



INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Universidade Técnica de Lisboa

REABILITAÇÃO SUSTENTÁVEL: UM ESTUDO NA MOURARIA

ANÁLISE DE QUATRO TIPOLOGIAS CONSTRUTIVAS

Teresa Tomás Simão Martins

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em:

Arquitectura

Júri

Presidente: Prof. Doutor Pedro Manuel Gameiro Henriques

Orientador: Prof. Doutor Manuel de Arriaga Brito Correia Guedes (IST)

Co-Orientador: Prof. Doutora Maria Luísa de Oliveira Gama Caldas (FAUTL)

Vogal: Prof. Doutor Manuel Guilherme Caras Altas Duarte Pinheiro

Outubro 2009

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos aqueles que contribuíram, directa ou indirectamente, para o desenvolvimento desta dissertação.

Ao Professor Doutor Manuel Correia Guedes e Professora Doutora Luísa Caldas pela motivação e disponibilidade no decorrer de todo o trabalho.

À EPUL pela oportunidade de desenvolvimento da dissertação no âmbito de um estágio profissional, ao Arq. Ventura Bento, pelo sentido crítico e revisão deste trabalho e à Arq. Alberta Midões pela disponibilização de elementos e transmissão de conhecimentos, essenciais para o desenvolvimento da dissertação.

À Unidade de Projecto da Mouraria pela cedência da maioria das peças desenhadas dos edifícios estudados.

Ao Arq. Luís Calixto e João, pelo contributo para a aprendizagem do programa *Ecotect*.

À minha família, em especial aos meus pais e irmã, pelo apoio incondicional, compreensão e ajuda na revisão da dissertação.

Aos amigos César, Patrícia e Pedro, pela contribuição na tradução, Joana e Sara, companheiras de dissertação e Zé, pelas inúmeras conversas.

RESUMO

O tema reabilitação sustentável pretende conjugar dois assuntos actualmente emergentes: a necessidade de reabilitar o parque habitacional português, nomeadamente os seus centros históricos e, associada a esta, a busca pela sustentabilidade no sector da construção, essencial no processo de combate ao aquecimento global.

Nesta dissertação foi avaliada a importância da implementação de estratégias de design passivo na zona histórica da Mouraria, em Lisboa. À escala do edifício, pretendeu-se analisar e comparar o comportamento térmico de construções de diferentes épocas, com o propósito de definir recomendações de reabilitação que contribuam para melhorar o conforto térmico e minimizar o consumo energético dos edifícios. À escala do bairro, e considerando que este é um dos mais degradados da cidade de Lisboa, procurou-se avaliar o impacto que a aplicação de tais recomendações poderá ter a nível de consumos energéticos.

A análise realizada destaca sobretudo a influência que os vãos envidraçados podem ter no comportamento térmico de um edifício, a importância da introdução e do modo de aplicação do isolamento térmico e o papel relevante da inércia térmica dos diversos elementos para a regulação térmica dos espaços interiores. A definição de recomendações, adequadas a cada tipo construtivo existente na Mouraria, permitiu avaliar a importância da implementação destas soluções ao nível do bairro, concluindo-se que poderia existir uma redução significativa do consumo energético total anual (entre 1.7 e 2.2 milhões de kWh), referente à climatização (aquecimento e arrefecimento). Estes valores revelam a importância e urgência deste tipo de reabilitação.

Palavras-chave

Reabilitação, Sustentabilidade, Mouraria, Tipologias Construtivas, Design Passivo

ABSTRACT

Retrofitting aims at the conjunction of two emergent topics: Rehabilitation of the Portuguese houses, mainly their historical centers, and the quest for sustainability in the construction sector, which is essential in the fight against of global warming.

For this purpose, the implementation of passive design strategies in the historical neighbourhood Mouraria, in Lisbon, were evaluated. Building-wise, an analysis and comparison was made, that focused on the thermal construction layouts of different epochs, to define rehabilitation recommendations that improve the building's thermal conditions/comfort and minimize their energy consumption. Since this is one of the most degraded neighbourhoods in Lisbon, the impact of such recommendations, must be thoroughly analysed in the neighbourhood scale.

The analysis that was made focused on, the influence of windows on the thermal status of the building, the importance of the application of thermal isolation, and the thermal inertia role on thermal regulation of the building's interiors. The definition of such recommendations, adequate to each type of construction in Mouraria, provides a comprehensive view on the importance of their application, concluding that a significant reduction in yearly energy consumption could be achieved (between 1.7 and 2.2 millions of kWh), in reference to heating and cooling. These values result emphasizing the importance and urgency of this type of rehabilitation.

Keywords

Energy-efficient retrofitting, sustainable design, Mouraria, construction processes, passive design

ÍNDICE

| | |
|--|------|
| AGRADECIMENTOS..... | ii |
| RESUMO | iii |
| ABSTRACT..... | iv |
| ÍNDICE..... | v |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | vii |
| ÍNDICE DE TABELAS..... | xiii |
| INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 1. SUSTENTABILIDADE E REABILITAÇÃO | 3 |
| 1.1.Sustentabilidade: etapas de desenvolvimento | 3 |
| 1.2. A importância da reabilitação dos edifícios no Parque Habitacional Português..... | 6 |
| 1.3. Reabilitação Sustentável. Reabilitação energética | 9 |
| 2. A MOURARIA | 12 |
| 2.1. Esboço Histórico | 12 |
| 2.2. Análise Construtiva e Espacial do Edificado | 26 |
| 2.2.1. Construção Pré-Pombalina..... | 26 |
| 2.2.2. Construção Pombalina | 30 |
| 2.2.3. “Gaioleiro”..... | 33 |
| 2.2.4. Construção em Betão..... | 35 |
| 2.3. Princípios de Design Ambiental..... | 37 |
| 3. CASOS DE ESTUDO..... | 48 |
| 3.1. Objectivos..... | 48 |
| 3.2. Metodologia..... | 48 |
| 3.3. Caracterização dos edifícios | 51 |
| 3.3.1. Construção Pré-Pombalina, Largo da Achada 2..... | 51 |
| 3.3.2. Construção Pombalina, Rua das Farinhas 1-3..... | 53 |
| 3.3.3. “Gaioleiro”, Rua da Mouraria 8-16 Escadinhas da Saúde 10..... | 55 |
| 3.3.4. Construção em Betão, Rua João do Outeiro 6-14..... | 57 |
| 3.5. Análise de resultados | 59 |

| | |
|--|----|
| 3.5.1. Avaliação dos casos de estudo | 59 |
| 3.5.1.1. Construção Pré-Pombalina, Largo da Achada 2 | 60 |
| 3.5.1.2. Construção Pombalina, Rua das Farinhas 1-3..... | 64 |
| 3.5.1.3 “Gaioleiro”, Rua da Mouraria 8-16 Escadinhas da Saúde 10 | 67 |
| 3.5.1.4. Construção em Betão, Rua João do Outeiro 6-14..... | 71 |
| 3.5.2. Análise Comparativa..... | 74 |
| 3.5.3. Sumário de Resultados | 77 |
| 4. RECOMENDAÇÕES DE PROJECTO | 79 |
| CONCLUSÃO | 81 |
| BIBLIOGRAFIA..... | 83 |
| ANEXOS..... | 88 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1.1 - Desagregação do consumo de energia primária pelas principais tipologias de utilização (fonte: Matriz Energética de Lisboa, AA. VV., 2009)..... | 4 |
| Figura 1.2 - Desagregação do consumo de energia primária associado ao funcionamento dos edifícios (fonte: Matriz Energética de Lisboa, AA. VV., 2009)..... | 4 |
| Figura 1.3 - Subsídios do estado no sector da habitação entre 1990 e 1999 (fonte: Pinho, 2005)..... | 6 |
| Figura 1.4 - Gráfico da quantificação de fogos construídos pelos programas RECRIA e REHABITA (fonte: Faculdade Católica Portuguesa, 2007)..... | 7 |
| Figura 1.5 - Fogos convencionais devolutos, nos anos 90 e na última estatística, na UE-25 (fonte: EPUL, 2007)..... | 7 |
| Figura 1.6 - Beco das Flores (fonte: autor, 2009)..... | 8 |
| Figura 1.7 – Beco dos Surradores (fonte: autor, 2009)..... | 8 |
| Figura 1.8 – Rua de São Cristóvão (fonte: autor, 2009)..... | 8 |
| Figura 1.9 - Beco das Flores (fonte: autor, 2009)..... | 8 |
| Figura 1.10 – Desagregação do consumo de energia primária associada aos edifícios residenciais (fonte: AA. VV., 2009)..... | 9 |
| Figura 2.1 - Localização do bairro da Mouraria na cidade de Lisboa (fonte: PUNHM, AA.VV, 1996)..... | 12 |
| Figura 2.2 – Área aproximada da Mouraria em 1366 (fonte: autor, 2009)..... | 13 |
| Figura 2.3 – Vias Internas da Mouraria (fonte: Oliveira e Viana, 1993)..... | 14 |
| Figura 2.4 - Vias Externas da Mouraria (fonte: Oliveira e Viana, 1993)..... | 14 |
| Figura 2.5 - Cerca Fernandina (fonte: Silva, 1987)..... | 15 |
| Figura 2.6 – Espaços públicos da Mouraria de Lisboa (fonte: Oliveira e Viana, 1993)..... | 16 |
| Figura 2.7 – Arco e Palácio do Marquês do Alegrete, 1946, lado Norte (fonte: Silva, 1987)..... | 18 |
| Figura 2.8 - Desenho Muralha Fernandina, desde o Castelo até à Porta da Mouraria (fonte: Vieira, 1987)..... | 19 |
| Figura 2.9 – Espaço onde se localizava o Palácio Marquês do Alegrete (fonte: Arquivo Fotográfico de Lisboa)..... | 20 |
| Figura 2.10 – Teatro Apolo (fonte: Arquivo Fotográfico de Lisboa)..... | 20 |
| Figura 2.11 – Capela da Nossa Senhora da Saúde (fonte: Arquivo Fotográfico de Lisboa)..... | 20 |

| | |
|---|----|
| Figura 2.12 – Largo Martim Moniz (fonte: Arquivo Fotográfico de Lisboa)..... | 21 |
| Figura 2.13 – Mercado da Ribeira (fonte: Arquivo Fotográfico de Lisboa)..... | 21 |
| Figura 2.14 - Mercado da Ribeira em demolições (fonte: Arquivo Fotográfico de Lisboa)..... | 21 |
| Figura 2.15 – Tipo de Intervenções propostas no Plano de Urbanização do Núcleo Histórico da Mouraria (fonte: Plano de Urbanização do Núcleo Histórico da Mouraria, 1996) | 24 |
| Figura 2.16 - Tipologias construtivas dos edifícios da Área Crítica da Mouraria | 26 |
| Figura 2.17 - Rua da Guia, 1-7 (fonte: http://www-ext.Inec.pt/LNEC/DED/NA/arq/ntp/vilas/1/1-1.htm , 2009) | 28 |
| Figura 2.18 - Rua do Benfornoso, 101-103 (fonte: http://www-ext.Inec.pt/LNEC/DED/NA/arq/ntp/vilas/1/1-1.htm , 2009) | 28 |
| Figura 2.19 - Largo da Achada, 1 (fonte: EPUL, 2006)..... | 28 |
| Figura 2.20 - Largo da Achada, 6 (fonte: Arquivo Fotográfico de Lisboa)..... | 28 |
| Figura 2.21 - Rua João do Outeiro 15-19 (fonte EPUL, 2008)..... | 29 |
| Figura 2.22 - Beco do Jasmim 9-15 (fonte: EPUL, 2008) | 29 |
| Figura 2.23 – Rua de S. Cristóvão 31-39, edifício Pombalino com aumento posterior de um piso (fonte: autor, 2009) | 30 |
| Figura 2.24– Rua de S. Cristóvão 11-19, edifício Pombalino com aumento posterior de dois pisos (fonte: autor, 2009) | 30 |
| Figura 2.25– Rua das Farinhas, 1-3 (fonte: autor, 2009) | 30 |
| Figura 2.26 – Pormenor da estrutura da parede interior em gaiola (fonte: Pinho, 2000) | 31 |
| Figura 2.27 - Pormenor da estrutura da parede da fachada em gaiola (fonte: Pinho, 2000) | 31 |
| Figura 2.28 - Pormenor da estrutura da parede de tabique (fonte: Pinho, 2000)..... | 31 |
| Figura 2.29 – Detalhes construtivos de uma fachada de um edifício pombalino (fonte: Mascarenhas, 2005)..... | 32 |
| Figura 2.30 – Edifício Pombalino na sua fase inicial (fonte: Mascarenhas, 2005) | 32 |
| Figura 2.31 – Rua da Achada, 8-8A (fonte: autor, 2009) | 34 |
| Figura 2.32 – Rua do Marquês de Ponte Lima, 37 (fonte: autor, 2009) | 34 |
| Figura 2.33 - Rua do Marquês de Ponte Lima, 25 (fonte: autor, 2009)..... | 34 |
| Figura 2.34 – Rua da Mouraria, 8-16 (fonte: autor, 2009)..... | 34 |
| Figura 2.35 - Radiação solar ao longo do ano (por orientações); (fonte: Gonçalves e Graça, 2004) | 38 |

| | |
|---|----|
| Figura 2.36 – Beco das Farinhas (fonte: autor, 2009)..... | 38 |
| Figura 2.37 – Beco do Castelo (fonte: autor, 2009) | 38 |
| Figura 2.38 - Rua João do Outeiro (fonte: autor, 2009) | 38 |
| Figura 2.39 – Rua das Farinhas (fonte: autor, 2009) | 38 |
| Figura 2.40 - Avaliação da eficiência energética dos diversos tipos de envidraçados, em função do tipo de caixilharia | 40 |
| Figura 2.41 - Influência dos dispositivos de sombreamento (protecções exteriores e interiores e vidros duplos); (fonte: Silva e Almeida, 2003) | 41 |
| Figura 2.42 – Exemplo de sombreamento a partir de estores exteriores e cortinas interiores de cor clara (fonte: autor, 2009)..... | 41 |
| Figura 2.43 – Exemplo de sombreamento improvisado, em toldo (fonte: autor, 2009)..... | 41 |
| Figura 2.44 – Exemplo de sombreamento a partir de portadas exteriores (fonte: autor, 2009) | 41 |
| Figura 2.45 – Exemplo de sombreamento a partir de portadas interiores (fonte: autor, 2009) | 41 |
| Figura 2.46 – Inércia térmica no Verão: (à esquerda) manhã; (ao centro) tarde; (à direita) noite (fonte: Tirone, 2007)..... | 42 |
| Figura 2.47 - Variações da temperatura média no interior da parede consoante o posicionamento do isolamento térmico (fonte: Sousa, 2003; modificado pelo autor) | 43 |
| Figura 2.48 – Ventilação comum em edifícios Pré-Pombalinos (fonte: autor, 2009)..... | 44 |
| Figura 2.49 -- Ventilação comum em edifícios Pombalinos (fonte: autor, 2009) | 44 |
| Figura 2.50 -- Ventilação comum em edifícios “Gaioleiros” (fonte: autor, 2009)..... | 44 |
| Figura 2.51 – Sistema colectivo Integral (fonte: INETI, 2009)..... | 46 |
| Figura 2.52 - Sistema colectivo na captação individual (fonte: INETI, 2009) | 46 |
| Figura 2.53 – Sistema individual integral (fonte: INETI, 2009)..... | 46 |
| Figura 2.54 – Captação de energia dos painéis solares em função da sua inclinação e orientação (fonte: INETI, 2009) | 46 |
| Figura 3.1 – Localização dos casos de estudo (fonte: autor, 2009)..... | 48 |
| Figura 3.2 – Modelo <i>Ecotect</i> do edifício do Largo a Achada, 2 (fonte: autor, 2009) | 49 |
| Figura 3.3 - Modelo <i>Ecotect</i> do edifício da Rua das Farinhas 1-3 (fonte: autor, 2009)..... | 49 |
| Figura 3.4- Modelo <i>Ecotect</i> do edifício da Rua da Mouraria 8-16 (fonte: autor, 2009)..... | 49 |
| Figura 3.5 - Modelo <i>Ecotect</i> do edifício da Rua João do Outeiro 6-14 (fonte: autor, 2009) | 49 |

| | |
|---|----|
| Figura 3.6 - Largo da Achada, 2 antes de ser reabilitado (fonte: EPUL, 2004)..... | 51 |
| Figura 3.7 - Largo da Achada, 2 depois de ser reabilitado (fonte: autor, 2009)..... | 51 |
| Figura 3.8 – Paredes de alvenaria de tijolo na caixa-de-escada (fonte: EPUL, 2006) | 52 |
| Figura 3.9 – Paredes de tabique (fonte: EPUL, 2006) | 52 |
| Figura 3.10 – Enchimento das paredes de frontal com tijolo furado (fonte: EPUL, 2007)..... | 52 |
| Figura 3.11 – Novos vãos envidraçados (fonte: EPUL, 2007) | 52 |
| Figura 3.12 – Reconstrução da cobertura com reforço térmico (fonte: EPUL, 2007)..... | 52 |
| Figura 3.13 - Rua das Farinha 1-3 entre 1898 e 1908 (fonte: Arquivo Fotográfico de Lisboa) | 53 |
| Figura 3.14 - Rua das Farinha 1-3 nos dias de hoje (fonte: o autor, 2009)..... | 53 |
| Figura 3.15 - Paredes com estrutura em gaiola (fonte: Alberta Midões, 1999)..... | 54 |
| Figura 3.16 - Estrutura e composição do piso da cobertura (fonte: Alberta Midões, 1999) | 54 |
| Figura 3.17 - Estrutura de paredes e pavimentos (fonte: Alberta Midões, 1999)..... | 54 |
| Figura 3.18 - Rua da Mouraria 8-16, 1948 (fonte: Arquivo Fotográfico de Lisboa) | 55 |
| Figura 3.19 - Rua da Mouraria 8-16 após reabilitação (fonte: Alberta Midões, 2002)..... | 55 |
| Figura 3.20 - Rua da Mouraria 8-16 nos dias de hoje (fonte: autor, 2009) | 55 |
| Figura 3.21 – Desabamento de parte da fachada Sul (fonte: Alberta Midões, 2002)..... | 56 |
| Figura 3.22 – Interior do edifício sem pavimentos (fonte: Alberta Midões, 2002) | 56 |
| Figura 3.23 – Reforço de fundações (fonte: Alberta Midões, 2002) | 56 |
| Figura 3.24 - Fachada principal do edifício Rua João do Outeiro 6-14 (fonte: o autor, 2009)..... | 57 |
| Figura 3.25 - Pátio interior do edifício Rua João do Outeiro 6-14 (fonte: Alberta Midões, 1990)..... | 57 |
| Figura 3.26 – Temperatura do Piso Superior, no dia mais frio do ano (Estado Original); (fonte: autor, 2009)..... | 63 |
| Figura 3.27 – Temperatura do Piso Superior, no dia mais frio do ano (Edifício Reabilitado); (fonte: autor, 2009)..... | 63 |
| Figura 3.28 – Temperatura do Piso Superior, no dia mais frio do ano (Proposta); (fonte: autor, 2009) | 63 |
| Figura 3.29 - Temperatura do Piso Superior, no dia mais frio do ano (Estado Original); (fonte: autor, 2009)..... | 66 |
| Figura 3.30 - Temperatura do Piso Superior, no dia mais frio do ano (Edifício Reabilitado); (fonte: autor, 2009)..... | 66 |
| Figura 3.31 - Temperatura do Piso Superior, no dia mais frio do ano (Proposta); (fonte: autor, 2009)..... | 66 |

