi [kg/m <sup>2</sup> ] |
|---|-------------------------------------|-------|--------------------------|
| Tijolo perfurado (15+11)                            | 1800                                | 0,26  | 468                      |
| Reboco  | 1800                                | 0,06  | 108                      |
| Msi Total / 2 (sem isolamento) [kg/m <sup>2</sup> ] |                                     |       | 288                      |

| Pavimentos Interiores 1        | Massa Volúmica [kg/m <sup>3</sup> ] | e [m] | Msi [kg/m <sup>2</sup> ] |
|--------------------------------|-------------------------------------|-------|--------------------------|
| Laje aligeirada                | 1500                                | 0,2   | 300                      |
| Grês cerâmico                  | 2300                                | 0,01  | 23                       |
| Reboco                         | 1800                                | 0,02  | 36                       |
| Msi Total [kg/m <sup>2</sup> ] |                                     |       | 359                      |

| Paredes Interiores 1           | Massa Volúmica [kg/m <sup>3</sup> ] | e [m] | Msi [kg/m <sup>2</sup> ] |
|--------------------------------|-------------------------------------|-------|--------------------------|
| Tijolo de Perfurado            | 1800                                | 0,15  | 270                      |
| Reboco 2 faces                 | 1800                                | 0,06  | 108                      |
| Msi Total [kg/m <sup>2</sup> ] |                                     |       | 378                      |

| Elemento de Construção  | Msi [kg/m <sup>2</sup> ] | Limitação regul. Msi [kg/m <sup>2</sup> ] | Si [m <sup>2</sup> ] | R [m <sup>2</sup> .°C/W] | Fator de correção [r] | Msi.r.Si [kg] |
|-------------------------|--------------------------|---|----------------------|--------------------------|-----------------------|---------------|
| Laje de teto 1          | 168                      | 150                                       | 141,904              | 0,015                    | 1                     | 21285,600     |
| Laje de teto 2          | 178                      | 150                                       | 96,331               | 0,015                    | 1                     | 14449,650     |
| Laje de pavimento 1     | 207                      | 150                                       | 264,385              | 0,008                    | 1                     | 39657,750     |
| Paredes da envolvente 1 | 288                      | 150                                       | 359,566              | 0,023                    | 1                     | 53934,900     |
| Pavimentos interiores 1 | S1<br>359                | 300                                       | 168,787              | 0,015                    | 1                     | 50636,100     |
| Paredes interiores 1    | S2<br>378                | 300                                       | 214,390              | 0,008                    | 1                     | 64316,940     |
| Total                   |                          |   |                      | 0,023                    | 1                     | 244280,940    |

Área útil do Pavimento Ap [m<sup>2</sup>]

|         |
|---------|
| /       |
| 433,172 |

=

Massa superficial útil por m<sup>2</sup> de área de pavimento, It [kg/m<sup>2</sup>]

|         |
|---------|
| 563,935 |
|---------|

Inércia Térmica [It]

FORTE

### Edifício 4

| Laje de Teto 1                                      | Massa Volúmica [kg/m <sup>3</sup> ] | e [m] | Msi [kg/m <sup>2</sup> ] |
|---|-------------------------------------|-------|--------------------------|
| Tijolo de maciço (Burro)                            | 2000                                | 0,16  | 320                      |
| Reboco  | 1800                                | 0,02  | 36                       |
| Msi Total / 2 (sem isolamento) [kg/m <sup>2</sup> ] |                                     |       | 178                      |

| Elemento de Construção  | Msi [kg/m <sup>2</sup> ] | Limitação regul. Msi [kg/m <sup>2</sup> ] | Si [m <sup>2</sup> ] | R [m <sup>2</sup> .°C/W] | Fator de correção [r] | Msi.r.Si [kg] |
|-------------------------|--------------------------|---|----------------------|--------------------------|-----------------------|---------------|
| Laje de teto 1          | 178                      | 150                                       | 190,638              | 0,015                    | 1                     | 28595,700     |
| Laje de teto 2          | 178                      | 150                                       | 30,391               | 0,015                    | 1                     | 4558,718      |
| Laje de pavimento 1     | 162,5                    | 150                                       | 190,638              | 0,333                    | 0                     | 0,000         |
| Laje de pavimento 2     | 207                      | 150                                       | 20,030               | 0,008                    | 1                     | 3004,500      |
| Paredes da envolvente 1 | 604                      | 150                                       | 278,485              | 0,023                    | 1                     | 41772,750     |
| Paredes interiores 1    | 392                      | 300                                       | 81,466               | 0,015                    | 1                     | 24439,800     |
| Paredes interiores 2    | 1208                     | 300                                       | 15,525               | 0,023                    | 1                     | 4657,500      |
| Total                   |                          |   |                      |                          |                       | 107028,968    |

Área útil do Pavimento Ap [m<sup>2</sup>]

|         |
|---------|
| /       |
| 210,668 |
| =       |

Massa superficial útil por m<sup>2</sup> de área de pavimento, It [kg/m<sup>2</sup>]

|         |
|---------|
| 508,046 |
|---------|

Inércia Térmica [It]