| | |
|--|-----|
| Figura 3.32 – Consumos Energéticos dos Pisos Intermédio e Superior no seu estado original de construção e com a implementação das diferentes soluções construtivas na sua reabilitação (fonte: autor, 2009)..... | 69 |
| Figura 3.33 - Temperatura do Piso Superior, no dia mais frio do ano (Estado Original); (fonte: autor, 2009)..... | 70 |
| Figura 3.34 - Temperatura do Piso Superior, no dia mais frio do ano (Edifício Reabilitado); (fonte: autor, 2009)..... | 70 |
| Figura 3.35 - Temperatura do Piso Superior, no dia mais frio do ano (Proposta); (fonte: autor, 2009)..... | 70 |
| Figura 3.36 - Temperatura do Piso Superior, no dia mais frio do ano (Estado Original); (fonte: autor, 2009)..... | 73 |
| Figura 3.37 - Temperatura do Piso Superior, no dia mais frio do ano (Proposta); (fonte: autor, 2009)..... | 73 |
| Figura 3.38 - Tipologias construtivas dos edifícios com necessidades de reabilitação na Zona Crítica da Mouraria (fonte: autor, 2009) | 77 |
| | |
| Figura C.1– Planta Piso 0 do edifício do Largo da Achada, 2 (fonte: EPUL, 2007) | C.2 |
| Figura C.2– Planta Piso 1 do edifício do Largo da Achada, 2 (fonte: EPUL, 2007) | C.2 |
| Figura C.3– Planta Piso 2 do edifício do Largo da Achada, 2 (fonte: EPUL, 2007) | C.2 |
| Figura C.4– Planta Piso 3 do edifício do Largo da Achada, 2 (fonte: EPUL, 2007) | C.2 |
| Figura C.5– Corte 1 do edifício do Largo da Achada, 2 (fonte: EPUL, 2007)..... | C.3 |
| Figura C.6– Corte 2 do edifício do Largo da Achada, 2 (fonte: EPUL, 2007)..... | C.3 |
| Figura C.7- Alçado Principal do edifício do Largo da Achada, 2 (fonte: EPUL, 2007) | C.3 |
| Figura C.8- Alçado Lateral do edifício do Largo da Achada, 2 (fonte: EPUL, 2007) | C.3 |
| Figura C.9 - Planta Piso 0 do edifício da Rua das Farinhas 1-3 (fonte: Unidade de Projecto da Mourara, 2007) | C.4 |
| Figura C.10- Planta Piso 1 do edifício da Rua das Farinhas 1-3 (fonte: Unidade de Projecto da Mouraria, 2007)..... | C.4 |
| Figura C.11- Planta Piso 2 do edifício da Rua das Farinhas 1-3 (fonte: Unidade de Projecto da Mouraria, 2007)..... | C.5 |
| Figura C.12- Planta Piso 3 do edifício da Rua das Farinhas 1-3 (fonte: Unidade de Projecto da Mouraria, 2007)..... | C.5 |
| Figura C.13- Planta Piso 4 do edifício da Rua das Farinhas 1-3 (fonte: Unidade de Projecto da Mouraria, 2007)..... | C.6 |

| | |
|--|------|
| Figura C.14- Corte do edifício da Rua das Farinhas 1-3 (fonte: Unidade de Projecto da Mouraria, 2007)..... | C.6 |
| Figura C.15- Alçado Lateral do edifício da Rua das Farinhas 1-3 (fonte: Unidade de Projecto da Mouraria, 2007)..... | C.7 |
| Figura C.16- Alçado Principal do edifício da Rua das Farinhas 1-3 (fonte: Unidade de Projecto da Mouraria, 2007)..... | C.7 |
| Figura C.17- Planta Piso 0 do edifício da Rua da Mouraria 8-16 (fonte: Unidade de Projecto da Mouraria, 2007)..... | C.8 |
| Figura C.18- Planta Piso 1 do edifício da Rua da Mouraria 8-16 (fonte: Unidade de Projecto da Mouraria, 2007)..... | C.8 |
| Figura C.19- Planta Piso 2 do edifício da Rua da Mouraria 8-16 (fonte: Unidade de Projecto da Mouraria, 2007)..... | C.9 |
| Figura C.20 - Planta Piso 3 do edifício da Rua da Mouraria 8-16 (fonte: Unidade de Projecto da Mouraria, 2007)..... | C.9 |
| Figura C.21- Planta Piso 4 a 7 do edifício da Rua da Mouraria 8-16 (fonte: Unidade de Projecto da Mouraria, 2007)..... | C.10 |
| Figura C.22- Planta Piso 8 do edifício da Rua da Mouraria 8-16 (fonte: Unidade de Projecto da Mouraria, 2007)..... | C.10 |
| Figura C.23- Planta da Cobertura do edifício da Rua da Mouraria 8-16 (fonte: Unidade de Projecto da Mouraria, 2007)..... | C.11 |
| Figura C.24- Corte AA' do edifício da Rua da Mouraria 8-16 (fonte: Unidade de Projecto da Mouraria, 2007)..... | C.11 |
| Figura C.25- Alçado Frontal do edifício da Rua da Mouraria 8-16 (fonte: Unidade de Projecto da Mouraria, 2007)..... | C.12 |
| Figura C.26 - Alçado Lateral do edifício da Rua da Mouraria 8-16 (fonte: Unidade de Projecto da Mouraria, 2007)..... | C.12 |
| Figura C.27 - Planta do Piso 0 do edifício da Rua João do Outeiro 6-14 (fonte: Unidade de Projecto da Mouraria, 2007)..... | C.13 |
| Figura C.28- Planta dos Pisos 1 a 3 do edifício da Rua João do Outeiro 6-14 (fonte: Unidade de Projecto da Mouraria, 2007) | C.13 |
| Figura C.29- Planta da Cobertura do edifício da Rua João do Outeiro 6-14 (fonte: Unidade de Projecto da Mouraria, 2007) | C.14 |

| | |
|---|------|
| Figura C.30- Corte 2-2' do edifício da Rua João do Outeiro 6-14 (fonte: Unidade de Projecto da Mouraria, 2007)..... | C.14 |
| Figura C.31- Corte 7-7' do edifício da Rua João do Outeiro 6-14 (fonte: Unidade de Projecto da Mouraria, 2007)..... | C.15 |
| Figura C.32- Alçado Principal do edifício da Rua João do Outeiro 6-14 (fonte: Unidade de Projecto da Mouraria, 2007)..... | C.15 |
| Figura D.1 - Orientações solares dominantes na Mouraria (fonte: AA. VV., 1996)..... | D.1 |
| Figura E.1 - Gráfico temperaturas médias máximas e mínimas em Portugal (fonte: autor, 2009)..... | E.1 |

ÍNDICE DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 2.1 – Caracterização dos vãos envidraçados nas diferentes tipologias construtivas | 39 |
| Tabela 2.2 - Caracterização do tipo de inércia das diferentes tipologias construtivas | 42 |
| Tabela 3.1 – Características gerais do edifício Largo da Achada, 2 | 51 |
| Tabela 3.2 - Características gerais do edifício Rua das Farinhas 1-3..... | 53 |
| Tabela 3.3 - Características gerais do edifício Rua da Mouraria 8-16 / Escadinhas da Saúde 10 | 55 |
| Tabela 3.4 - Características gerais do edifício Rua João do Outeiro 6-14..... | 57 |
| Tabela 3.5 – Consumos Energéticos dos Pisos Térreo e Superior do Largo da Achada 2, nas diversas etapas de avaliação | 60 |
| Tabela 3.6 - Consumos Energéticos dos Pisos Intermédio e Superior da Rua das Farinhas 1-3, nas diversas etapas de avaliação..... | 64 |
| Tabela 3.7 - Consumos Energéticos dos Pisos Intermédio e Superior da Rua da Mouraria 8-16 Escadinhas da Saúde 10, nas diversas etapas de avaliação | 67 |
| Tabela 3.8 - Consumos Energéticos dos Pisos Intermédio e Superior da Rua João do Outeiro 6-14, nas diversas etapas de avaliação | 71 |
| Tabela 3.9 - Consumos Energéticos dos Pisos Intermédio e Superior dos quatro edifícios analisados, nos seus estados originais..... | 74 |
| Tabela 3.10 – Sumário dos consumos energéticos de climatização dos edifícios degradados da Zona Crítica da Mouraria | 78 |

| | |
|--|------|
| Tabela A.1 – Coeficientes de Transmissão térmica dos diversos elementos construtivos do edifício Largo da Achada, 2..... | A.2 |
| Tabela A.2 - Coeficientes de Transmissão térmica dos diversos elementos construtivos do edifício da Rua das Farinhas 1-3 | A.5 |
| Tabela A.3- Coeficientes de Transmissão térmica dos diversos elementos construtivos do edifício da Rua da Mouraria 8-16 | A.7 |
| Tabela A.4- Coeficientes de Transmissão térmica dos diversos elementos construtivos do edifício da Rua João do Outeiro 6-14..... | A.10 |
| Tabela B.1 – Tabela de Cálculo dos Coeficientes de Transmissão Térmica do edifício Largo da Achada 2..... | B.2 |
| Tabela B.2 – Tabela de Cálculo dos Coeficientes de Transmissão Térmica do edifício Rua das Farinhas 1-3..... | B.2 |
| Tabela B.3 – Tabela de Cálculo dos Coeficientes de Transmissão Térmica do edifício Rua da Mouraria 8-16..... | B.3 |
| Tabela B.4– Tabela de Cálculo dos Coeficientes de Transmissão Térmica do edifício Rua João do Outeiro 6-14..... | B.3 |

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas Portugal atravessou um período intenso de construção nova, transformando-se no país europeu com maior número de habitações relativamente à sua população (Cóias 2004). A Construção Civil é uma das actividades com maior impacto ambiental, sobretudo quando associada à construção nova. Segundo a Agenda 21 (1999), redigida pela Industrial Council for Research and Innovation in Building Construction, nos países industrializados a construção consome cerca de 50% dos recursos naturais e produz 50% dos resíduos. Apesar destes factos a reabilitação de edifícios obtém ainda uma importância reduzida na indústria de construção, sobretudo quando comparada com outros países europeus. Na cidade de Lisboa uma grande quantidade de edifícios encontram-se bastante degradados, estando localizados fundamentalmente nas áreas históricas da cidade. Assiste-se, por outro lado, a reabilitações pontuais de edifícios, não existindo operações integradas de reabilitação à escala da cidade.

A consciencialização para estas problemáticas começa, finalmente, a ser crescente, assistindo-se, no entanto, a uma forma de reabilitar descuidada, onde muitas vezes existe o desrespeito pela forma e estrutura dos edifícios. A reabilitação deve ser encarada como uma oportunidade de promover uma construção e habitação mais sustentável, tanto a nível da reutilização dos materiais, como na minimização do consumo de água e energia, obtendo benefícios sociais, económicos e ambientais que se poderão repercutir não só a nível global e nacional, como também a nível do utente e do consumidor.

Assim, o objectivo da presente dissertação é avaliar a importância da implementação de estratégias de design passivo à escala do edifício e do bairro, na zona histórica da Mouraria, em Lisboa. À escala do edifício, pretende-se analisar e comparar o comportamento térmico de construções de diferentes épocas (Pré-Pombalino, Pombalino, "Gaioleiro" e Estrutura de Betão), com o propósito de definir recomendações de reabilitação que contribuam para melhorar o conforto térmico e minimizar o consumo energético dos edifícios. À escala do bairro, e considerando que este é um dos mais degradados da cidade de Lisboa, procura-se avaliar o impacto que a aplicação de tais recomendações poderão ter a nível de consumos energéticos.

Elaborada a partir de um estágio realizado na EPUL (Empresa Pública de Urbanização de Lisboa), pretende-se que este elemento seja base para o trabalho prático e real de desenvolvimento de projectos de reabilitação mais sustentáveis.

A dissertação está organizada em quatro capítulos. O primeiro capítulo contextualiza os conceitos de sustentabilidade e reabilitação, identificando a sua génese, crescente importância, e o papel do segundo para no desenvolvimento do primeiro. Paralelamente são descritas directrizes, programas e projectos internacionais, nacionais e de concelho que foram e estão a ser desenvolvidos no âmbito dos temas referidos.

No segundo capítulo é efectuada uma análise histórica e construtiva do bairro da Mouraria, descritas sucintamente as estratégias de design passivo adequadas à reabilitação e analisada a sua existência nos

edifícios das diferentes épocas construtivas. A partir deste processo é possível realizar uma primeira avaliação das medidas a tomar na reabilitação de cada tipo construtivo.

No terceiro capítulo, referente aos casos de estudo, a análise é dividida em três partes. Na primeira parte é realizada a avaliação, para cada edifício, do seu comportamento térmico antes e após reabilitação, registando as suas melhorias e estudando estratégias de design ambiental para o melhoramento do seu desempenho térmico; Na segunda parte é feita a comparação do comportamento térmico dos diversos casos de estudo (no seu estado original) procurando contribuir para um conhecimento mais abrangente deste tipo de edifícios. Na terceira parte faz-se uma estimativa da redução energética, para aquecimento e arrefecimento, que poderia existir no bairro da Mouraria se tais estratégias definidas fossem alargadas a todos os seus edifícios degradados. Para o desenvolvimento deste capítulo recorreu-se ao *software Ecotect* para a avaliação térmica dos edifícios.

No seguimento dos capítulos anteriores, e com base nas análises apresentadas, o quarto e último capítulo lista, de forma sumária, algumas medidas de design passivo (gerais e específicas para diferentes tipos construtivos) que podem ser aplicadas para a reabilitação de edifícios.

1. SUSTENTABILIDADE E REABILITAÇÃO

O presente capítulo apresenta uma breve síntese do desenvolvimento dos conceitos de “sustentabilidade” e de “reabilitação” até à actualidade, onde convergem dando lugar à ideia de “reabilitação energética”, essencial e importante na resolução dos problemas de conservação do parque habitacional português e do crescente consumo energético a que se assiste.

1.1.SUSTENTABILIDADE: ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO

A Revolução Industrial, iniciada em finais do século XVIII, definiu-se como um conjunto de profundas transformações tecnológicas que vieram influenciar grande parte do sistema económico e social mundial. Entre outras, a descoberta do carvão, que produzia mais energia por quilograma do que qualquer outro combustível vegetal, traduziu-se na mecanização dos sistemas de produção, acelerando o seu ritmo, reduzindo o preço dos produtos e incentivando o consumo. Observou-se o crescimento desordenado das cidades, o aumento da poluição e o uso exagerado de energia, intensificado com a descoberta do petróleo em meados do século XIX.

A consciencialização do carácter não renovável dos recursos de origem fóssil (carvão, petróleo ou gás natural) e a importância de fontes de energia alternativas, apenas tomou verdadeiramente lugar com a histórica crise petrolífera de 1973, que veio advertir os países desenvolvidos para a inevitabilidade e consequências do seu fim.

Ao mesmo tempo começou a surgir uma nova forma de conceber os edifícios que, com o desenvolvimento tecnológico, tinham deixado de se adaptar e tirar partido do clima que os integrava. Estando nos anos 70 ligada a preocupações económicas, passou nos anos 80, com o aumento da informação relativa ao aquecimento global resultante da queima de combustíveis fósseis, a estar já ligada a questões ambientais. Este tipo de Arquitectura, designado de Bioclimática ou Solar Passiva, é desenvolvido através dos princípios então esquecidos, com o objectivo de conferir conforto interior aos seus habitantes com redução do consumo energético para climatização e iluminação.

Estariam já implícitos neste processo os conceitos de “Sustentabilidade” e “Desenvolvimento Sustentável”, definidos claramente no relatório de Brundtland, “Our Common Future”, redigido em 1987 pela Comissão Mundial para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento criada pelas Nações Unidas (UN Documents, 2009). Neste “Desenvolvimento Sustentável” é definido como “o desenvolvimento que vai de encontro às necessidades das gerações presentes sem comprometer a capacidade de desenvolvimento das gerações futuras”, sublinhando que este conceito não tem apenas uma vertente ambiental, mas também social e económica: “A imagem de uma evolução sustentável implica o conceito de pôr em sintonia o melhoramento das situações económicas e sociais das pessoas e assegurar, a longo prazo, as necessidades naturais da vida. (...) A evolução sustentável requer a consideração dos factores ecológicos, económicos e sociais numa política nacional e global”.

É no entanto a convenção de Quioto, realizada no final de 1997, que serviu de catalisador para o desenvolvimento de uma política global que invertesse o processo de aquecimento global. Com a assinatura do protocolo de Quioto os países signatários comprometeram-se a “reduzir as suas emissões de Gases de Efeito de Estufa em pelo menos 5%, em relação aos níveis de 1990 e 8% nos países da União Europeia, até o período entre 2008 e 2012” com o objectivo de “reduzir a temperatura global entre 1,4°C e 5,8°C até 2100.” (Protocolo de Quioto relativo às alterações climáticas, 2002). Este compromisso legal assinado em 1998 por 39 dos 160 participantes, obrigou a uma redução de emissões de com efeito de estufa nas actividades mais poluentes, como os transportes e a produção de energia, favorecendo a utilização de energias renováveis.

Este acordo levou a que a Comissão Europeia propusesse o alcance de diversas metas que foram recentemente reformuladas no pacote clima-energia “três vintes até 2020”: redução de 20% (ou 30% se for possível chegar a um acordo internacional) das emissões dos gases com efeito de estufa, aumento em 20% da quota-parte nas energias renováveis no consumo de energia e aumento de 20% na eficiência energética (COM (2008) 30). Por outro lado a directiva europeia do desempenho energético dos edifícios (2002/91/CE), viria a enquadrar a forma como os diferentes países europeus deveriam tornar os seus edifícios mais eficientes do ponto de vista energético, que passava pela quantificação do consumo nominal de energia por m² e pela certificação energética.

Portugal, apesar de ser um país com reduzidos recursos energéticos (nomeadamente de combustíveis fósseis) tem sido um dos países da União Europeia a utilizar de forma menos eficiente e racional a energia. Esta é em grande maioria proveniente de fontes não renováveis: em 2007 importou mais de 82.9% da energia consumida, proveniente sobretudo de combustíveis fosseis (DGEG, 2009).

No concelho de Lisboa o consumo total de energia primária¹ é de 14.785 kWh, cerca de 6% do total em Portugal (Matriz Energética de Lisboa, AA VV, 2009). Deste consumo os edifícios são responsáveis por 50.5% deste total, sendo que 16% está associado ao sector residencial (ver Figura 1.1 e Figura 1.2).

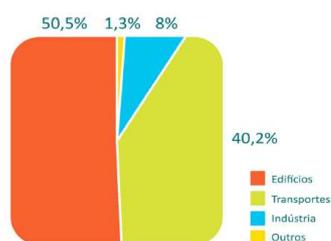


Figura 1.1 - Desagregação do consumo de energia primária pelas principais tipologias de utilização (fonte: Matriz Energética de Lisboa, AA. VV., 2009)

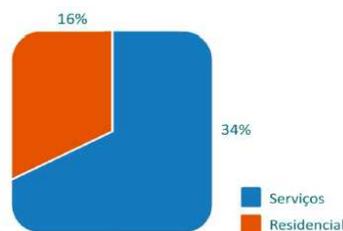


Figura 1.2 - Desagregação do consumo de energia primária associado ao funcionamento dos edifícios (fonte: Matriz Energética de Lisboa, AA. VV., 2009)

¹ “ «Energia primária» é o recurso energético que se encontra disponível na natureza (petróleo, gás natural, energia hídrica, energia eólica, biomassa, solar). Há formas de energia primária (gás natural, lenha, Sol) que também podem ser disponibilizadas directamente aos utilizadores, coincidindo nesses casos com a energia final.”, “ «Energia final» é a energia disponibilizada aos utilizadores sob diferentes formas (electricidade, gás natural, propano ou butano, biomassa, etc.” (DL 80/2006).

A necessidade de introdução de medidas que levassem ao cumprimento das metas estabelecidas pela União Europeia teve repercussões nas políticas governamentais e legislação portuguesa. Deste modo, foi criado o *Plano Nacional para as Alterações Climáticas* através da Resolução do Conselho de Ministros n.º 119/2004 (tendo-se já procedido à aprovação das designadas “novas metas 2007”), e o *Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética* onde se fixaram as seguintes metas para 2015: redução do consumo de energia primária em 10%, redução da factura energética em 1%/ano e ultrapassagem da meta de 20% de energias renováveis da UE, propondo-se o novo valor de 31%. Para cumprimento deste último objectivo estão a ser concedidos incentivos fiscais relativos ao IVA, IRS e IRC para os consumidores e empresas que apostem neste tipo de energias.

A nível do edificado foram concebidos e revistos os documentos de regulamentação necessária para existência de edifícios energeticamente mais eficientes e saudáveis: foram aprovados os DL 79/2006 e 80/2006 relativos ao Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE) e Regulamento das Características Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) respectivamente e redigido o DL 78/2006, que regulamenta o Sistema Nacional de Certificação Energética (SCE). A certificação energética, obrigatória desde o início de 2009, para além de criar condições favoráveis à melhoria da qualidade térmica e energética dos edifícios, informa os consumidores da qualidade térmica do imóvel que vão adquirir.

Começa finalmente a destacar-se a ideia de que é possível realizar as mudanças desejadas, e tirando partido das mesmas, garantindo que se revelam oportunidades de tornar a economia mais próspera e competitiva. “Existem hoje reais possibilidades de converter as políticas respeitadoras do clima num importante vector de crescimento na Europa” (COM (2008) 30). Existem, apesar de tudo, países com economias fortes e em ascensão que não estabeleceram ainda qualquer tipo de acordo internacional relacionado com as alterações climáticas. Estão actualmente a ser desenvolvidos esforços para que haja acordo com países como os Estados Unidos da América, Canadá e Austrália na Conferência das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas de Copenhaga, em Dezembro deste ano, registando-se contudo que outras economias em ascensão como, a Rússia e a Índia, não manifestam ainda claro interesse na adesão a este desafio mundial.