FORTE

## POUSADA DA JUVENTUDE DE REDONDO

| Laje de Teto 1   | Massa<br>Volúmica<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | e [m] | Msi<br>[kg/m <sup>2</sup> ] |
|--|---|-------|-----------------------------|
| Laje aligeirada  | 1500                                      | 0,2   | 300                         |
| Reboco   | 1800                                      | 0,02  | 36                          |
| Msi Total [kg/m <sup>2</sup> ]                         |   |       | 336                         |
|  |   |       |                             |
| Laje de Teto 2   | Massa<br>Volúmica<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | e [m] | Msi<br>[kg/m <sup>2</sup> ] |
| Laje Aligeirada  | 1500                                      | 0,2   | 300                         |
| Reboco   | 1800                                      | 0,02  | 36                          |
| Msi Total [kg/m <sup>2</sup> ]                         |   |       | 336                         |
|  |   |       |                             |
| Laje de Pavimento 1                                    | Massa<br>Volúmica<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | e [m] | Msi<br>[kg/m <sup>2</sup> ] |
| Argamassa para assentamento                            | 2000                                      | 0,03  | 60                          |
| Grês cerâmico  | 2300                                      | 0,01  | 23                          |
| Msi Total) [kg/m <sup>2</sup> ]                        |   |       | 83                          |
|  |   |       |                             |
| Laje de Pavimento 2                                    | Massa<br>Volúmica<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | e [m] | Msi<br>[kg/m <sup>2</sup> ] |
| Betão  | 2300                                      | 0,17  | 391                         |
| Grês cerâmico  | 2300                                      | 0,01  | 23                          |
| Msi Total / 2 (sem isolamento)<br>[kg/m <sup>2</sup> ] |   |       | 207                         |
|  |   |       |                             |
| Paredes da Envolvente 1                                | Massa<br>Volúmica<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | e [m] | Msi<br>[kg/m <sup>2</sup> ] |
| Gesso cartonado  | 750                                       | 0,013 | 9,75                        |
| Msi Total [kg/m <sup>2</sup> ]                         |   |       | 9,75                        |
|  |   |       |                             |
| Pavimentos Interiores 1                                | Massa<br>Volúmica<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | e [m] | Msi<br>[kg/m <sup>2</sup> ] |
| Laje aligeirada  | 1500                                      | 0,2   | 300                         |
| Grês cerâmico  | 2300                                      | 0,01  | 23                          |
| Reboco   | 1800                                      | 0,02  | 36                          |
| Msi Total [kg/m <sup>2</sup> ]                         |   |       | 359                         |
|  |   |       |                             |
| Paredes Interiores 1                                   | Massa<br>Volúmica<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | e [m] | Msi<br>[kg/m <sup>2</sup> ] |
| Tijolo de maciço (Burro)                               | 2000                                      | 0,16  | 320                         |
| Reboco 2 faces   | 1800                                      | 0,04  | 72                          |
| Msi Total [kg/m <sup>2</sup> ]                         |   |       | 392                         |

| Paredes Interiores 2           | Massa Volúmica [kg/m <sup>3</sup> ] | e [m] | Msi [kg/m <sup>2</sup> ] |
|--------------------------------|-------------------------------------|-------|--------------------------|
| Granito                        | 2500                                | 0,44  | 1100                     |
| Reboco                         | 1800                                | 0,06  | 108                      |
| Msi Total [kg/m <sup>2</sup> ] |                                     |       | 1208                     |

### Edifícios 1 e 2

| Elemento de Construção  | Msi [kg/m <sup>2</sup> ] | Limitação regul. Msi [kg/m <sup>2</sup> ] | Si [m <sup>2</sup> ] | R [m <sup>2</sup> .°C/W] | Fator de correção [r] | Msi.r.Si [kg] |
|-------------------------|--------------------------|---|----------------------|--------------------------|-----------------------|---------------|
| Laje de teto 1          | 336                      | 150                                       | 124,227              | 0,015                    | 1                     | 18633,975     |
| Laje de teto 2          | 336                      | 150                                       | 117,225              | 0,015                    | 1                     | 17583,750     |
| Laje de pavimento 1     | 83                       | 83  | 124,227              | 0,008                    | 1                     | 10310,800     |
| Laje de pavimento 2     | 207                      | 150                                       | 89,094               | 0,008                    | 1                     | 13364,100     |
| Paredes da envolvente 1 | 9,75                     | 9,75                                      | 422,387              | 0,052                    | 1                     | 4118,273      |
| Pavimentos interiores 1 | S1<br>S2                 | 300                                       | 124,227              | 0,015                    | 1                     | 37267,950     |
| Paredes interiores 1    |                          |   | 91,420               | 0,015                    |                       |               |
| Paredes interiores 2    | 1208                     | 300                                       | 22,125               | 0,023                    | 1                     | 6637,500      |
| Total                   |                          |   |                      |                          |                       | 135342,348    |

Área útil do Pavimento Ap [m<sup>2</sup>]

|         |
|---------|
| /       |
| 337,547 |

=

Massa superficial útil por m<sup>2</sup> de área de pavimento, It [kg/m<sup>2</sup>]

|         |
|---------|
| 400,959 |
|---------|

Inércia Térmica [It]