1.2. A IMPORTÂNCIA DA REABILITAÇÃO DOS EDIFÍCIOS NO PARQUE HABITACIONAL PORTUGUÊS

A noção de património histórico² remonta a vários séculos, existindo desde cedo preocupações com a sua conservação³. Estando praticamente restrito a monumentos e outras construções especiais até à primeira parte do século XX, este conceito foi consagrado internacionalmente com a Carta de Veneza⁴ (1964) passando a incluir edifícios correntes, centros urbanos antigos e mesmo sítios. Estariam já implícitos os conceitos de reabilitação⁵ e reabilitação urbana⁶, essenciais nos dias de hoje.

Em Portugal estes conceitos são aplicados pela primeira vez na década de 70, com a recuperação do Barredo do Porto e a criação do Gabinete Técnico de Guimarães, tendo continuidade, a partir de metade da década de 80, com os Gabinetes Técnicos de Alfama e da Mouraria, em Lisboa (Coelho, 2000).

No entanto, o Estado concentrou a maioria do seu apoio financeiro no subsídio de casas próprias novas na periferia das cidades, ao invés de investir na reabilitação dos seus centros, fazendo com que as suas habitações correspondessem às cada vez maiores exigências de conforto (Figura 1.3). Segundo Paiva (2006), 75% dos seus alojamentos foram construídos nos últimos quarenta anos, dada a migração das pessoas para a periferia das grandes cidades do país e o seu conseqüente despovoamento.

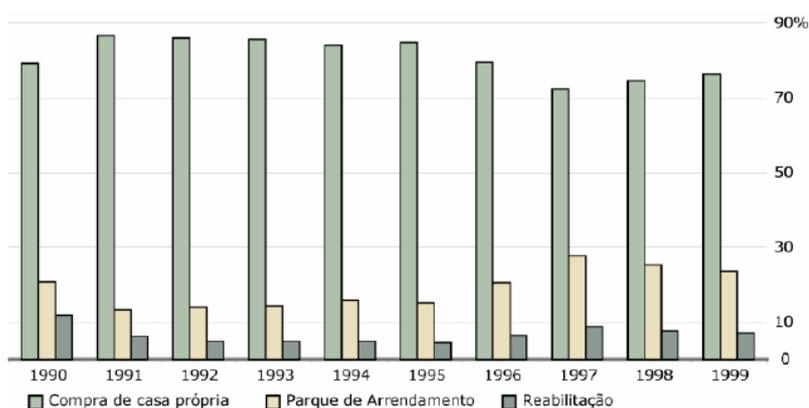


Figura 1.3 - Subsídios do estado no sector da habitação entre 1990 e 1999 (fonte: Pinho, 2005)

² Património histórico pode ser descrito como “um fundo destinado ao usufruto de uma comunidade alargada a dimensões planetárias e constituído pela acumulação contínua de uma diversidade de objectos que congregam a sua presença comum ao passado (...), trabalhos e produtos de todos os saberes e conhecimentos humanos.” (Choay, 2008)

³ O conceito de conservação é actualmente definido como “todo o processo de cuidar de um lugar com o fim de manter a sua importância cultural. Tal pode incluir, conforme as circunstâncias, os processos de manutenção das memórias e significados, os processos de manutenção, de preservação, de restauro, de reconstrução, de adaptação e de interpretação e implica frequentemente uma associação de vários destes processos.” ICOMOS (*International Council of Monuments and Sites*) – Déclaration d’engagement éthique

⁴ Carta de Veneza sobre a Conservação e Restauro de Monumentos e Sítios, “o mais importante documento doutrinário e técnico até então elaborado” base ainda actual “da restante produção normativa da ICOMOS” (Lopes e Correia, 2004)

⁵ Obras de reabilitação são obras que visam adequar e melhorar as condições de desempenho funcional de um edifício, com eventual reorganização do espaço interior, mantendo o esquema estrutural básico e o aspecto exterior original (IPPAR, 1999)

⁶ “Por reabilitação urbana entende-se uma forma de intervenção integrada sobre o tecido urbano existente, em que o património urbanístico é mantido, ao todo ou em parte substancial, e modernizado através da realização de obras de remodelação ou beneficiação dos sistemas de infra-estruturas urbanas, dos equipamentos e dos espaços urbanos ou verdes de utilização colectiva e de obras de construção, reconstrução, ampliação, alteração, conservação ou demolição dos edifícios.” (DL 9/2009)

Para combater o grande número de fogos devolutos existente em Portugal o Estado criou, ao longo das últimas duas décadas, projectos e programas de incentivo à reabilitação urbana, sendo alguns deles revistos ao longo do tempo de modo a serem mais eficazes. Destes, destaca-se o Regime Especial de Participação na Recuperação de Imóveis Arrendados (RECRIA), criado em 1988 para apoiar a execução de obras nos fogos em imóveis arrendados. Para que existisse um processo de reabilitação urbana mais célere das áreas consideradas críticas de recuperação e reconversão urbanísticas, foi criado, em 1996, o Regime de Apoio à Recuperação Habitacional em Áreas Urbanas Antigas (REHABITA). Estes programas surgiram com a finalidade de financiar a execução de obras de conservação e beneficiação através de apoios do Estado e dos municípios. Apresentam, no entanto, ainda hoje várias limitações – condições de acesso demasiado restritas, complexidade do processo, financiamentos reduzidos – que levam a que não tenham a adesão pretendida (Figura 1.4).

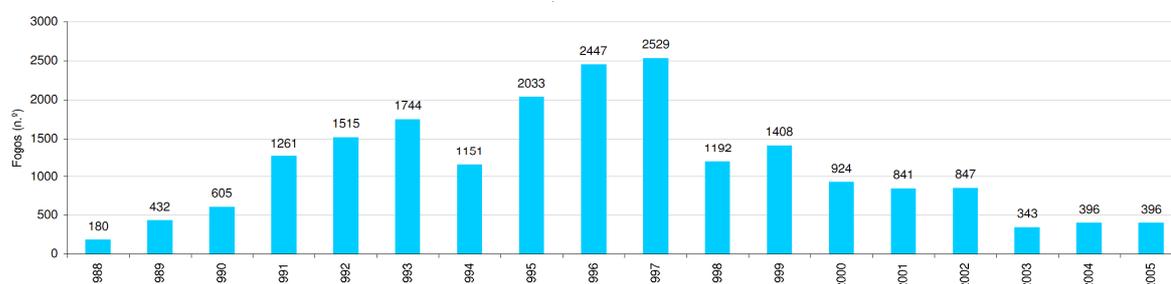


Figura 1.4 - Gráfico da quantificação de fogos construídos pelos programas RECRIA e REHABITA (fonte: Faculdade Católica Portuguesa, 2007)

Assim, segundo estatísticas da União Europeia em 2004, Portugal ocupava um dos primeiros lugares no ranking de fogos devolutos nos 23 países da U.E., com 10,6% dos seus fogos nestas condições, valor bastante distante de países como o Reino Unido (3,4%) ou Holanda (2,2%). Na cidade de Lisboa, segundo os Censos 2001, mais de 5% dos seus edifícios encontravam-se muito degradados, localizando-se estes fundamentalmente nas áreas históricas da cidade (EPUL, 2007).

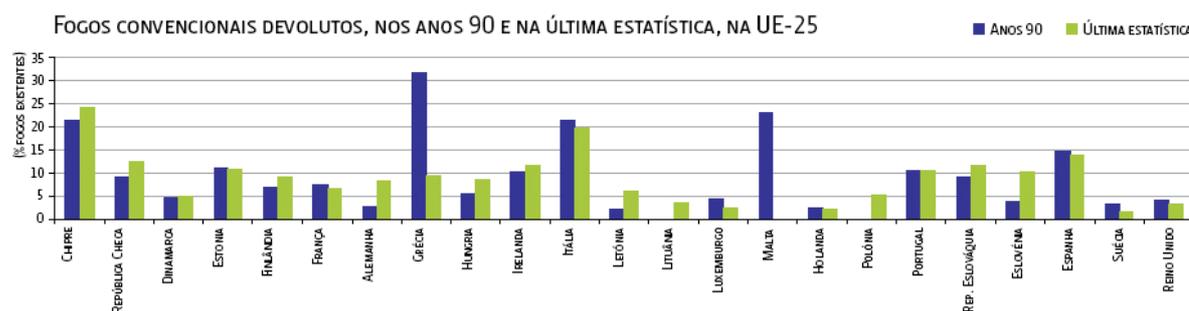


Figura 1.5 - Fogos convencionais devolutos, nos anos 90 e na última estatística, na UE-25 (fonte: EPUL, 2007)

A maioria dos países da Europa tem apostado crescentemente no desenvolvimento sustentável das suas cidades, que passa inequivocamente pela reabilitação das zonas antigas e mais degradadas, tanto a nível urbano, como do edificado, com repercussões sociais, económicas e ambientais. Através da reabilitação preservam-se as marcas históricas e culturais do referido espaço, valorizando-o social e economicamente. Ao mesmo tempo, existe a extensão da vida útil do edifício, que contraria o impacto da construção nova e

reduz a energia incorporada⁷ dos materiais utilizados, as emissões de CO₂ e a produção de resíduos. De facto, a Construção Civil é uma das actividades com maior impacto ambiental, sobretudo quando associada à construção nova. Segundo a Agenda 21⁸ nos países industrializados a construção consome cerca de 50% dos recursos naturais e produz 50% dos resíduos.

Apesar destes dados, em 2002, a reabilitação de edifícios em Portugal obtinha ainda uma importância reduzida na indústria de construção (cerca de 7%), bastante abaixo da média da UE (cerca de 35%) (Pinho, 2005). A consciencialização para esta problemática tem sido no entanto crescente, tendo bem presente a situação do parque habitacional português e a urgência de repensar as diversas formas de construir com impactes ambientais e económicos mais equilibrados. Destaca-se a *Estratégia Nacional de Desenvolvimento Sustentável, 2005-2015* (ENDS) onde se define como uma das metas a atingir “adoptar e implementar até 2010, uma estratégia nacional para as cidades que coloque em vigor os princípios da Agenda 21Local, que integre a dimensão da reabilitação urbana em pelo menos 80% dos municípios.”

Revela-se particularmente importante a salvaguarda de tecidos urbanos com interesse cultural e patrimonial, não só pela protecção dos referidos valores, mas também pelas vantagens inerentes à reutilização do edificado construído (a sua grande maioria com um bom desempenho passivo), espelho da recente evolução da humanidade e da adaptação contínua perante as diferentes formas de viver (Figura 1.5 a Figura 1.9).



Figura 1.6 - Beco das Flores
(fonte: autor, 2009)



Figura 1.7 – Beco dos Surradores
(fonte: autor, 2009)



Figura 1.8 – Rua de São Cristóvão
(fonte: autor, 2009)



Figura 1.9 - Beco das Flores
(fonte: autor, 2009)

⁷ A energia incorporada é a soma de toda a energia necessária para a construção de um edifício, desde a extracção da matéria bruta, fabricação do produto, transporte para sua colocação na obra, incluindo os gastos energéticos necessários para a sua reciclagem ou fim.

⁸ Agenda 21 é um documento não vinculativo onde é definido a importância de cada país no estudo de soluções sustentáveis aos mais diversos níveis. Esta faz a articulação entre o conceito global de “Desenvolvimento Sustentável” e os mais variados sectores, como por exemplo, o da construção. A Agenda 21 assume um papel importante não só a nível mundial, como também a nível local, através da criação de Agendas 21 Locais, que definem as medidas adequadas a cada lugar.

1.3. REABILITAÇÃO SUSTENTÁVEL. REABILITAÇÃO ENERGÉTICA

Reabilitar o parque habitacional representa uma oportunidade para promover uma construção e habitação mais sustentável, tanto a nível da utilização e reutilização dos materiais, como da minimização do consumo de água e energia, obtendo benefícios sociais, económicos e ambientais que se poderão repercutir não só a nível global e nacional, como também a nível do consumidor. A realidade é que ao melhorar as condições de habitabilidade das habitações, investe-se também em outras áreas, como por exemplo na área da saúde, prevenindo doenças relacionadas com a humidade, ventilação e temperatura.

O maior impacto ambiental dos edifícios existe durante o seu período de exploração, sobretudo em termos de consumo energético, sendo muitas vezes agravado pelas deficiências de origem e pela sua obsolescência. Segundo a Agenda 21, os edifícios são responsáveis pelo consumo de 40% de energia e produção de 30% das emissões de CO₂.

Ao longo dos tempos tem-se assistido ao esquecimento de alguns bons princípios da construção, normalmente associadas a razões económicas e estéticas, que conduziram a um maior desconforto mas que, devido à evolução tecnológica, se procurava colmatar através da aplicação de sistemas artificiais, como a iluminação, ventilação forçada ou climatização. “Há cada vez mais edifícios que só são habitáveis graças às máquinas. Esta tendência torna-se cada vez mais crítica com a penetração do conforto moderno⁹ e o envelhecimento da população, face à insegurança do abastecimento energético e aos efeitos prováveis das alterações climáticas” (Simões, 2009).

A partir da *Matriz Energética de Lisboa* (AA.VV., 2009) constata-se que os consumos associados ao conforto térmico são 17% do total energético dos edifícios residenciais, e cerca de 4% da energia primária do concelho (Figura 1.10).

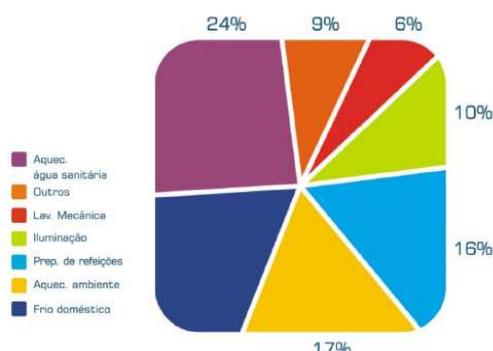


Figura 1.10 – Desagregação do consumo de energia primária associada aos edifícios residenciais (fonte: AA. VV., 2009)

⁹ “O conforto moderno é, segundo o Arq. W. Rybcznski, uma ideia que se desenvolveu (...) com a aquisição sucessiva da intimidade na Holanda, da comodidade do sofá e do “decor” em França e da funcionalidade “americana”, marcado pelo maquinismo novecentista. As normas técnicas de conforto oficializadas nos regulamentos inscrevem-se no conforto funcional moderno. Os excessos do conforto moderno têm sido alimentados pela publicidade e equipamentos, em imagens como a da “primavera todo o ano” e do “andar em mangas de camisa por toda a casa em pleno inverno”. Promove-se assim um conforto “de carregar no botão” que também premeia as actuais normas aplicadas nos regulamentos e que conduz a maiores consumos de energia. Por isso as normas estão a ser revistas no sentido de um conforto térmico adaptativo, mais próximo do conforto corrente não só em Portugal mas em toda a Europa e nos Estados Unidos.” (Simões, 2009)

Embora alguns documentos legais como os referidos RCCTE, RSECE e RSE apontem já no sentido da reabilitação energética¹⁰, a reabilitação de edifícios necessita de uma abordagem específica que não está contemplada na regulamentação actual, contendo disposições demasiado rígidas para o alvo em questão: “Faria todo o sentido criar um conjunto de exigências, mais flexíveis, que não inviabilize intervenções pouco intrusivas, desde que seja garantido o conforto e a eficiência energética global” (Freitas, 2009).

É necessário implementar estratégias de design passivo que garantam o conforto térmico, conseguindo ao mesmo tempo um funcionamento saudável do edifício e uma redução significativa do consumo energético. Medidas simples como garantir o sombreamento, localizar as diversas zonas do edifício compatibilizando-as com a orientação solar, assegurar o adequado isolamento térmico, a existência de inércia térmica (de forma a que se atenuem as variações de temperatura ao longo do dia), escolher materiais e soluções de construção eficientes, são medidas passivas que promovem o conforto do utilizador e são, na maioria das vezes, possíveis de implementar em reabilitações. É necessário considerar que a combinação de medidas de diferentes tipos pode permitir reforçar o efeito de cada uma delas, tendo em atenção que por vezes só quando se adopta determinada medida é que o efeito de outra é completamente assegurado. Complementando estas soluções é possível integrar estratégias activas, como fontes de energias renováveis ou tecnologias de produção de energia.

Segundo Paiva (2003) a relação custo-benefício das medidas de reabilitação térmica é mais favorável quando estas são incidentes nas coberturas, seguidas das aplicadas nos pavimentos sobre espaços exteriores e, só posteriormente, as que respeitam às paredes exteriores. Em relação aos vãos envidraçados a influência no balanço térmico global dos edifícios é bastante significativa, podendo estes ser responsáveis por cerca de 35 a 40% das perdas térmicas totais dos edifícios de habitação na estação fria.

A Inglaterra destaca-se pelo elevado número de intervenções para melhoria das condições térmicas do parque habitacional existente, provavelmente devido à conjugação da idade avançada de muitas das suas habitações com as exigências climáticas do país. Por outro lado, vários programas europeus, como o programa SHINE – Solar Housing through Innovation for the Natural Environment - conceberam no final da década de 90 soluções inovadoras para a conservação e eficiência energética dos edifícios habitacionais existentes.

Em Portugal começam actualmente a ser estabelecidas medidas para o desenvolvimento da eficiência energética em construções existentes, através da criação dos programas *Renováveis na Hora*, associado à produção das energias renováveis, *Renove a Casa e Sistema* e de *Eficiência Energética nos Edifícios* que estabelecem, entre outros objectivos, a substituição de vãos envidraçados em 16 mil fogos até 2015 e a aplicação ou substituição de isolamento térmico em 80 mil fogos também até 2015 (Resolução Conselho de Ministros nº80/2008).

¹⁰ Medidas dos regulamentos obrigatórias em reabilitação quando efectuadas obras que ultrapassem 25% do valor total do edifício.

É, no entanto, necessário perceber as necessidades totais dos diferentes tipos construtivos de edifícios para traçar diferentes soluções e estratégias de reabilitação, de acordo com a tipologia e com os constrangimentos existentes aos níveis cultural, patrimonial e arquitectónico. Neste sentido, destaca-se o projecto *Reabilitação Sustentável para Lisboa*, coordenado pela Agência Lisboa E-Nova, que tem como objectivo promover o alargamento das boas práticas para a optimização do desempenho energético-ambiental de edifícios com necessidades de reabilitação energética. Para tal é proposta a análise de cinco projectos-piloto, correspondendo cada um deles a uma diferente tipologia de usos e/ou construção comum na cidade, que servirão de base para o desenvolvimento das diversas soluções de reabilitação, apresentadas através de um Manual de Boas Práticas e de Termos de Referência para o Caderno de Encargos para a reabilitação sustentável de edifícios.

Caminha-se assim para a transformação das ameaças existentes em oportunidades de desenvolvimento, conciliando a realidade habitacional existente no nosso país com a expansão de um tipo de construção adaptado às actuais necessidades do planeta. “O ciclo de construção tem sido, até agora, um ciclo aberto, funcionando entre uma fonte (Natureza) e um sumidoro (de novo a Natureza). A construção tradicional extrai da Natureza os materiais de que precisa para edificar, lança, na mesma Natureza, os resíduos da produção de outros materiais de construção, e da exploração dos imóveis e, no fim, os produtos resultantes da sua demolição. Na construção sustentável, o ciclo passa a ser um ciclo fechado, ou melhor, um conjunto de vários ciclos fechados, sendo possível distinguir vários níveis de reutilização, renovação e reciclagem” (Cóias, 2004).

2. A MOURARIA

Neste capítulo é elaborado o esboço histórico do bairro da Mouraria, efectuada a caracterização do seu edificado e descritas sucintamente as estratégias de design passivo adequadas a operações de reabilitação, analisando sua existência nos tipos de edifícios atrás descritos. É assim possível, com os conhecimentos adquiridos neste capítulo, ter uma primeira ideia das estratégias a implementar na reabilitação dos diferentes tipos construtivos.

2.1. ESBOÇO HISTÓRICO

O Bairro da Mouraria corresponde, nos dias de hoje, a uma parte significativa da encosta Norte-Poente da Colina do Castelo de S. Jorge, contornando as encostas da Graça e do Monte, e integrando as freguesias do Socorro, S. Cristóvão / S. Lourenço e parte dos Anjos, Graça, Santa Justa e S. Tiago (Figura 2.1).



Figura 2.1 - Localização do bairro da Mouraria na cidade de Lisboa (fonte: PUNHM, AA.VV, 1996)

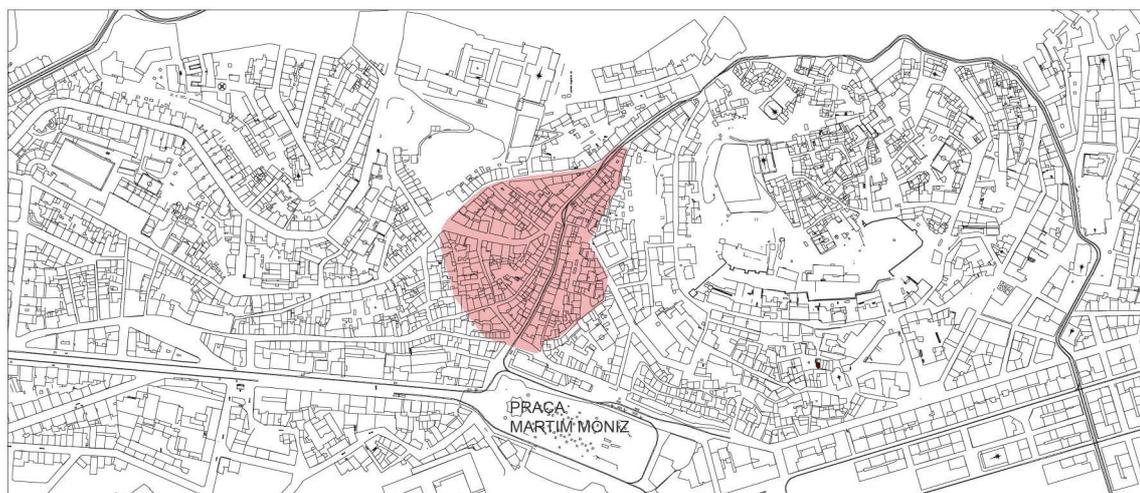
A sua ocupação remonta à época da reconquista cristã de 1170, através do foral concedido aos Mouros por D. Afonso Henriques, destinando a sua expulsão da cidade e instalação na aba norte do castelo: "Pouco a pouco ou de golpe, mas em todo o caso systematicamente, os mouros que viviam espalhados pela cidade foram afastados para a encosta do monte em que se levanta o castello (...) formando ahi uma povoação, a que se deu o nome de *arravalde dos mouros*, a qual ainda hoje permanece mais ou menos, confundida, porém, no desdobramento successivo da cidade, de baixo do nome de *mouraria*. (...) Não se sabe porque fosse este sítio escolhido para a residência dos mouros forros; talvez por estar afastado do rio, evitando

assim uma combinação militar com os seus correligionários de alem-Tejo ou mesmo alem-mar.¹¹ (Azevedo, 1900).

Existe pouca informação relativa aos seus primeiros séculos de existência: sabe-se que constituíam uma comunidade isolada, com as suas autoridades civis e religiosas cujo chefe civil era o alcaide dos Mouros, e existindo junto a ele escrivães, tabeliães, inicialmente só maometanos. A manutenção do espaço da comunidade, assim como do seu perímetro exterior era da responsabilidade muçulmana. Tinham prisão, escola, mesquita grande¹², pequena e banhos, que já no século XV lhes tinham sido retirados.

Segundo Oliveira e Viana (1993) a comunidade moura não era homogénea, sendo os desníveis de riqueza e as profissões exercidas as bases da hierarquização interna. Foi possível identificar algumas das profissões, entre as quais o trabalho com fibras, metais, barro, de agricultura, construção e até mesmo como oficiais do Rei da comuna. Tecelões e oleiros eram considerados elite social, isentos de encargos tributários, numa comunidade onde existiam as camadas mais baixas da sociedade (Marques, 1994). Tal como referiu Araújo (1938) “de dia trabalhavam nas suas geiras, naquele atavismo agrícola de que há resquícios nos arredores, e à noite faziam soar pandeiros, plangentes, e bailavam a «cativa»”.

É possível ter uma primeira aproximação aos seus limites a partir do ano 1366, quando o rei D. Pedro limita o contacto entre mouros e cristãos impedindo não só a presença de mulheres cristãs na Mouraria, como também restringindo as suas deslocações no arrabalde a dois caminhos, sendo estes os seus prováveis limites¹³.



Esc. 1|1000 ☺

Figura 2.2 – Área aproximada da Mouraria em 1366 (fonte: autor, 2009)

¹¹ “(...) as frequentes inundações vindas dos lados do Areiro, de Arroios e dos Anjos, e os potentes abalos sísmicos, em íntima cooperação com o braço humano, foram atulhando gradualmente essa pequena enseada, da Mouraria ao Terreiro do Paço, a qual, naturalmente só tinha grande profundidade na ocasião das preamares” (Farinha, 1932)

¹² Actual Igreja do Socorro, também conhecida por Coleginho

¹³ Os mouros eram obrigados a usar traje próprio e sinais distintivos: aljubas de mangas largas, albornozes, capuzes e balandras.

Tanto as mourarias como as judiarias¹⁴ eram fechadas, tendo algumas portas de comunicação para com o exterior. Estas portas eram encerradas durante a noite, competindo aos habitantes a sua abertura e fecho, assim como a vigilância nocturna no seu perímetro (Menezes, 2004). Documentos existentes ao longo do século XV revelam a existência de quatro portas na Mouraria de Lisboa, duas de localização segura e duas de localização provável: a primeira no cruzamento da Rua de Benfica¹⁵ com a Rua Grande Direita¹⁶ era uma das principais saídas em direcção a Norte e à zona agrícola, a segunda próximo do cruzamento da Rua Grande Direita com a Calçada de Santo André que assegurava a ligação ao arrabalde e ao almocovar¹⁷, e a terceira na Rua da Amendoeira e quarta no início da Rua Direita¹⁸ garantiam o acesso ao centro da cidade.



Figura 2.3 – Vias Internas da Mouraria (fonte: Oliveira e Viana, 1993)



Figura 2.4 - Vias Externas da Mouraria (fonte: Oliveira e Viana, 1993)

Era assim delimitada a Mouraria no século XV, uma zona aproximadamente triangular com uma área de pouco mais de um hectare. Sabe-se, no entanto, que “estes limites do bairro (...) não compreendiam, porém o espaço efectivamente organizado pela comunidade. Muitos dos espaços públicos da Mouraria distribuía-se, de facto por uma área superior, demonstrando que tais limites eram, afinal, mais fluidos do que a rigidez da localização das portas permitia adivinhar”, (Oliveira e Viana, 1993) ocupando uma parcela bastante significativa do vale situado entre as colinas do Castelo, da Graça e de S. Gens. A influência não era exercida de forma uniforme. Se a Norte tinha existido uma expansão entre o bairro e o almocovar desenvolvendo-se aí um segundo bairro mouro, a Sul, a presença muçulmana não ultrapassava algumas tendas de oleiros e ferreiros, possivelmente devido à Cerca Nova então construída.

14 Espaço físico destinado aos judeus que, ao contrário da mouraria, se localizava dentro da cidade (Farinha, 1932)

15 Actual Rua do Benfornoso

16 Actual Rua dos Cavaleiros

17 Cemitério muçulmano já existente em 1147 (Oliveira e Viana, 1993)

18 Actual Rua do Capelão

A Cerca Nova ou Fernandina foi mandada construir em 1373 por, como o nome indica, D. Fernando para protecção dos bairros que se tinham formado em torno das muralhas mouras e visigóticas. Considerada “a mais importante obra de fortificação que em Portugal se fez na Idade Média” (Silva, 1987), esta muralha possuía 77 torres, 38 portas e postigos numa área aproximada de 103 hectares e 5 km de extensão (Mendes, 1996). A Mouraria, provavelmente por razões militares não foi incluída no interior da cerca. Facilmente protegida dos ataques do Tejo e com uma morfologia bastante íngreme tinha acesso à cidade através das portas de Sto. André a Este, e de S. Vicente¹⁹ a Oeste (Figura 2.5).

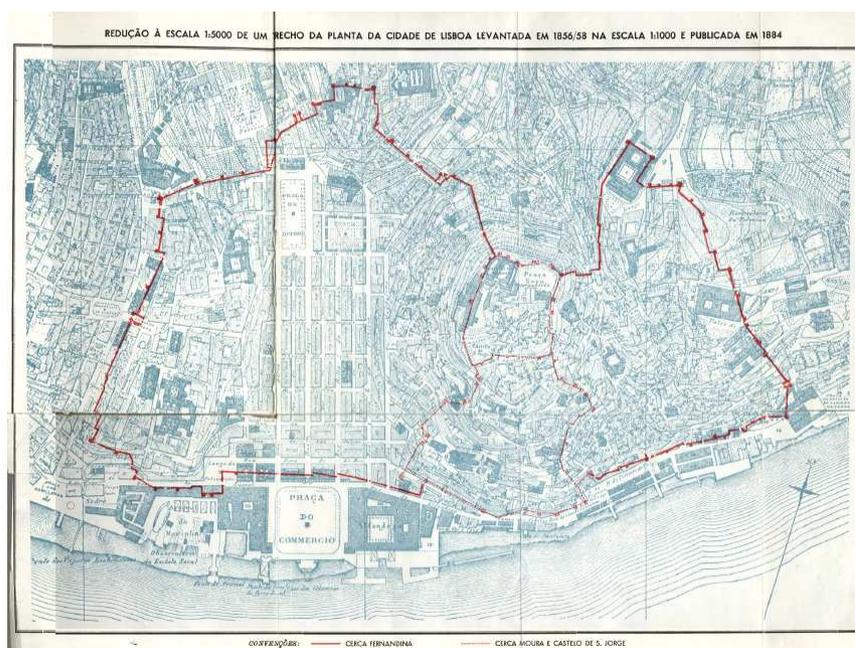


Figura 2.5 - Cerca Fernandina (fonte: Silva, 1987)

Interiormente, o bairro não era um espaço linear. Tal como referem Oliveira e Viana (1993), “se a mouraria era um bairro fechado, o seu espaço interno também podia descrever-se, com alguma propriedade, como um conjunto de espaços fechados”, com sucessivas ruas sem saída, características da morfologia urbana árabe.

Existia, no entanto, diferenciação do espaço interno através dos edifícios públicos (Figura 2.6). A mesquita grande e a escola formavam o núcleo central do bairro, a zona da mesquita pequena e dos banhos eram o centro do comércio, e as restantes zonas eram consideradas habitacionais. Existia uma hierarquia de ruas segundo o seu nível de tráfego, sendo consequentemente as mais importantes a Rua Direita / Rua do Físico, a Rua Grande Direita e a Rua João do Outeiro que serviam os equipamentos atrás descritos. As restantes teriam uma importância secundária, até porque, na sua maioria, terminavam em beco. Estas ruas tinham uma largura que rondariam os três metros, sendo frequente a construção de passadiços que cobriam grandes extensões, prejudicando a iluminação e ventilação das ruas e construções, tendo apenas a vantagem de criar espaços frescos no Verão.

19 Lenda conta ter sido local, em tempos alagadiço, onde tinham dado à costa os restos mortais do santo, dentro de uma caravela cheia de corvos (Dias, 1987)

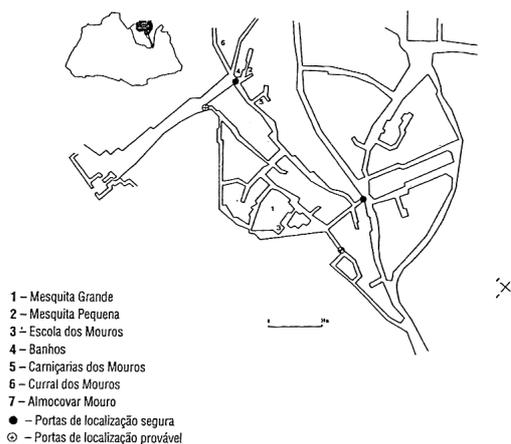


Figura 2.6 – Espaços públicos da Mouraria de Lisboa (fonte: Oliveira e Viana, 1993)

Existiam fora de portas espaços também vitais para a população muçulmana. Como já referido, o almocóvar, por tradição muçulmana, localizava-se fora de portas, não se podendo, no entanto, definir com precisão a sua localização e características. Pensa-se que, localizado na encosta de Sta. Maria da Graça, deveria ter uma afluência significativa, sobretudo em enterros e festas religiosas ou mesmo depois da oração nas mesquitas. (Oliveira e Viana, 1993).

Entre os séculos XIV e XV a população da cidade de Lisboa aumentou, ultrapassando os 50 mil habitantes, tendo, no entanto, o arrabalde apenas cerca de 500 (Rodrigues, 1994). Com o objectivo de incrementar o aumento demográfico da zona, o rei D. Dinis isentou os muçulmanos que aí fossem viver de alguns tributos a que estariam obrigados a pagar (Barros, 1998). Esta medida terá sido, muito provavelmente, a causa de concentração de população islâmica em Lisboa e consequente expansão habitacional e comercial para o arrabalde novo. Por outro lado, esta área tinha uma localização e dinâmica atractivas. Próxima do poder, do centro urbano e da saída norte da cidade, detinha importância económica, nomeadamente nível das actividades artesanais.

Embora este espaço tivesse casas suficientes para ser chamado de «mouraria nova», não era exclusivamente ocupado por muçulmanos, havendo também registos de habitantes cristãos. Criou-se assim um convívio multi-étnico único “pela complementaridade económica de habitantes cristãos e muçulmanos da cidade, constituindo a Mouraria mais do que um espaço fechado sobre si, uma zona que participa activamente na satisfação das necessidades económicas do centro urbano em que se integra” (Barros, 1998).

Existiam neste novo bairro duas actividades predominantes, correspondentes aos seus dois núcleos: as olarias, que se situadas a nascente, e os lagares, localizados mais perto da Mouraria. Para além das casas populares dos trabalhadores registaram-se edificações de maior porte, construídos em terrenos de média dimensão e em ruas mais largas que no antigo arrabalde (Menezes, 2004). A par dos espaços construídos, existiam, provavelmente, olivais e zonas agrícolas (Oliveira e Vieira, 1993).

Em 1497 D. Manuel determina a expulsão das duas minorias étnicas religiosas em Portugal, ordenando a todos os habitantes que se convertessem ao cristianismo ou abandonassem o país. A comunidade moura é

então extinta, passando o antigo bairro desta população a chamar-se «villa noua que soya seer mouraria da dita cidade», nunca deixando, no entanto de ser identificado como Mouraria. “A população cristã invadiu o arrabalde e povoou-o de pequenos templos, nichos e procissões”, tornando-a parte da cidade de Lisboa (Dias, 1987). O almocóvar foi expropriado, servindo as suas pedras tumulares para a obra nova do Hospital de Todos os Santos²⁰, e o idioma proibido aos descendentes da sua raça.

Araújo (1938) descreve o bairro de então: “ (...) a mouraria dos séculos XV e XVI conserva o seu medievalismo tosco. Apesar da civilização já nele ter penetrado (...) distingue-se ainda qualquer coisa de medievalismo desgraçoso, a que as distâncias emprestam sempre um sentido de curiosidade histórica”.

Com a expulsão das minorias religiosas a administração do bairro da Mouraria passou a ser feita de uma forma centralizada, através de paróquias ou freguesias eclesiásticas, tal como no restante país. Segundo Azevedo (1900), à freguesia de Sta. Justa pertencia a Mouraria e todo o vale de Arroios, onde com o decorrer do tempo, os terrenos agrícolas foram substituídos por numerosos edifícios.

Com a época dos descobrimentos o centro comercial e administrativo da cidade, então localizado no Castelo, foi deslocado para a zona baixa da cidade, desenvolvendo-se entre o Terreiro do Paço e o Rossio. Inicia-se a expansão ao longo do rio Tejo com a urbanização do Terreiro do Paço ao Cais do Sodré em menos de 20 anos (Brito, 1976). Uma vez que os terrenos perto do rio eram, então, os mais valorizados assistiu-se à mudança de muitos burgueses e aristocratas para a zona baixa da cidade, obrigando à partida das classes populares que aí se localizavam para zonas menos centrais, como a Mouraria, ou até para vales mais distantes, indo desempenhar actividades ligadas ao abastecimento da cidade.

Por outro lado, era necessário desenvolver os eixos de comunicação com o centro da cidade. Assim, foram abertos o caminho de Penha de França e o eixo Arroios - Anjos – Mouraria, contribuindo para o crescimento populacional do Bairro da Mouraria através do aumento do número de pisos e da densificação da zona. O desenvolvimento do bairro fez-se em torno dos diversos edifícios religiosos então construídos, desempenhando um papel fundamental para a definição e consolidação da religião. Em meados do século XVI existia já a necessidade de criar duas novas freguesias: Socorro²¹ e Anjos²².

Entretanto, com o aparecimento das novas armas de guerra e mudança de ideias relativamente à defesa das cidades, reconheceu-se a inutilidade das muralhas da cerca fernandina. Em 1650 já estes muros haviam sido ladeados em grandes extensões, por edificações, acabando algumas partes por ser mesmo destruídos (Silva, 1987). Urbanisticamente, a cidade tinha na altura graves problemas de salubridade, acessibilidade e controlo, tanto das novas construções como das ampliações. As dificuldades provenientes destes factores levaram a que, em 1672, Porta de S. Vicente fosse transformada em Arco que, depois da construção do Palácio Marquês do Alegrete, passou a ser conhecida pelo seu nome (Figura 2.7).

20 A sua construção tem início em 1492; grave incêndio em 1750; fica totalmente destruído em 1755 com o terramoto de 1 de Novembro

21 Criada em 1596 com o nome de S. Sebastião da Mouraria, sendo substituída por Socorro em 1646 com a construção da respectiva Igreja (Mendes, 1996)

22 Criada em 1563 (Mendes, 1996)

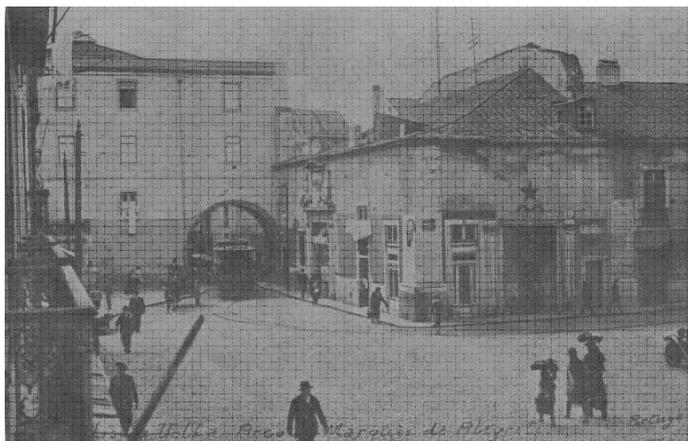


Figura 2.7 – Arco e Palácio do Marquês do Alegrete, 1946, lado Norte (fonte: Silva, 1987)

Com o terramoto de 1755 Lisboa ficou gravemente abalada. O sismo atingiu sobretudo a zona situada entre o Terreiro do Paço e o Rossio, bem como a base da encosta do Castelo, S. Roque, Bairro Alto e parte de Alfama e Sant'ana. A Mouraria foi muito pouco atingida, sendo apenas afectadas a zona das olarias, o troço superior da Rua dos Cavaleiros e os quarteirões que ladeavam a Baixa. Assim, salvo a abertura da Rua da Madalena e Rua de S. Mamede, a malha urbana medieval foi mantida, sendo muitos edifícios com destroços do terramoto reconstruídos e outros edificadas através dos novos modelos e formas de construir que então surgiram (Vieira, 1994).

Um novo fluxo migratório décadas após o terramoto provocou uma ainda maior densidade construtiva que se traduziu não só no novo aumento de pisos, como também na ocupação das poucas zonas verdes existentes. Na época a Mouraria era estruturada a partir de dois eixos: a Rua da Mouraria / Rua do Benfornoso e Arroios, e a Calçada de Sto. André (Vieira, 1994). É então edificado o troço sul da Rua dos Cavaleiros e procede-se à ligação com a Calçada de Sto André, através da demolição de alguns edifícios, dando origem ao Largo do Terreirinho (Menezes, 2004).

O edificado existente neste bairro tinha, na sua grande maioria, baixa qualidade, com graves situações de insalubridade. A qualidade dos materiais implementados era fraca, a utilização de vidros não era implementada por razões económicas e o número e área das divisões eram bastante reduzidos.

A situação agravou-se ao longo do século XIX com a subida dos efectivos populacionais entre os 11.4% 37.5% nos bairros de Alfama, Mouraria e Bairro Alto. No final do referido século a densidade habitacional no bairro estudado rondava os 600 hab/ha (Rodrigues, 1995). A construção alargou-se às áreas limítrofes da Mouraria, nos terrenos envolventes à Calçada de Sto. André, Ruas de João do Outeiro e da Mouraria, assim como às traseiras e logradouros dos edifícios existentes. Depressa começaram a surgir pátios e vilas operárias²³, que acentuaram o processo de segregação social e espacial que o bairro sempre viveu.