FORTE

### Edifício 3

| Paredes Interiores 2           | Massa Volúmica [kg/m <sup>3</sup> ] | e [m] | Msi [kg/m <sup>2</sup> ] |
|--------------------------------|-------------------------------------|-------|--------------------------|
| Tijolo de Perfurado            | 1800                                | 0,15  | 270                      |
| Reboco 2 faces                 | 1800                                | 0,06  | 108                      |
| Msi Total [kg/m <sup>2</sup> ] |                                     |       | 378                      |

| Elemento de Construção  | Msi [kg/m <sup>2</sup> ] | Limitação regul. Msi [kg/m <sup>2</sup> ] | Si [m <sup>2</sup> ] | R [m <sup>2</sup> .°C/W] | Fator de correção [r] | Msi.r.Si [kg] |
|-------------------------|--------------------------|---|----------------------|--------------------------|-----------------------|---------------|
| Laje de teto 1          | 336                      | 150                                       | 141,904              | 0,015                    | 1                     | 21285,600     |
| Laje de teto 2          | 336                      | 150                                       | 96,331               | 0,015                    | 1                     | 14449,650     |
| Laje de pavimento 1     | 83                       | 83  | 255,635              | 0,008                    | 1                     | 21217,705     |
| Laje de pavimento 2     | 0                        | 0   |                      |                          | 0                     | 0,000         |
| Paredes da envolvente 1 | 9,75                     | 9,75                                      | 359,566              | 0,052                    | 1                     | 3505,769      |
| Pavimentos interiores 1 | S1<br>S2                 | 300                                       | 168,787              | 0,015                    | 1                     | 50636,100     |
| Paredes interiores 1    |                          |   | 214,390              | 0,008                    |                       |               |
| Paredes interiores 2    | 392                      | 300                                       |                      | 0,023                    | 1                     | 64316,940     |
| Total                   | 378                      | 300                                       |                      |                          | 0                     | 0,000         |
|                         |                          |   |                      |                          |                       | 175411,764    |

Área útil do Pavimento Ap [m<sup>2</sup>]

|         |
|---------|
| /       |
| 424,422 |

=

Massa superficial útil por m<sup>2</sup> de área de pavimento, It [kg/m<sup>2</sup>]

|         |
|---------|
| 413,296 |
|---------|

Inércia Térmica [It]

FORTE

### Edifício 4

| Laje de Teto 1                 | Massa Volúmica [kg/m <sup>3</sup> ] | e [m] | Msi [kg/m <sup>2</sup> ] |
|--------------------------------|-------------------------------------|-------|--------------------------|
| Tijolo de maciço (Burro)       | 2000                                | 0,16  | 320                      |
| Reboco                         | 1800                                | 0,02  | 36                       |
| Msi Total [kg/m <sup>2</sup> ] |                                     |       | 356                      |

| Paredes Interiores 3           | Massa Volúmica [kg/m <sup>3</sup> ] | e [m] | Msi [kg/m <sup>2</sup> ] |
|--------------------------------|-------------------------------------|-------|--------------------------|
| Tijolo perfurado               | 1800                                | 0,11  | 198                      |
| Reboco                         | 1800                                | 0,04  | 72                       |
| Msi Total [kg/m <sup>2</sup> ] |                                     |       | 270                      |

| Elemento de Construção  | Msi<br>[kg/m <sup>2</sup> ] | Limitação<br>regul. Msi<br>[kg/m <sup>2</sup> ] | Si<br>[m <sup>2</sup> ] | R<br>[m <sup>2</sup> .°C/W] | Fator de<br>correção<br>[r] | Msi.r.Si<br>[kg] |
|-------------------------|-----------------------------|---|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------|
| Laje de teto 1          | 356                         | 150   | 190,638                 | 0,015                       | 1                           | 28595,700        |
| Laje de teto 2          | 336                         | 150   | 92,202                  | 0,015                       | 1                           | 13830,360        |
| Laje de pavimento 1     | 83                          | 83  | 190,638                 | 0,008                       | 1                           | 15822,954        |
| Laje de pavimento 2     | 207                         | 150   | 87,433                  | 0,008                       | 1                           | 13114,905        |
| Paredes da envolvente 1 | 9,75                        | 9,75  | 285,101                 | 0,052                       | 1                           | 2779,739         |
| Paredes interiores 1    | 392                         | 300   | 81,466                  | 0,015                       | 1                           | 24439,800        |
| Paredes interiores 2    | 1208                        | 300   | 43,260                  | 0,023                       | 1                           | 12978,000        |
| Paredes interiores 2    | 270                         | 270   | 63,090                  | 0,015                       | 1                           | 17034,300        |
| Total                   |                             |   |                         |                             |                             | 111561,458       |

Área útil do Pavimento Ap [m<sup>2</sup>]

|         |
|---------|
| /       |
| 278,071 |

=

Massa superficial útil por m<sup>2</sup> de área de pavimento, It [kg/m<sup>2</sup>]

|         |
|---------|
| 401,198 |
|---------|

Inércia Térmica [It]

FORTE