²³ Tipo de habitação popular que se desenvolveu com grande intensidade na periferia e nos espaços livres dos bairros populares. Pode-se definir pátio como “um espaço murado ou envolvido por casas de habitação e agrupa, geralmente, em volta de um terraço um conjunto de casas pobres (...) por vezes sem as mínimas condições de habitabilidade” (Rodrigues, 1979; *cit in* Menezes:2004) e vila como uma

Paralelamente, instalaram-se no bairro famílias ligadas à aristocracia e burguesia, ocupando edifícios de melhor qualidade, em lotes maiores no troço final da Rua do Terreirinho e do Benfornoso. A sua permanência ocorreu, no entanto durante pouco tempo. Estes edifícios, então abandonados, foram ocupados pelos estratos sociais mais pobres da zona e os seus logradouros ocupados por pequenas actividades industriais ligadas ao fabrico de pão, sabão e olarias (Vieira, 1994).

O baixo nível socioeconómico, e a existência de pessoas com uma vida parasitária e desordeira ligaram o bairro à vida boémia de Lisboa tornando-o mal afamado: “botequeins, batota, ladrões, mal feitores, prostitutas²⁴ e rufias constituem a vida e o estranho encanto da Mouraria” (Dias, 1987). O fadista era um dos tipos que mais se destacavam neste ambiente, “ (...) um novo e curioso typo de Lisboa, um typo genuinamente privativo dos bairros miseráveis da Alfama e da Mouraria. E' heroe das alfurjas, minado de taras hereditarias, crivado de enfermidades, roído pelo vício e pela bebida, (...) ocioso, inútil, tendo por arena os seus triumphos a viella, a taberna, o café” (Ribeiro, 1907).

Começaram, no entanto, a existir na segunda metade do século XIX algumas alterações urbanísticas. Procedeu-se à abertura de diversas vias: Rua Nova da Palma, no seguimento da Rua da Palma²⁵ (1889), Calçada da Mouraria, melhorando do acesso à zona das olarias, Rua Marquês de Ponte Lima²⁶ (1984), conectando a Rua dos Cavaleiros com a cidade intramuros, Escadinhas da Saúde, ligando a Rua Marquês de Ponte Lima à Rua da Mouraria. Entretanto, a Costa do Castelo foi urbanizada, fortalecendo a conexão entre o vale e a colina. Na altura, a Mouraria estava ainda separada da restante cidade por causa da muralha fernandina. A abertura da Rua Marquês de Ponte Lima e Escadinhas da Saúde implicou a destruição de alguns dos seus troços, constatando-se no entanto, que esse limite, apesar ter deixado de existir, continua ainda hoje a ser identificado como marco de separação entre as freguesias do Socorro e S. Cristóvão / S. Lourenço.

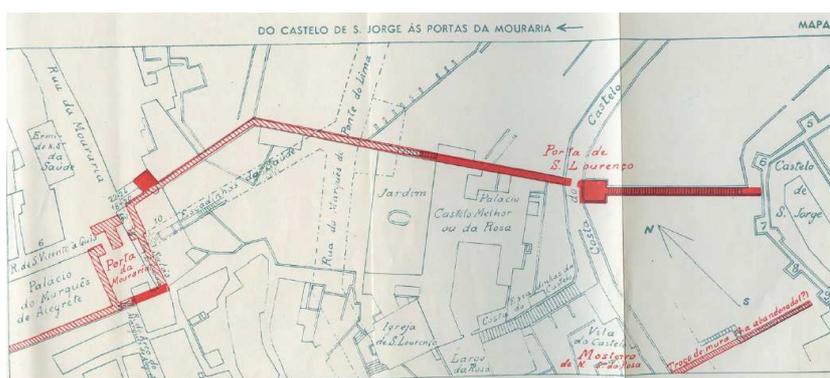


Figura 2.8 - Desenho Muralha Fernandina, desde o Castelo até à Porta da Mouraria (fonte: Vieira, 1987)

tentativa de melhoria das condições de vida por parte dos operários, “formada por módulos simples e organizadas em volumes compactos, também vocacionadas para habitação colectiva, entretanto, um pouco mais arejadas que pátios (Rodrigues, 1979; cit in Menezes, 2004)

²⁴ As prostitutas acompanharam o fluxo migratório do campo para a cidade, instalando-se primeiramente no seu centro e depois na sua periferia. Severa é a personagem que mais se destaca neste contexto. Ligada também ao fado, ficou na memória dos bairros típicos, especialmente da Mouraria. (Menezes, 2004)

²⁵ A Rua Nova da Palma determinou o sentido da Avenida dos Anjos e da Avenida Almirante Reis

²⁶ A Rua das Tendas foi integrada na Rua Marquês de Ponte Lima (Silva, 1987)

Por outro lado, “o vale, inicialmente hortícola, foi adquirindo uma vocação lúdica com a instalação do Jogo da Pela, o Teatro Apolo, o Teatro D. Fernando, a primitiva Feira Popular, o antigo Coliseu (...)” que, com a proximidade do terminal de transportes, atraía a população dos arredores de Lisboa (Vieira, 1994).

Com o início do século XX a ideia de uma nova imagem e um urbanismo civilizador para os bairros típicos ganha muitos aderentes: “ (...) abaixo os bairros velhos, os bairros do vício e do crime, respeitando as recordações históricas e artísticas (...). E levantar bairros novos, higienicos, arejados, amplamente fornecidos de água e luz (...) Melhorar as condições económicas, físicas e moraes dos pobres que para lá fossem viver” (Reis, 1908). Foram desenvolvidos estudos para a transformação destes bairros, não existindo, no entanto, quaisquer alterações visíveis durante as primeiras décadas do século.

A partir de então a cidade passou a crescer, tal como descreveu Keil do Amaral, por subtrações, ou seja, “pela destruição sistemática de bons edifícios antigos para se construírem no mesmo local outros piores, mas mais altos e mais rentáveis” (Dias, 1987). Procedeu-se em 1946 à destruição do Palácio Marquês do Alegrete e todo o quarteirão que o circundava, do arco em 1961²⁷, da Igreja do Socorro e quarteirões e ruas adjacentes, em 1949, das construções vizinhas ao Teatro Apolo em 1956, e no ano seguinte o próprio teatro, único edifício nobre que então restava. Segundo a Câmara Municipal de Lisboa “ (...) o ‘bairro da Mouraria’, bairro de construções antigas desajeitadas e inestéticas já não tinha razão de existir no coração da cidade, e por outro lado não permitia a construção de uma via de comunicação tão larga quanto necessária sem se destruir totalmente o bairro” (documento CML, 1948; *cit in*, Menezes, 2004).



Figura 2.9 – Espaço onde se localizava o Palácio Marquês do Alegrete (fonte: Arquivo Fotográfico de Lisboa)



Figura 2.10 – Teatro Apolo (fonte: Arquivo Fotográfico de Lisboa)



Figura 2.11 – Capela da Nossa Senhora da Saúde (fonte: Arquivo Fotográfico de Lisboa)

Esta tentativa de limpeza social proporcionou o aparecimento de sem-abrigo, traficantes, consumidores de droga e minorias étnicas nos espaços vagos e transferiu a prostituição para o Largo Intendente Pina Manique.

Na baixa da Mouraria, zona então destruída, previa-se construir um largo de nome Martim Moniz²⁸, que foi ocupado por lixo e estacionamento até 1997, data em que se procedeu à sua transformação de Praça com

²⁷ Pouco tempo antes tinha sido destruído o Arco de Sto. André situado cimo da Calçada de Sto. André

²⁸ Soldado que se tornou o mito da reconquista cristã “trepano pela encosta abrupta, seguido de um grupo de companheiros decididos, chegou ao sítio da muralha sarracena onde havia uma porta, no lado setentrional, e, forçando-a, nela se deixou entalar, para assim fraquear a entrada aos companheiros.” (Araújo, 1938)

a construção de estacionamento subterrâneo. Na sua envolvente foram construídos, na década de 50, edifícios de carácter comercial e hoteleiro, decorrente do Plano de Renovação do Martim Moniz, concebido através de concurso público promovido pela EPUL em 1982. Este Plano previa a edificação de equipamentos, comércio, escritórios, salas de espectáculos, habitação e estacionamento, sendo inicialmente construídos apenas os Centros Comerciais da Mouraria e do Martim Moniz, edifícios desenquadrados, com uma estética híbrida e de exagerada volumetria, descontextualizados da imagem urbana do lugar (Menezes, 2004).



Figura 2.12 – Largo Martim Moniz (fonte: Arquivo Fotográfico de Lisboa)

O Mercado da Figueira, perto do Rossio, construído sobre as ruínas do Hospital de Todos os Santos, também foi alvo de destruição em 1949. Este mercado, com cerca de 8000m² e 95m de frente, era na data da sua destruição, o mais antigo de Lisboa. A instalação dos vendedores, tanto do mercado como da restante zona baixa da Mouraria, foi efectuada de forma provisória até 1990 na zona do antigo mercado (Dias, 1987).



Figura 2.13 – Mercado da Ribeira (fonte: Arquivo Fotográfico de Lisboa)



Figura 2.14 - Mercado da Ribeira em demolições (fonte: Arquivo Fotográfico de Lisboa)

Estas demolições sistemáticas vieram a afectar gravemente o núcleo de actividades e funções que caracterizavam e davam vida a esta área (AA.VV., 1989). O arrastamento da situação conduziu à sua degradação, traduzindo-se, a nível habitacional, económico e social, na marginalização funcional, física e social do bairro.

Houve, por outro lado diversos factores que, associados a este último, contribuíram para a degradação de grande parte dos edifícios da Mouraria: o seu tempo de origem, com grande percentagem de construções seculares e o tipo de construção, muitas vezes de fraca qualidade, associado a movimentos de fundações ou a constantes intervenções posteriores, como o aumento do número de pisos, a retirada de elementos de suporte estrutural sem precauções, a junção de lotes em determinados pisos e a instalação de blocos sanitários e prumadas de esgoto sem os mínimos cuidados técnicos.

Poderá ter sido, no entanto, a falta de manutenção a causa de maior número de casos de degradação. Na maioria dos casos os imóveis eram arrendados, confrontando-se os senhorios com o problema do congelamento das rendas desde os anos 40, e não efectuando, ou porque não podiam ou não queriam, as obras de beneficiação nos seus edifícios. No caso de habitação própria, a população residente dispunha de baixos recursos económicos, não conseguindo também suportar estas despesas. Até então a Administração Pública não tinha adoptado um papel suficientemente interventivo na implementação de estratégias para revitalizar o bairro a nível habitacional, social e económico.

O acentuado nível de degradação dos imóveis e a falta de condições de habitabilidade nas suas habitações conduziu a um decréscimo de residentes ao longo das últimas décadas. Perante esta realidade, uma grande quantidade de fogos foram ocupados por comércio de revenda no final dos anos 70. Afinal, estavam reunidos factores decisivos para a sua instalação: existia uma grande proximidade com o centro de negócios, o preço dos terrenos era bastante competitivo e localizava-se na confluência de várias artérias da cidade (Av. Almirante Reis com a baixa da cidade). Assim, primeiramente portugueses e indianos, e, na década de 90, chineses e africanos instalaram-se nos principais eixos do bairro e os centros comerciais da Mouraria e Martim Moniz. Já em 1989, 35% do total de fogos deste Bairro destinavam-se a este tipo de actividade.

Esta nova vertente comercial veio alterar a dinâmica urbana, social, cultural e económica da zona e, consequentemente, a imagem do bairro que passa a ser identificado como uma zona de revenda e vivência multi-étnica. Se, por um lado, tem a vantagem de atrair pessoas exteriores ao bairro, reduzindo o isolamento para com a restante cidade, por outro introduz problemas diversos: a nível social deixa de existir equilíbrio entre habitação e a actividade terciária; a nível estrutural afecta o equilíbrio dos edifícios concebidos para suportarem cargas bastante inferiores; a nível de risco e segurança, a existência de produtos facilmente inflamáveis que poderão, em caso de incêndio, ocasionar situações de difícil controlo.

“Perante a degradação sociourbanística dos núcleos históricos da cidade e do início de uma nova dinâmica de valorização do património urbano, aos poucos, instala-se na autarquia uma nova ideologia urbana, dando inicio ao processo de reabilitação urbana da cidade” e originando, em 1985, o Gabinete Local da Mouraria²⁹ (Menezes, 2004). Neste gabinete, os seus técnicos, arquitectos, engenheiros, desenhadores,

²⁹ Anteriormente à formação dos Gabinetes Técnicos de Alfama e Mouraria (GTL) existiam movimentações de moradores e de técnicos interessados na problemática da reabilitação, como seja o Grupo de Amigos de Alfama e alguns elementos ligados à EPUL (Fonseca,

juristas, sociólogos e economistas tinham o objectivo de realizar uma reabilitação integrada, actuando sobre “os edifícios e os espaços livres, reforçando os valores qualitativos e ambientais, defendendo conjuntos arquitectónicos com interesse socio-cultural e mantendo sempre que possível os elementos característicos de arquitectura dos edifícios”, e tendo em conta as características das populações residentes (Fonseca, 1991). O panorama populacional era de um bairro duplamente envelhecido³⁰, com um decréscimo populacional acentuado³¹ e com um baixo nível de habilitações literárias³².

Para que o Gabinete actuasse aos mais variados níveis e com maior rapidez, foi dotado de determinados poderes: planeamento e gestão urbanística da zona, elaboração de projectos, realização de vistorias, fiscalização e gestão do parque municipal. Foi-lhe também concedidas competências para efectuar pareceres e informações vinculativas ligadas a diversos temas relacionados com a área de intervenção (Fonseca, 1991).

A Área Crítica de Recuperação e Reconversão Urbanística da Mouraria foi definida através do DL 61/86 de 3 de Novembro, abrangendo as freguesias do Socorro e S. Cristóvão / S. Lourenço. A zona foi analisada a partir de critérios técnicos, detectados os principais problemas e hierarquizados a nível de prioridade de intervenção. Seguidamente foram elaboradas um conjunto de propostas para o Plano Especial de Salvaguarda da Mouraria, em 1989, que incluía o Regulamento do Plano e o Programa Especial de Reequipamento Urbano.

A Área Crítica foi posteriormente alargada, através do DL 6/92 de 18 de Abril, às freguesias de Sta. Justa, Graça, Anjos e S. Tiago apresentando-se o Plano de Urbanização do Núcleo Histórico da Mouraria em 1996 onde foram definidos os diversos tipos de intervenções a realizar, tendo sido, na sua grande maioria, executadas.

1991). No final da década é também constituído o GTL do Bairro Alto e, em 1990 é criada a Direcção Municipal de Reabilitação Urbana (DMRU) e são formados Gabinetes Técnicos de outros núcleos históricos da cidade (Menezes, 2004)

³⁰ 20% do total habitacional é constituído por jovens até aos 20 anos e 30% por pessoas a partir dos 60 anos (dados de 1989); (AA.VV., 1989)

³¹ Registo em 1900 de 15.873 habitantes e em 1981 de para 9.483 (AA.VV., 1989)

³² Começava a existir uma notória diferença entre as pessoas entre os 15 e 30 anos, que, mais instruídas, trabalhavam nas áreas do comércio, indústria, transportes e serviços administrativos, e as pessoas com mais de 30 anos de idade, que trabalhavam na área de serviços de limpeza ou construção civil, em trabalhos semi ou não qualificados (Menezes, 2004)

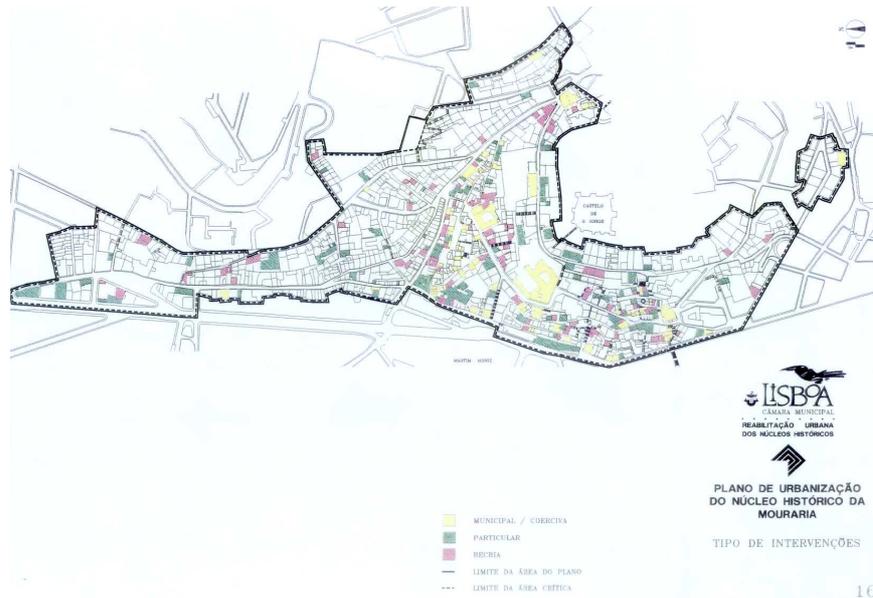


Figura 2.15 – Tipo de Intervenções propostas no Plano de Urbanização do Núcleo Histórico da Mouraria (fonte: Plano de Urbanização do Núcleo Histórico da Mouraria, 1996)

Em 2003 registaram-se mudanças políticas no executivo da Câmara Municipal de Lisboa, e decorrente da nova visão da gestão urbanística os Gabinetes Técnicos Locais perderam todas as componentes que tinham de acção nos bairros. Os Gabinetes, então chamados Unidades de Projecto, passaram a desempenhar um papel fundamentalmente de gestão deixando de ter qualquer papel projectual e passando os processos de licenciamento de reabilitação a ser efectuados nos serviços centrais (Campo Grande), tal como a obra nova³³.

Em 2004 foi assinado o protocolo entre a CML e a EPUL relativo ao Programa Lisboa a Cores que visava recuperar os edifícios degradados de Lisboa por forma a revitalizar o conceito e vivência do bairro. Desta forma conseguir-se-ia a reabilitação do património degradado, combatendo a desertificação das zonas centrais da cidade com a oferta de preços competitivos e satisfazer-se-ia as necessidades sociais de realojamento. Para o bairro da Mouraria elaboraram-se três grupos de edifícios, num total de dezasseis edifícios.³⁴

Actualmente, entre as actividades exercidas pela Unidade de Projecto da Mouraria encontram-se parte dos processos de licenciamento, que retornaram a este local, e a finalização das Mega Empreitadas iniciadas por volta de 2003 e ainda por concluir³⁵.

Grande parte das acções de reabilitação efectuadas desde 1985 focaram-se sobre o núcleo histórico do bairro, localizado na freguesia do Socorro, uma das áreas mais carenciadas do bairro.

³³ Entrevista com Arq. Alberta Midões no dia 25.06.2009

³⁴ Entrevista com Arq. Alberta Midões no dia 13.07.2009.

³⁵ Entrevista com Arq. Sá Pereira, Técnico Superior da Unidade de Projecto da Mouraria, no dia 29.06.2009.

Interessante foi verificar, segundo Menezes (2004), que apenas as pessoas dessa freguesia se identificavam como moradores da Mouraria³⁶. Uma série de acontecimentos influenciaram a percepção do bairro: a destruição da sua parte baixa, identificada como centro do bairro “As demolições levaram as pessoas para estes bairros que fizeram, para Chelas, e outros lados assim, e depois isto começou a dispersar e ficou aqui então... A Mouraria de hoje, está reduzida aqui a um bocadinho. Bem, a Mouraria é grande mas o centro, o coração da Mouraria é só este bocadinho.” (Sr. Paulino, residente no centro histórico da Mouraria *cit in* Menezes, 2004); a redefinição dos limites administrativos das freguesias em 1959 e a definição da área crítica de intervenção pelo Gabinete Técnico da Mouraria “Aqui não, a Mouraria é ali para Baixo, aqui é Costa do Castelo (...), mas a menina bata aí (na porta do Teatro Taborda) que eles podem responder, porque eles estão aí com coisas (havia técnicos do no interior do teatro) e vai ver que aqui também já é Mouraria.” (senhora moradora na Rua Costa Do Castelo; *cit in* Menezes, 2004)

Verificou-se a existência de “fronteiras” que marcam o limite entre o núcleo da Mouraria e a sua envolvente. A Calçada de Sto. André marca o limite entre a Mouraria e as Olarias, a Escadinha da Saúde, como já referido, separa-a de S. Cristóvão / S. Lourenço e a Rua Marquês de Ponte Lime e Costa do Castelo é a fronteira para com a área do Castelo.

Independentemente dos sentimentos de pertença ao bairro, permaneceu, dentro de cada uma dessas zonas, o sentido de vizinhança, entreatada e sentimento de origem comum gerador de vida de bairro.

³⁶ No plano administrativo não há referência à noção de bairro e as suas fronteiras não correspondem às das freguesias. Existe uma indeterminação dos seus limites, sendo, para isso, necessário recorrer a uma geografia social e simbólica.

2.2. ANÁLISE CONSTRUTIVA E ESPACIAL DO EDIFICADO

Através da análise efectuada para o Plano de Urbanização do Núcleo Histórico da Mouraria foram identificadas as épocas construtivas dos edifícios da totalidade da Área Crítica de Recuperação e Reconversão Urbanística da Mouraria, estando de acordo com o esboço histórico atrás referido. Seguidamente será efectuada a caracterização construtiva e espacial das tipologias construtivas existentes no bairro³⁷.



Figura 2.16 - Tipologias construtivas dos edifícios da Área Crítica da Mouraria
(fonte: Plano de Urbanização do Núcleo Histórico da Mouraria, 1996)

2.2.1. Construção Pré-Pombalina

O lote medieval, inserido no espaço urbano, tinha uma morfologia rectangular e alongada, contendo os lados mais estreitos as suas fachadas principal e tardoz, uma vez que o custo do solo seria mais elevado junto às vias de circulação. Estas fachadas, de dimensões inversamente proporcionais à sua centralidade urbana, eram alinhadas em filas compactas que iam crescendo de uma forma pouco organizada. Quando inseridos em lotes de gaveto adquiriam geralmente uma forma irregular³⁸.

A zona posterior do lote era frequentemente ocupada por quintais que continham produtos horticolas, árvores de fruto e animais, que asseguravam a subsistência da população no dia-a-dia e em épocas de escassez. A densidade não constituía, na maioria dos casos, um impedimento, havendo registos da sua existência em Lisboa, dentro e fora de muralhas (Trindade, 2002).

³⁷ Embora a quarta época construtiva seja designada por Ferro / Betão, o betão é dominante, uma vez que a construção de sistemas de estrutura metálica ou mista não tem praticamente relevância nesta zona da cidade.

³⁸ Entrevista no dia 18.06.2009 com a Arq. Alberta Midões

A edificação possuía, tal como o seu lote, um formato alongado, ocupando na maioria dos casos a totalidade da sua largura. As suas dimensões, no geral bastante reduzidas³⁹, eram fruto das diminutas possibilidades financeiras dos proprietários e das ideias e valores da época, que consideravam a habitação um local destinado apenas às funções básicas. O espaço interior era “fundamentalmente orgânico, conhecido como uma agregação de espaços de diferentes funções” (Lanch; *cit in* Trindade, 2002). Em média existiam duas divisões, a casa dianteira e a câmara, sendo comum a adição de compartimentos, através da junção de unidades habitacionais ou sobreposição de pisos. O diminuto espaço interior obrigava à passagem directa entre compartimentos, não existindo ainda o conceito de corredor. De facto, a organização da habitação nada tinha a ver com a da casa muçulmana: “A Reconquista parece ter representado o fim” da habitação árabe, onde os diversos compartimentos se distribuem a partir do pátio central (Macias e Torres, 1997; *cit in* Trindade, 2002).

As suas fundações e piso térreo, edificadas em alvenaria de pedra e tijolo, ligadas entre si com cal e areia, e rebocadas e pintadas com cal, constituíam uma sólida base para a construção dos restantes pisos, em estrutura de madeira. Esta estrutura funcionava de forma elástica a partir da interligação dos barrotes dos pavimentos com os prumos verticais e diagonais das paredes das fachadas, constituindo as cruces de *sto. André*, base da gaiola pombalina. Os vazios da chamada “parede de frontal” eram preenchidos com alvenaria de tijolo ou mista, ligados e rebocados com a mesma argamassa de cal e areia. As paredes divisórias podiam ser portantes, idênticas às paredes exteriores, ou de separação, em tabique, constituídas por tábuas costaneiras cobertas com fasquiado de madeira e posteriormente rebocadas⁴⁰. Este sistema, edificado a partir de madeira, matéria abundante no país, possibilitava uma rápida construção, crescimento em altura de uma forma estável e sem necessidade de mão-de-obra especializada.

Assistimos portanto, em meados do século XII, à multiplicação de casas sobradadas⁴¹ em Lisboa chegando a atingir no século XV os três, quatro e cinco pisos nas zonas mais centrais da cidade: “as grandes alturas das casas que se vão ao céu” (Zuzara, séc. XV; *cit in* Cabrita, 1994). Embora o pé-direito da casa medieval fosse de altura reduzida, determinando uma altura total bastante inferior à que seria a dos dias de hoje, a sua relação com a exígua dimensão da rua tornava-a excessiva. Não existia nenhuma disposição legal regulamentadora da altura dos imóveis, estando o número de andares do imóvel ao critério do proprietário (Trindade, 2002)

Era frequente a extensão dos pisos superiores para além da área do piso térreo, criando os chamados andares de ressalto, ainda existentes em algumas ruas da Mouraria³⁴, que até final do século XV podiam ocupar até um terço da rua (Rodrigues, 1974; *cit in* Trindade, 2002).

³⁹ A área média dos lotes em Lisboa era de 40.20m² (Conde *cit in* Trindade: 2002: 36)

⁴⁰ Entrevista no dia 18.06.2009 com a Arq. Alberta Midões

⁴¹ Andares ou pavimentos superiores ao rés-do-chão



Figura 2.17 - Rua da Guia, 1-7
(fonte: <http://www-ext.lnec.pt/LNEC/DED/NA/arq/n tp/vilas/1/1-1.htm>, 2009)



Figura 2.18 - Rua do Benfornoso, 101-103 (fonte: <http://www-ext.lnec.pt/LNEC/DED/NA/arq/n tp/vilas/1/1-1.htm>, 2009)



Figura 2.19 - Largo da Achada, 1
(fonte: EPUL, 2006)



Figura 2.20 - Largo da Achada, 6
(fonte: Arquivo Fotográfico de Lisboa)

As soluções construtivas tinham um carácter exclusivamente funcional, dando origem a um edifício simples, de linhas rectas e geralmente sem decoração⁴². O desenho da fachada dependia da estrutura da construção, sendo frequente a existência de assimetrias e desalinhamentos nos vãos da fachada. Estes vãos, existentes em número reduzido tornavam a casa mal iluminada. No piso inferior, a única abertura era, muitas vezes, a porta de entrada, existindo no piso superior aberturas pequenas e em número diminuto. Esta característica poderia ter tomado forma por diversos factores: regulação da temperatura interior, questões de segurança, que na idade média era muitas vezes obsessiva, ou privacidade (Trindade, 2002). A dimensão dos vãos era bastante idêntica, podendo levar a pensar que as pedreiras talhavam praticamente em série (Cabrita, 1994). A chaminé, difundida no início do século XVI, é localizada geralmente a tardoz e desempenha um papel fundamental na ventilação interior deste tipo de edifícios.

Ainda em relação aos vãos superiores, poderiam ser de sacada ou peitoril, sendo este último entendido como um elemento fundamental de vizinhança e convivência urbana, símbolo de uma nova forma de habitar bastante mais conectado com o exterior (Cabrita, 1994). O vidro só começa a ter utilização comum a partir da segunda metade do séc. XVIII, utilizando-se então como protecção tecido, papel ou pergaminho oleados e encerados por forma a adquirir uma maior transparência e resistência (Trindade, 2002). Eram também, e mais frequentemente, utilizadas portadas de madeira com postigos instaladas na parte interior das molduras, sob a gola de madeira⁴³.

Por vezes existia a multiplicação de portas na mesma casa, dando acessos aos diversos pisos. As escadas de acesso aos pisos superiores eram, por norma, de tiro, em lance recto, íngremes, em sequência directa com a porta de entrada⁴⁴. Dependendo da largura do edifício, desenvolviam-se ao longo da sua empena lateral num lance recto, estreito e contínuo, em L, ou, nos lotes mais largos, no meio, dando acesso a dois

⁴² Nesta época a aplicação de pormenores decorativos nos edifícios representava riqueza e estatuto social

⁴³ Entrevista no dia 18.06.2009 com a Arq. Alberta Midões

fogos por piso. É possível identificar ampliações posteriores às da época, uma vez que o acesso se fazia em lances opostos de escadas, interrompidos a meio por um patamar (Cabrita, 1994).



Figura 2.21 - Rua João do Outeiro 15-19 (fonte EPUL, 2008)



Figura 2.22 - Beco do Jasmim 9-15 (fonte: EPUL, 2008)

Os pavimentos térreos eram constituídos por terra batida ou lajes de pedra calcária em armazéns, lojas e edifícios de melhor qualidade. Os pisos superiores eram revestidos na face superior por soalho e na inferior por um forro, ambos de madeira. Também nos edifícios de melhor qualidade os revestimentos do pavimento podiam divergir, através da colocação de ladrilhos.

Na cobertura, de estrutura também de madeira, era utilizada a telha canudo como protecção contra as intempéries, frequentemente coberta com cal (Trindade, 2002). Na face interior não era utilizado forro, ficando a telha à vista. Estas coberturas poderiam ser de duas, três ou quatro águas, sendo bastante característica a existência de fachadas de bico, com cumeeira perpendicular à fachada. O beirado, bastante saliente em relação à fachada, era essencial para a protecção de uma fachada edificada com materiais frágeis. Este foi um dos elementos mais modificado até aos dias de hoje, não só por ser um dos mais delicados e expostos, mas também porque lhe foram sendo introduzidos novos elementos, como por exemplo águas-furtadas (Trindade, 2002).

Por outro lado, a construção em madeira trazia inúmeras desvantagens, desde a precariedade da construção, passando pela má resistência aos agentes atmosféricos até ao facto de ser facilmente inflamável. Este elemento, aliado à irregularidade das ruas e aos andares de ressalto tornavam o fogo extremamente perigoso quando inserido no contexto urbano medieval, com ruas estreitas e meios de combate ao fogo rudimentares⁴⁴. Assim, em 1502, D Manuel ordena a destruição de todos os balcões e sacadas de todas as ruas da cidade, num prazo de seis meses (Trindade, 2002), ao mesmo tempo ordena que se façam as paredes direitas, substituído a parede em frontal por tijolo (Cabrita, 1994).

Tal como refere a Arq. Alberta Midões, “A maior parte da arquitectura vernacular da mouraria foi bastante destruída pelo terramoto e reconstruída com escombros de edifícios, tornando-se muito híbrida.” As suas características iniciais foram progressivamente alteradas, sendo nos dias de hoje raros os edifícios que se

⁴⁴ Em 1369 e 1373 foram registados incêndios que destruíram diversos bairros de Lisboa (Cabrita, 1994)

mantêm intactos. Por outro lado a falta de manutenção e crescente desertificação desta zona levou a que actualmente muitos estivessem em pré colapso.

2.2.2. Construção Pombalina

O estilo pombalino surge com a necessidade da reconstrução de Lisboa após o terramoto de 1755. A necessidade de rápida reconstrução, aliada à vontade de construir de uma forma mais segura deu origem a uma “maneira firme e inteligente de ultrapassar os efeitos nefastos de um desastre terrível, numa altura de grande escassez de materiais e mão-de-obra” (Mascarenhas, 2005).

Assim, é concebida uma arquitectura com princípios de uniformidade, simplicidade e standardização, precedendo o que mais tarde se designou de industrialização e modelização da construção. Para os diversos elementos construtivos foram estabelecidas medidas obrigatórias, facilitando a produção em série e a posterior montagem. Por outro lado é criado um sistema estrutural autoportante, com a possibilidade de montagem total a partir do primeiro piso antes do enchimento de alvenaria (Trobiner, 2004). “Alguns sistemas, como a gaiola em si não são inovadores, o que é inovador é o seu emprego sistemático e a vontade de aplicar uma série de princípios que permitissem construir com rapidez e segurança” (Mascarenhas, 2005). Foram também tomadas uma série de medidas de segurança para impedimento da propagação do fogo e facilidade de fuga em casos de sismo.

Estes novos edifícios, chamados de rendimento pombalino, seriam concebidos de forma tipificada, com usos, métrica de fachada e pés direitos previamente definidos, que, cumpridos em grande parte da Baixa, foram na restante cidade adaptados a diversos factores, nomeadamente à morfologia do terreno e dos lotes. Com a dimensão média de quatro pisos, teriam no térreo geralmente comércio, ou, em alguns casos cavalariças, e nos seguintes habitação. A sua cobertura, frequentemente com trapeiras, não teria inicialmente uma função habitacional.



Figura 2.23 – Rua de S. Cristóvão 31-39, edifício Pombalino com aumento posterior de um piso (fonte: autor, 2009)



Figura 2.24– Rua de S. Cristóvão 11-19, edifício Pombalino com aumento posterior de dois pisos (fonte: autor, 2009)



Figura 2.25– Rua das Farinhas, 1-3 (fonte: autor, 2009)

Ao contrário da Baixa Pombalina, os terrenos da zona da Mouraria eram consistentes, fazendo-se as fundações de forma directa⁴⁵, com alvenaria de pedra ou mista, muitas vezes proveniente dos edifícios destruídos pelo terramoto⁴⁶. No piso térreo, as paredes-mestras⁴⁷ e pilares, constituídos igualmente por alvenaria de pedra, eram travados a partir de abóbadas ou arcos criando uma estrutura resistente em caso de sismo. Os pavimentos eram geralmente constituídos por pedra calcária, matéria abundante na cidade.

A partir do piso térreo é reutilizada a estrutura de gaiola, com cruces de sto. André, mas desta vez implementada nas paredes interiores e de uma forma melhorada e sistematizada. “As paredes de gaiola incorporam uma estrutura de madeira interna, rectilínea, ligada por elementos de ferro e madeira. Por sua vez, a estrutura está assente em divisórias reforçadas por numerosas diagonais de travamento em cruz. Embora reforçando a estrutura, estas diagonais são suficientemente flexíveis para absorver e dissipar as cargas laterais. Cada piso assenta numa superfície de madeira servindo de diafragma, com ligação à fachada exterior. Estes elementos, combinados com o carácter sistemático da planta de gaiola, a continuidade entre pisos e a ligação cuidada, conferem à estrutura um óptimo comportamento sísmico” (Trobiner, 2004). Mesmo os tabiques de prancha ao alto, utilizados em paredes secundárias, podiam ter uma resistência apreciável no seu plano, devido à espessura das pranchas usadas e às pranchas diagonais que rigidificavam os tabiques (Appleton, 2008).

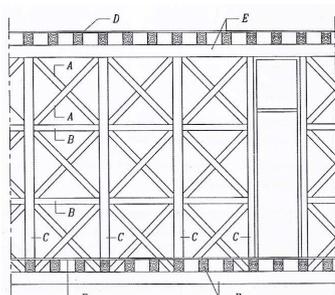


Figura 2.26 – Pormenor da estrutura da parede interior em gaiola (fonte: Pinho, 2000)

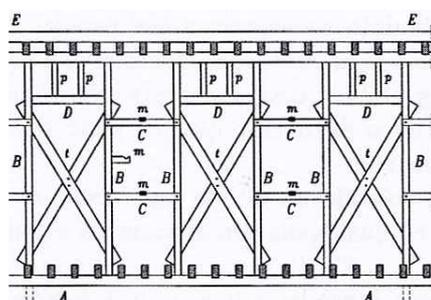


Figura 2.27 - Pormenor da estrutura da parede da fachada em gaiola (fonte: Pinho, 2000)

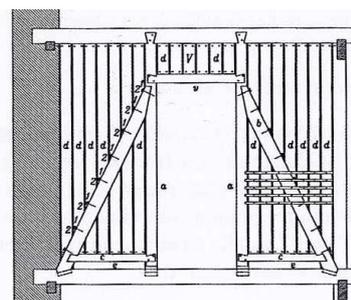


Figura 2.28 - Pormenor da estrutura da parede de tabique (fonte: Pinho, 2000)

A fachada possuía uma estrutura de madeira, também embebida em alvenaria de pedra com cerca de 0.60m de espessura, e regularizada com argamassa de cal (Mascarenhas, 2005). Esta estrutura mais simplificada tinha a função de travar os pavimentos, através de um conjunto de elementos horizontais e verticais, sem qualquer diagonal. Localizada na face interior da parede, possuía uma ligação pontual com esta através de elementos de madeira e com as cantarias a partir de gatos metálicos. Pretendia-se que, em caso de sismo a fachada caísse para a rua, mantendo-se o interior com a estrutura de gaiola (Mascarenhas, 2005). O desenho de fachada era simples, com os vãos alinhados horizontal e

⁴⁵ Fundações efectuadas a pequenas profundidades na qual as cargas são transmitidas ao terreno exclusivamente na face inferior do elemento de fundação.

⁴⁶ Entrevista no dia 16.07.2009 com a Arq. Alberta Midões.

⁴⁷ As paredes-mestras tinham uma espessura total média de 0.90m (Cóias, 1997)

verticalmente, conseguindo um constante equilíbrio de forças. Os vãos, inicialmente sem vidro, eram protegidos, tal como na construção pré-pombalina, por portadas localizadas no interior do vão. Mais tarde ao ser implementado é aplicado na sua face exterior à frente das portadas de madeira⁴⁸.

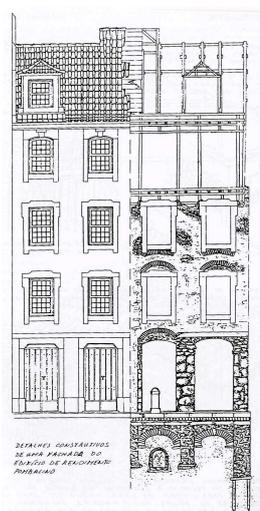


Figura 2.29 – Detalhes construtivos de uma fachada de um edifício pombalino (fonte: Mascarenhas, 2005)

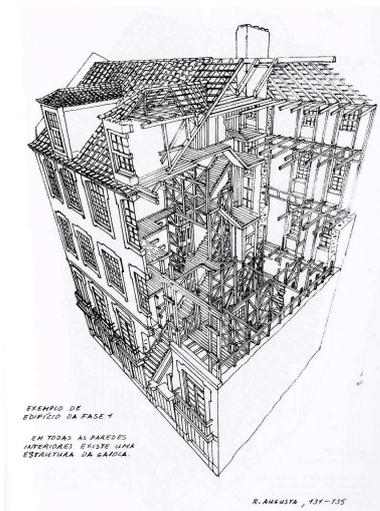


Figura 2.30 – Edifício Pombalino na sua fase inicial (fonte: Mascarenhas, 2005)

Na cobertura, geralmente triangular e como já referido com trapeiras, vários prumos ligavam a sua estrutura à de gaiola. O seu revestimento interior era feito frequentemente através de um forro adjacente à sua estrutura, podendo no entanto ser colocado na horizontal. Relativamente aos tectos, poderiam ter um forro de madeira sobreposta ou após o forro, finalização com estuque. A decoração interior, quando existia, limitava-se a pequenos silhares de azulejos. O pavimento, de soalho de madeira, era aplicado sem qualquer efeito geométrico.

O lote medieval é multiplicado, passando o desenvolvimento da planta a ser feito com base na planta árabe, com o desenvolvimento das divisões principais em torno de compartimentos centrais, com portas de ligação entre si. Existe a preocupação de conseguir iluminar naturalmente o maior número possível de divisões, localizando-se a sala de visita e jantar na fachada principal e a cozinha perto do logradouro. Aqui se situava o único compartimento com lareira e chaminé, que, estando localizada na fachada tardoz ou parede meeira, não cairia para a rua em caso de sismo⁴⁹.

A localização das escadas, então alargadas, muda também dando acesso a dois fogos por piso, originando a tipologia actual esquerdo/direito. As escadas passam a ter uma posição central e estratégica junto à fachada principal, com iluminação natural, ventilação e possibilidade de fuga na possibilidade de catástrofe,

⁴⁸ Workshop no dia 16.04.2009, relativo ao tema “Reabilitação Sustentável para Lisboa”, Arq. Livia Tirone

⁴⁹ Entrevista a no dia 18.06.2009 com a Arq. Alberta Midões.

motivo pelo qual era comum os compartimentos interiores terem vãos para a escada. No primeiro piso as escadas de dois lances opostos e um patamar, são de alvenaria, com os degraus em pedra por questões de segurança. A partir do primeiro piso a sua estrutura passa a madeira, apoiados em três paredes com estrutura de gaiola e com os degraus também em madeira.

O período de construção pombalina prolonga-se até meados do século XIX, entrando numa época de transição, originado por volta de 1880 o tipo de construção vulgarmente chamado de “Gaioleiro”.

“Ao longo do tempo, intervenções sucessivas, ocasionais e deficientemente enquadradas, com a introdução de materiais com novas características mecânicas, completamente diferentes dos elementos originais, vieram certamente enfraquecer o sistema estrutural, diminuindo a sua capacidade de resistência aos sismos” (Ramos e Lourenço, 2000), sendo actualmente o tipo construtivo com preocupações maiores na eventualidade de um terramoto (Appleton, 2008).

2.2.3. “Gaioleiro”

Com o decorrer do século XIX a memória do terramoto foi-se esbatendo, traduzindo-se na redução de rigor do desenho pombalino e qualidade dos materiais. No piso térreo são abandonados a estrutura abobadada e a estrutura de gaiola é sucessivamente simplificada com a redução da construção das cruces de santo André, primeiro no eixo Nascente-Poente e totalmente na sua fase final (Appleton, 2008; Mascarenhas, 2005). Nesta fase começam também ser introduzidas paredes de alvenaria de tijolo nas caixas de escada, cozinhas e instalações sanitárias (Appleton, 2001). Por outro lado as ligações entre os diversos elementos construtivos vão-se tornando bastante mais frágeis, conferindo à estrutura uma ausência de continuidade e grande fragilidade estrutural. Encontramos assim, na primeira fase dos “Gaioleiro” uma melhor qualidade construtiva.

Estes edifícios, com um faseamento de construção totalmente diferente dos pombalinos, eram edificadas piso a piso, primeiro as paredes e depois os pavimentos (Appleton, 2008). As suas dimensões, bastante diferentes em altura e profundidade, chegavam facilmente aos cinco, seis pisos e recorriam ao desenho de saguões para iluminar o interior do lote. Era também frequente, nesta altura, o aumento do número de pisos dos edifícios pombalinos (Pinho, 2000). Encontrávamo-nos em plena época dos edifícios de arrendamento.

As fachadas eram constituídas por alvenaria de pedra ordinária irregular argamassada, com variação de espessura ao longo da sua altura, tendo entre 0.80m e 0.60m no piso térreo e 0.30m e 0.40m no último piso. As empenas e paredes do saguão, do mesmo material ou de tijolo maciço, tinham uma espessura menor, entre 0.30m e 0.40m, constante a toda a altura (Appleton, 2008).

Na cobertura a estrutura de madeira adaptava-se à utilização do sótão, não existindo no entanto coerência e continuidade com a estrutura adjacente. O seu revestimento exterior com telha marselha e a reduzida inclinação da cobertura garantiam a estanquidade (Appleton, 2001).

Os pavimentos, em madeira, eram constituídos por barrotes assentes directamente sobre as paredes com apenas alguns centímetros de entrega e dispostos na direcção de maior vão (Pinho, 2000). O seu material,

geralmente pinho, e o seu afastamento, com cerca de 0.40m ao eixo, provocavam grande deformabilidade e vibração excessiva e incómoda (Appleton, 2008). Por norma estes eram revestidos por soalho ou mosaicos, nas zonas húmidas. Começou, por outro lado, a existir, a partir de meados do século XIX, a utilização de estrutura metálica em edifícios habitacionais através da implementação de lajes com vigas de ferro e abobadilhas cerâmicas, que sustentavam as varandas e marquises, bastante características desta época.

A sua concepção volumétrica tem como base princípios higienistas, com elevados pés-direitos e números de janelas, para iluminação e arejamento dos espaços. Começou ao mesmo tempo a existir maior liberdade formal. Os vãos passaram a ter formas variadas, mais alongadas, e por vezes geminadas, com recursos a “mainéis”⁵⁰, ao mesmo tempo que passaram a ser utilizados no mesmo piso janelas de peito e de sacada. Da mesma forma as cantarias passaram a ter secções diversas, tendo a partir de certa época influências de Arte Nova. A fachada passou a ser composta por três zonas distintas – soco⁵¹, zona intermédia e platibanda⁵² – e decorada através de frisos, cimalthas, e esculturas nos edifícios mais nobres. Geralmente o reboco era o revestimento mais corrente, adoptando-se também o azulejo, tanto nas novas construções como nas de épocas anteriores (Appleton, 2001).



Figura 2.31 – Rua da Achada, 8-8A (fonte: autor, 2009)



Figura 2.32 – Rua do Marquês de Ponte Lima, 37 (fonte: autor, 2009)



Figura 2.33 - Rua do Marquês de Ponte Lima, 25 (fonte: autor, 2009)



Figura 2.34 – Rua da Mouraria, 8-16 (fonte: autor, 2009)

Os fogos, alongados devido ao formato do lote, organizavam-se em volta das escadas centrais iluminadas por uma clarabóia, sendo estruturados a partir de um corredor de distribuição. A cozinha localizava-se frequentemente na fachada tardoz e estava associada a uma varanda ou marquise e a uma escada metálica. Nestas marquises colocaram-se as primeiras instalações sanitárias, que passaram na maioria dos casos para compartimentos confinantes aos saguões localizados no centro, ou mais frequentemente na zona da empina (Appleton, 2001; Appleton, 2008; Pinho, 2000).

⁵⁰ «Mainel», “pilarete que divide um vão de uma janela ou porta e serve de apoio ao lintel ou ao saimel de arcos” (Rodrigues et. al, 2002)

⁵¹ O soco de pedra é progressivamente deixado de utilizar, optando-se por fingimentos de argamassa (Appleton, 2001)

⁵² Desaparece o beirado, sendo substituído por drenagem em algeroz interior a tardoz da platibanda.

Actualmente “grande parte dos Gaioleiro encontram-se em elevado estado de degradação, sobretudo pela introdução de elementos metálicos na fachada tardoz.

2.2.4. Construção em Betão

Embora o betão⁵³ tenha começado a ser implementado em alguns edifícios a partir do início do século XX, ainda nos primeiros anos da década de 40, a construção era maioritariamente realizada com pisos de madeira e estruturas de alvenaria, utilizando-se este material apenas nas lajes das varandas, cozinhas e instalações sanitárias. Os anos posteriores marcam uma época de transição onde são abandonadas as técnicas tradicionais e adoptadas novas soluções estruturais, com construção de lajes finas de betão armado, paredes exteriores de alvenarias ordinária, empenas de betão simples e no piso térreo estruturas porticadas de betão armado⁵⁴, permitindo a abertura de maiores vãos, ideais nos casos dos estabelecimentos comerciais (Appleton, 2008).

De facto, quando comparado com a alvenaria de pedra ou tijolo, embora tenham pesos da mesma ordem de grandeza são bastante mais resistentes e baratos. Por outro lado, têm uma maior flexibilidade, tanto na forma como nas dimensões. É um material de execução rápida, resistente ao fogo e cujas ligações entre elementos poderiam ser executados facilmente (Viseu, 1993).

A primeira fase do betão, compreendida entre os anos 40 e 60, é caracterizada por uma ausência de bases sólidas que revelam ter problemas de instabilidade estrutural, problemas de durabilidade do betão e inexistência de qualquer regulamentação. Estes edifícios, de porte cada vez superior, possuíam uma estrutura geralmente reticulada, constituída por pilares e vigas esbeltos com um reduzido grau de simetria e regularidade. Esta profunda mudança estrutural, embora possibilitando diversas novas formas de habitar, não se traduziu numa mudança organizacional da planta que, estruturada tal como nas épocas anteriores, tinha uma difícil e conflituosa integração de pilares e vigas (Appleton, 2008).

Após a construção total da estrutura construíam-se então os paramentos exteriores geralmente constituídos “(...) por um pano de alvenaria simples de tijolo cerâmico furado e, em menor escala, por um pano de alvenaria simples de betão leve ou betão normal” com uma espessura recomendada de cerca de 0.20m (Santos, 2007). Sendo muitas vezes de menor espessura, estas deram origem a fendilhações, infiltrações, condensações superficiais e desconforto provocado pelas temperaturas demasiado frias ou quentes (Santos, 2007).

⁵³ “Material que se obtém misturando intimamente uma argamassa (por suas vez mistura de cimento, areia e água) com inertes britados ou rolados, de certas dimensões, em geral entre os 5 e 50mm, e eventualmente adjuvantes. A mistura começa por apresentar um estado líquido ou pastoso e rapidamente se torna, na aparência e comportamento visível, num sólido (...) já que se alteram as suas propriedades no decurso do tempo.” (Viseu, 1993)

⁵⁴ “É uma massa mole capaz de uma presa poderosa e envolvendo fibras longas e flexíveis colocadas na direcção das tracções possíveis, que pode criar pelo seu endurecimento um aglomerado capaz de resistir à tracção como À compressão, assim como à sua resultante, a flexão, e aos esforços cortantes que a acompanham.” (Paris; *cit in* Viseu, 1993)

Ao longo dos anos 60 e 70 o nível de preocupações com a análise sísmica dos edifícios e resistência do betão aumenta, com a elaboração dos regulamentos RSEP⁵⁵ e REBA⁵⁶. A altura dos edifícios aumenta e as lajes passam a ser fungiformes, geralmente nervuradas. A fachada deixa de ter um desenho clássico, passando a ter desenhos muito diferenciados e vãos maiores. (Appleton, 2008)

A partir de final dos anos 70 são desenvolvidas estruturas de betão de terceira geração, com a publicação de novos regulamentos de a nível nacional e europeu⁵⁷, sendo desenvolvidas questões relacionadas com a análise da estrutura e segurança, a utilização do betão armado e pré-esforçado⁵⁸, a durabilidade do betão e a introdução de estruturas mistas aço-betão, madeira e alvenaria. Assim, no final do século XX assiste-se à banalização das estruturas mistas e utilização de pré-esforço na habitação, levando à construção de grandes espaços livres (Appleton, 2008). A edificação através de lajes fungiformes maciças ou aligeiradas passa a ser predominante, sendo actualmente as primeiras as mais utilizadas devido à sua rapidez de execução e pequena espessura⁵⁹. A qualidade do betão passa a ser superior, com um elevado nível de desempenho, resistência e durabilidade, assim como a sua organização estrutural, que passa a limitar as assimetrias (Appleton, 2008).

Com a entrada em 1991 do primeiro Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) e constatação dos problemas relativos aos paramentos exteriores de alvenaria simples, as soluções através de parede dupla, com panos de alvenaria entre 0.07m e 0.15m, generalizaram-se. Progressivamente, mesmo sem obrigatoriedade, tornou-se comum a inserção de isolamento térmico – poliestireno expandido moldado, extrudido e recentemente poliuretano projectado - na caixa-de-ar formada entre os dois panos de alvenaria, não evitando, no entanto, a existência de pontes térmicas (Santos, 2007).

Actualmente, com a entrada em vigor do novo RCCTE através do Decreto-Lei 80/06 de 4 de Abril, as exigências de desempenho energético tornam-se maiores, traduzindo-se na necessidade adaptar as soluções existentes ou implementar a uma maior escala soluções que têm vindo a ser desenvolvidas. Assim, prevê-se a disseminação de isolamento térmico pelo exterior, através do sistema de fachada ventilada ou do tipo ETICS (*external thermal insulation composite systems*), e pelo interior, através de soluções prefabricadas ou executadas em obra com base em painéis associados a um isolante térmico. (Santos, 2007) O estudo destas soluções será efectuado no próximo ponto do actual capítulo.

⁵⁵ Regulamento de Solicitações em Edifícios e Pontes, elaborado em 1961

⁵⁶ Regulamento de Estruturas de Betão Armado, elaborado em 1967

⁵⁷ São publicados os novos Regulamentos de Segurança e Acções em Estruturas de Edifícios e Pontes (RSA), de Betão Armado e Pré-Esforçado (REBAP), substituído o Regulamento de Betões de Ligantes Hidráulicos (RBLH) pela norma europeia ENV206 e elaborados os Euro códigos Estruturais (Appleton, 2008)

⁵⁸ "Resulta da acção de pré ou post-esforçar a peça de betão de modo a criar nela esforços ou tensões de sinal contrário às que resultam da acção do peso próprio e das sobrecargas na peça. Para o efeito, têm o betão e o aço de ter muito elevadas resistências, os aços sobre a forma de fios, varões, cordões ou cabos" (Viseu, 1993)

⁵⁹ Conversa no dia 17.07.2009 com o Eng. Miguel Sá, técnico especialista em estruturas da EPUL

2.3. PRINCÍPIOS DE DESIGN AMBIENTAL

Como já referido, a arquitectura solar passiva tem o objectivo de conferir conforto térmico⁶⁰ aos utilizadores dos edifícios, tirando partido do contexto climático local para minimizar o consumo energético e a necessidade de utilização de meios mecânicos. O clima apresenta-se assim como condicionante essencial no desenvolvimento de projecto, através da aplicação de estratégias de design ambiental adequadas às diversas variáveis climáticas existente no local.

Lisboa é uma das cidades da Europa com mais disponibilidade de radiação solar, com valores na ordem de 2800 horas de insolação por ano, atingindo os valores máximos nos meses de Julho e Agosto e os mínimos nos meses de Dezembro, Janeiro e Fevereiro (INMG, 1991). A temperatura média do ar tem também os seus extremos no Verão e no Inverno, podendo atingir valores entre os 38°C e os 41°C na estação mais quente, e cerca de 0.5°C na estação mais fria. Com um clima temperado, as humidades relativas registam valores entre os 55% e os 65% nos meses de Junho, Agosto e Setembro e os 75% e 80% nos meses de Dezembro e Janeiro. Os ventos dominantes, de Norte – Nordeste, ocorrem sobretudo durante o período de Inverno.

As estratégias descritas seguidamente estão associadas à reabilitação de edifícios, não sendo referidos aspectos importantes de design passivo apenas aplicáveis à construção nova.

Forma e orientação

A forma e orientação são determinantes para o comportamento dos edifícios, uma vez que têm consequências directas na iluminação, ventilação e conforto térmico dos edifícios repercutindo-se directamente no seu consumo de energia.

Os conjuntos edificados devem ser preferencialmente agrupados em banda (Goulding, 1993), e, quando isolados, devem ser compactos, com um factor de forma baixo⁶¹, com vista à redução das necessidades energéticas no Verão e Inverno (Silva e Almeida, 2003). Por outro lado, é também necessário que os edifícios estejam orientados de modo a promoverem os ganhos solares no Inverno e reduzi-los no Verão. Assim, recomenda-se idealmente uma exposição solar Norte-Sul, para que os compartimentos com maiores exigências solares, como a sala e os quartos, tirem partido do sol baixo no Inverno e do sol alto, facilmente sombreável, no Verão. Pode também ser aproveitado o efeito da Nortada, típico do nosso clima, para melhorar a ventilação dos espaços interiores. Vãos com exposição solar a Nascente e a Poente devem ser reduzidos, uma vez que, devido à baixa altura do sol, são mais difíceis de proteger.

⁶⁰ Conforto térmico – bem-estar físico e mental de um indivíduo num determinado espaço – pode ser influenciado por factores pessoais (actividade metabólica e vestuário) e ambientais (temperatura, humidade, etc.). É um processo dinâmico em que não só o ambiente varia, mas também a sensação de conforto térmico por parte dos ocupantes (Baker, 2000)

⁶¹ «Factor de forma» é o quociente entre o somatório das áreas da envolvente exterior (Aext) e interior (Aint) do edifício ou fracção autónoma com exigências térmicas e o respectivo volume interior (V) correspondente, conforme a fórmula seguinte: $FF = [A_{ext} + R(T_{int})] / V$ em que T é definido no anexo IV." (DL 80/2006: 2476)

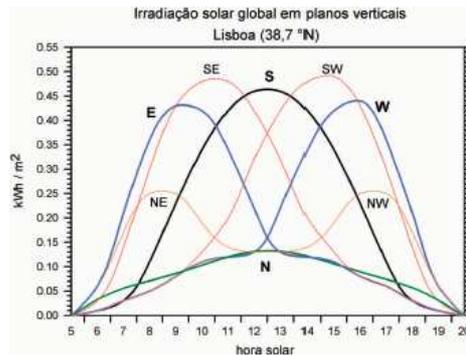


Figura 2.35 - Radiação solar ao longo do ano (por orientações); (fonte: Gonçalves e Graça, 2004)

Num contexto urbano é igualmente importante perceber a relação que deve existir entre a altura dos edifícios e a largura da rua. Segundo Goulding (1993), uma fachada orientada a Sul terá um sombreamento eficaz no Verão quando a largura da rua for cerca de 1/5 da altura da fachada que a rodeia, e voltada a Oeste quando tiver entre 1,5 a 2 vezes a altura da fachada que a sombreia.

A Mouraria é, contudo, uma zona urbana totalmente consolidada, inserida numa estrutura medieval com lotes frequentemente pequenos, irregulares e justapostos, formando ruas estreitas, que condicionam a exposição solar de grande parte dos fogos existentes (Figura 2.36 a Figura 2.39). Para além disso a sua zona de implantação não tem uma exposição solar favorável, inserida numa encosta voltada maioritariamente a Poente e Norte. Como tal, deve ser assegurada a introdução de outras estratégias de design ambiental, como por exemplo o sombreamento.



Figura 2.36 – Beco das Farinhas (fonte: autor, 2009)



Figura 2.37 – Beco do Castelo (fonte: autor, 2009)



Figura 2.38 - Rua João do Outeiro (fonte: autor, 2009)



Figura 2.39 – Rua das Farinhas (fonte: autor, 2009)

Área e tipo de envidraçados

Os vãos envidraçados têm uma importância vital, não só para o conforto iluminico dos espaços como também para o conforto visual dos utilizadores, uma vez que os relaciona directamente com o exterior. Por outro lado, devido à sua quase inexistente inércia térmica e elevado coeficiente de transmissão térmica⁶²

⁶² «Coeficiente de transmissão térmica de um elemento da envolvente» é 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” (DL 80/2006)

influencia bastante o conforto térmico do espaço. Assim, o balanço entre o aquecimento, arrefecimento e iluminação natural é uma importante consideração a ter na escolha da orientação e tamanho dos vãos (Goulding, 1993).

Envidraçados orientados a Norte devem ser reduzidos uma vez que, apesar de transmitirem uma luz uniforme ao espaço, têm ganhos solares reduzidos, e portanto grandes perdas térmicas no Inverno. Uma orientação Sul é traduzida, como já referido, em ganhos solares directos no Inverno e possibilidade de ganhos excessivos no Verão, motivo pelo qual estes vãos devem ser cuidadosamente dimensionados e sombreados. Quando orientados a Nascente e Poente têm uma incidência solar horizontal, difícil de sombrear, que provoca desconforto visual e excessivos ganhos solares, sendo portanto necessário uma atenção acrescida aquando o seu dimensionamento.

Na Tabela 2.1 é efectuada uma síntese da evolução das dimensões deste tipo de elemento ao longo das tipologias construtivas estudadas:

Tabela 2.1 – Caracterização dos vãos envidraçados nas diferentes tipologias construtivas

| TIPO CONSTRUTIVO |  |  |  |  |
|------------------|---|--|---|--|
| TIPO DE VÃOS | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Vãos pontuais e pequenos, entre 0.40 e 0.80m de largura | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Vãos com cerca de 0.9 e 1.20m de largura | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Alongamento na proporção das janelas; ▪ Multiplicação dos vãos; ▪ Alargamento dos vãos através de janelas geminadas com recurso a “mainéis” | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Nova concepção estrutural que possibilita o alargamento dos vãos (na Mouraria os vãos não são maioritariamente alargados por questões de integração) |
| | PRÉ-POMBALINO | POMBALINO | "GAIOLEIRO" | ESTRUTURA DE BETÃO |

Em fogos com exposição solar simples a forma do vão torna-se importante, sendo os formatos horizontais mais eficazes para o estímulo da ventilação natural (Goulding, 1993). Na reabilitação de edifícios de zonas históricas, como é o caso da Mouraria, não é naturalmente permitida a alteração da forma e dimensão dos vãos originais, que geralmente totalizam uma percentagem de envidraçado abaixo dos valores de referência. Segundo Baker (2000) em países do Sul da Europa a percentagem de envidraçado máxima recomendada (em relação à área da fachada) é de 40% a Sul (quando sombreada), 25% a Nascente e Poente e de 15 a 20% a Norte. Segundo a legislação portuguesa (DL 80/2006) a percentagem de área de envidraçado de referência é de 15% (em relação à útil de pavimento).

Com o avanço tecnológico foram desenvolvidos diversos tipos de vidro que reduzem os ganhos solares no Verão e as perdas térmicas no Inverno, como os duplos, de cor, reflectivos e de baixa emissividade.

Um estudo efectuado por Silva e Almeida (2003) conclui que existe uma redução de cerca de 17% das necessidades de aquecimento, quando se muda de vidro simples para vidro duplo⁶³. O material aplicado nas caixilharias também tem influência: a utilização de madeira reduz cerca de 6% as necessidades de aquecimento quando comparada com a caixilharia metálica⁶⁴ (Figura 2.40).

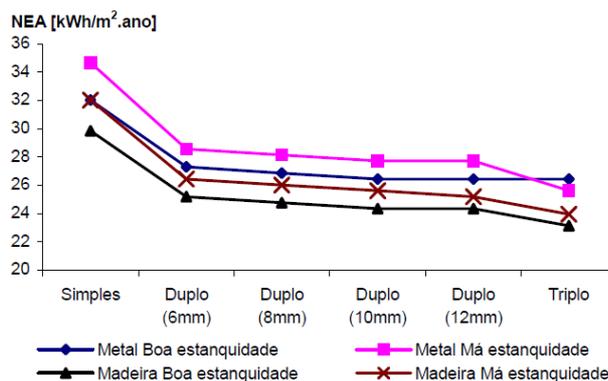


Figura 2.40 - Avaliação da eficiência energética dos diversos tipos de envidraçados, em função do tipo de caixilharia (fonte: Silva e Almeida, 2003)

Sombreamento

O sombreamento dos vãos envidraçados permite o controlo da radiação directa no interior do edifício, com o objectivo comum de optimização de luz natural e inexistência de desconforto visual.

Os vãos podem ser protegidos através de diversos tipos de elementos sombreadores aplicados no seu exterior ou interior, sendo os primeiros mais eficientes, uma vez que impedem mais facilmente a entrada do calor na superfície envidraçada. O sombreamento interior interrompe a radiação solar somente depois já ter entrado no compartimento, provocando a acumulação de calor no seu interior. Segundo um estudo de Silva e Almeida (2003), é possível reduzir acima dos 70% as necessidades de arrefecimento de um espaço apenas mudando a localização do elemento sombreador do interior para o exterior do vão envidraçado (Figura 2.41). A cor aplicada também poderá ter alguma influência, mas apenas em protecções interiores.

⁶³ "Constituído por duas folhas de vidro separadas por um espaço de ar selado, com espessuras nominais de 6 e 16mm" (Santos e Matias, 2006)

⁶⁴ O estudo foi efectuado com uma percentagem de envidraçados de 33%, comum às quatro fachadas.

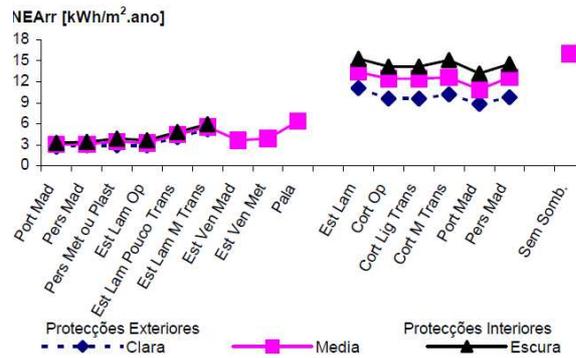


Figura 2.41 - Influência dos dispositivos de sombreamento (protecções exteriores e interiores e vidros duplos); (fonte: Silva e Almeida, 2003)

Conforme Baker (1993), elementos de protecção interior introduzidos na caixa-de-ar de uma caixilharia dupla possuem eficiência de sombreamento semelhante aos exteriores, com custos económicos mais reduzidos. Relativamente aos tipos de elementos sombreadores, as soluções mais recomendadas passam pela aplicação de dispositivos ajustáveis, podendo ser regulados a partir da altura do sol e consoante a época do ano.

Como já referido anteriormente, em zonas históricas como a Mouraria é sistemático o sombreamento provocado pelos elementos da sua envolvente, geralmente por edifícios e muito pontualmente por vegetação. A partir da análise do local verificou-se que os dispositivos sombreadores predominantes são as portadas interiores de madeira, os estores exteriores, usualmente complementados por cortinas de cor clara (Figura 2.42 e Figura 2.45). Pontualmente, encontraram-se nas construções recentes portadas pelo exterior (Figura 2.44) e sistemas de sombreamento improvisado, tipo toldo (Figura 2.43).



Figura 2.42 – Exemplo de sombreamento a partir de estores exteriores e cortinas interiores de cor clara (fonte: autor, 2009)



Figura 2.43 – Exemplo de sombreamento improvisado, em toldo (fonte: autor, 2009)



Figura 2.44 – Exemplo de sombreamento a partir de portadas exteriores (fonte: autor, 2009)



Figura 2.45 – Exemplo de sombreamento a partir de portadas interiores (fonte: autor, 2009)

Inércia térmica

A inércia térmica de um elemento pode ser definida como a sua capacidade de armazenar calor, amortecendo a oscilação diária das temperaturas. “Amortecimento e atraso dependem da espessura da parede e da condutibilidade térmica dos materiais constituintes, mas também da sua capacidade calorífica

que varia sobretudo com o peso. Esta inércia, bem como a protecção solar são qualidades que se expressam nos volumes gordos, alvos de cal da arquitectura popular mediterrânea e que nos brindam com a frescura interior no Verão” (Simões, 2009).

É especialmente relevante em zonas onde os climas estão sujeitos a grandes amplitudes térmicas em curtos espaços de tempo, como é o caso de Portugal. No Verão a envolvente exterior armazena durante o dia a energia exterior, resultante da incidência directa da radiação solar, e interior, proveniente de equipamentos e iluminação e pessoas, libertando-a durante a noite, quando a temperatura for inferior, para o exterior e para o interior (Goulding, 1993; Tirone, 2007). Neste caso a ventilação natural tem um papel preponderante, permitindo, durante a noite, a dissipação do calor existente no interior. No Inverno, durante o dia a massa térmica absorve o calor proveniente da radiação solar e durante o período nocturno transmite-o, em parte, para o espaço interior, contribuindo para o aumento da sua temperatura (Lechner, 1991). A inércia térmica pode ser complementada com isolamento térmico, permitindo uma menor transmissão de calor por condução.



Figura 2.46 – Inércia térmica no Verão: (à esquerda) manhã; (ao centro) tarde; (à direita) noite (fonte: Tirone, 2007)

Na Tabela 2.2 é apresentada uma análise sucinta do tipo de inércia térmica nas diferentes tipologias construtivas:

Tabela 2.2 - Caracterização do tipo de inércia das diferentes tipologias construtivas

| TIPO CONSTRUTIVO | TIPO DE INÉRCIA TÉRMICA |
|---------------------------|--|
| PRÉ-POMBALINO | Paredes em alvenaria de pedra na construção nobre ou alvenaria mista na construção pobre, com cerca de 1m de espessura no piso térreo. Os restantes pisos eram constituídos por paredes de frontal ou alvenaria de tijolo maciço, com cerca de 0.20m de espessura. |
| POMBALINO | Paredes em alvenaria de pedra ou mista com cerca de 0.90m de espessura |
| "GAIOLEIRO" | Paredes das fachadas principais e tardoaz de alvenaria de pedra ordinária e paredes de empenas e saguões de tijolo maciço. Paredes com cerca de 0.90 de espessura no piso térreo, com inércia térmica forte, podendo chegar a 0.30m de espessura no último piso. |
| ESTRUTURA DE BETÃO | Constituição de paredes dependendo da sua estrutura, rondando os 0.30m de espessura. Necessidade de isolamento térmico. |

Isolamento térmico

O isolamento térmico⁶⁵ tem como principal objectivo aumentar a resistência térmica⁶⁶ da envolvente do edifício, por forma a reduzir as trocas de calor com o exterior, e portanto as necessidades de aquecimento e arrefecimento. O isolamento dos diversos elementos, paredes, cobertura e pavimento, pode ser feito pelo interior, na caixa-de-ar ou pelo exterior, tendo este último diversas vantagens, como seja a maior protecção e longevidade dos materiais fundamentais, a redução de pontes térmicas, a prevenção de ganhos solares no Verão, e a acumulação de calor no espaço por mais tempo no Inverno.

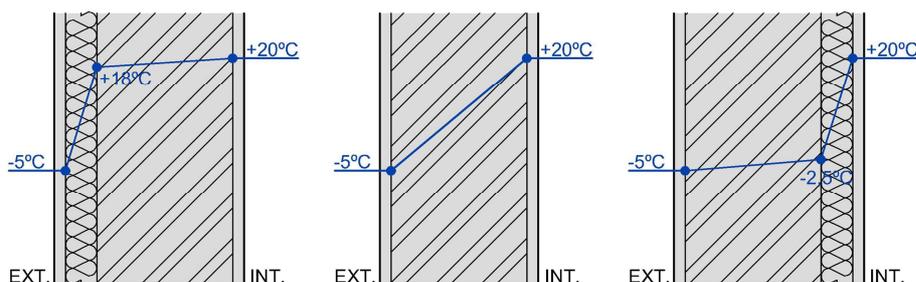


Figura 2.47 - Variações da temperatura média no interior da parede consoante o posicionamento do isolamento térmico
(fonte: Sousa, 2003; modificado pelo autor)

Este material de forte resistência térmica começou apenas a ser introduzido nas soluções construtivas nas últimas três décadas e, tal como referido anteriormente, a sua aplicação tornou-se obrigatória a partir da existência de Regulamentação Térmica, em 1990.

No contexto de reabilitação, a introdução de isolamento térmico pode ser um tema que exige maior sensibilidade, uma vez que existe um acréscimo de condicionantes de ordem técnica, funcional e estética na sua aplicação: redução das áreas e inutilização da inércia térmica dos elementos caso seja introduzido pelo interior, alteração das fachadas, desaconselhada na maioria dos edifícios históricos, caso seja aplicada pelo exterior, são apenas alguns exemplos.

Ventilação natural

A ventilação natural é um processo decorrente da existência de uma diferença de pressão ou temperatura entre dois pontos diferentes, sendo um fenómeno corrente entre duas fachadas opostas. A orientação e configuração do edifício e da sua envolvente, assim como os ventos ao longo do dia condicionam-na totalmente.

⁶⁵ « Isolante térmico » é o material de condutibilidade térmica inferior a 0,065 W/m.°C, ou cuja resistência térmica é superior a 0,30 m². °C/W. » (DL 80/2006)

⁶⁶ « Resistência térmica de um elemento de construção » é o inverso da quantidade de calor por unidade de tempo e por unidade de área que atravessa o elemento de construção por unidade de diferença de temperatura entre as suas duas faces. » (DL 80/2006)

A ventilação pode ser simples, transversal ou cruzada, dependendo do posicionamento dos vãos no espaço. A primeira, feita através de uma única fachada, é menos eficaz do que a segunda, que como o nome indica se efectua transversalmente ao edifício, através de fachadas opostas. A entrada de ar pode ser controlada pelos ocupantes através da abertura de portas, janelas ou pequenas grelhas que permitem a circulação constante do ar, devendo ser efectuado não só no Verão mas também no Inverno para garantir a salubridade dos espaços e evitar condensações interiores.

Ao longo das diversas épocas construtivas a ventilação foi concebida de forma diferente, sendo mais nítido nos edifícios antigos uma predisposição para a ventilação natural cruzada.

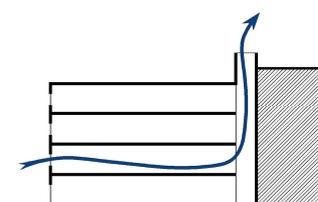


Figura 2.48 – Ventilação comum em edifícios Pré-Pombalinos (fonte: autor, 2009)

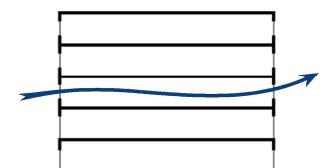


Figura 2.49 – Ventilação comum em edifícios Pombalinos (fonte: autor, 2009)

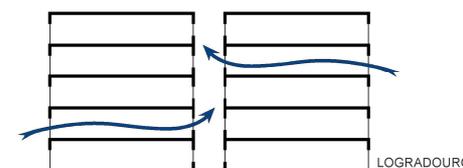


Figura 2.50 – Ventilação comum em edifícios "Gaioleiros" (fonte: autor, 2009)

Quando a ventilação natural não satisfaça os requisitos de conforto ambiental torna-se necessário complementa-la com sistemas de ventilação artificiais (mecânica) bem dimensionados, de forma a garantir as renovações de ar necessárias⁶⁷. Segundo Simões (2009) "A ventilação natural referida combina a ventilação de conforto e a estrutural. A ventilação de conforto arrefece directamente as pessoas e a estrutural arrefece a estrutura do edifício enquanto massa térmica. Por limitações intrínsecas do seu modelo de cálculo, o RCCTE contempla a ventilação higiénica mas não estas, o que penso ser uma grande lacuna do Regulamento."

Iluminação natural

Tal como a térmica, a iluminação natural constitui parte fundamental do design passivo, influenciando grandemente a qualidade e o conforto visual dos espaços. A ausência de luz natural pode provocar doenças (devido à carência de vitamina D) e perturbações no sono e concentração. É, por outro lado, um factor essencial para a redução da utilização de luz artificial e conseqüente redução dos consumos energéticos.

A luz pode ser de vários tipos. Quando o céu está limpo esta divide-se em duas componentes: uma proveniente do céu, difusa e de pequeno brilho, e outra proveniente directamente do Sol, direccionale e

⁶⁷ "A taxa de referência para a renovação do ar, para garantia da qualidade do ar interior, é de 0,6 renovações por hora, devendo as soluções construtivas adoptadas para o edifício ou fracção autónoma, dotados ou não de sistemas mecânicos de ventilação, garantir a satisfação desse valor sob condições médias de funcionamento" (DL 80/2006)

extremamente brilhante. Esta última, quando excessiva, pode provocar não só o sobreaquecimento dos espaços, mas também o desconforto visual. A luz reflectiva, ou seja a indirecta, pode também ter um papel relevante na iluminação dos espaços interiores, dependendo do coeficiente de reflexão das superfícies envolventes. Um edifício pintado de branco pode reflectir até 80% da luz incidente.

A iluminação pode ser lateral, a partir da envolvente vertical do edifício, ou zenital, proveniente da cobertura. No bairro da Mouraria, constituído maioritariamente por edifícios seculares de habitação, predominam os vãos laterais, existindo somente iluminação zenital da caixa-de-escadas dos edifícios construídos a partir da época Pombalina. Tal como verificado anteriormente, a dimensão dos vãos foi sendo aumentada com o evoluir dos sistemas construtivos, motivo pelo qual a iluminação de um edifício Pré-Pombalino poderá, em alguns casos, não ser suficiente, e a de um edifício “Gaioleiro” excessiva. Assim, quando necessário, nas operações de reabilitação podem ser aplicados dispositivos para captar luz natural – vidros prismáticos, estores reflectores de lâminas – que difundem de um modo mais equilibrado a iluminação no interior da sala.

SISTEMAS SOLARES ACTIVOS

As estratégias de design activo distinguem-se dos sistemas passivos pela existência de armazenagem, mas com um controlo que permite utilizar os ganhos solares posteriormente à sua captação, de acordo com as necessidades. Estes sistemas, integrados no envelope dos edifícios, apresentam grande potencial no que diz respeito à redução de energia proveniente de fonte não-renováveis. Seguidamente são descritos os exemplos mais comuns deste tipo de sistema: colectores solares térmicos, aplicados nas coberturas dos edifícios, e os painéis fotovoltaicos para produção de energia eléctrica, aplicados presentemente em fachadas e coberturas.

Colectores solares

Colectores solares é um termo geral para descrever sistemas que absorvem radiação solar, transformam-na em calor para posterior distribuição através de um fluido (ar ou água). Estes sistemas, extremamente favoráveis no nosso clima, são constituídos (nas nossas habitações) por painéis solares e depósito colectivo ou individual, consoante o sistema adoptado (colectivo integral, colectivo na captação solar ou individual integral), com o apoio de uma fonte não renovável (gás, gasóleo ou electricidade).

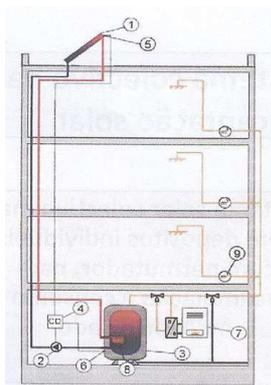


Figura 2.51 – Sistema coletivo Integral (fonte: INETI, 2009)

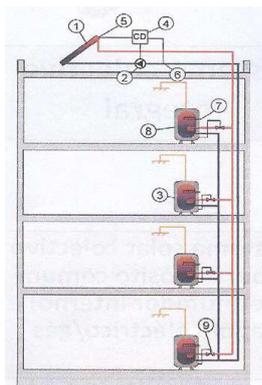


Figura 2.52 - Sistema coletivo na captação individual (fonte: INETI, 2009)

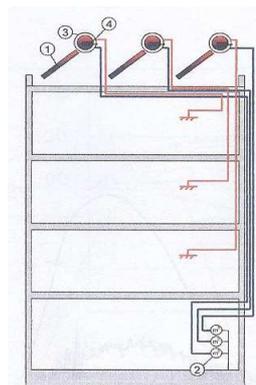


Figura 2.53 – Sistema individual integral (fonte: INETI, 2009)

Os painéis solares constituintes devem estar preferencialmente orientados no quadrante Sul e com uma inclinação próxima da correspondente à latitude do lugar de implantação, para maximização da captação da radiação solar. A imagem seguinte relaciona a inclinação e orientação do painel com o rendimento que este pode ter:

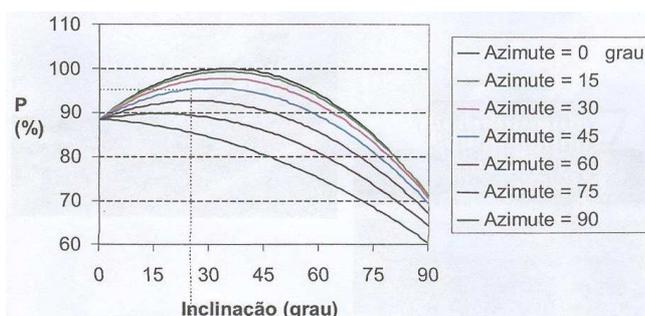


Figura 2.54 – Captação de energia dos painéis solares em função da sua inclinação e orientação (fonte: INETI, 2009)

A água quente é essencialmente utilizada para duches e lavagens de roupa e louça, podendo ser também utilizada para aquecimento central. Com a entrada em vigor do DL 80/2006 a instalação de colectores solares passou a ser obrigatória não só em construções novas mas também em grandes reabilitações⁶⁸, exceptuando situações nas zonas históricas em que não haja condições para tal (art. 2, nº9, alínea c) . Este tipo de sistema, apesar de ter um custo inicial bastante elevado tem um curto período de retorno, situado entre os 3 e os 6 anos. A sua principal desvantagem relaciona-se com o seu carácter intrusivo a nível visual e a sua difícil integração na envolvente, sobretudo quando associado a inserções em centros históricos.

⁶⁸ "Por grande remodelação ou alteração entendem-se as intervenções na envolvente ou nas instalações cujo custo seja superior a 25% do valor do edifício, calculado com base num valor de referência C_{ref} por metro quadrado e por tipologia de edifício definido anualmente em portaria conjunta dos ministros responsáveis pelas áreas da economia, das obras públicas, do ambiente, do ordenamento do território e habitação, publicada no mês de Outubro e válida para o ano civil seguinte." (DL 80/2006)

Painéis fotovoltaicos

Os painéis fotovoltaicos são sistemas de produção energética que convertem a energia solar directamente em electricidade, podendo ser utilizada no próprio edifício ou vendida à rede pública.

Estes painéis, expostos preferencialmente a Sul, têm um vasto campo de aplicação: electrificação remota, aplicada essencialmente em locais onde é mais dispendiosa a montagem de um sistema eléctrico convencional, sistemas autónomos, aplicados na bombagem de água ou sinalização luminosa, e aplicação em edifícios, nas suas paredes exteriores e coberturas. Em termos de aparência existe também um grande leque de opções, nomeadamente em termos de cores, superfícies de acabamento e até mesmo de formas. Começam actualmente a ser apresentadas soluções que integram células fotovoltaicas (cujo material básico é o silício) em elementos como a telha e o vidro, alargando a possibilidade de integração deste tipo de sistema a uma maior quantidade de paisagens e zonas urbanas, nomeadamente em centros históricos. Têm contudo um custo elevado que leva a que ainda não exista a generalização da sua aplicação.

3. CASOS DE ESTUDO

3.1. OBJECTIVOS

O objectivo geral da presente dissertação é avaliar a importância da implementação de estratégias de design passivo à escala do edifício e do bairro, na zona da Mouraria. Assim, procura-se responder a dois objectivos específicos:

1. À escala do edifício, procura-se analisar e comparar o comportamento térmico das construções de diferentes épocas, com o propósito de definir recomendações de reabilitação que contribuam para melhorar o conforto térmico, com menor consumo energético dos edifícios. No contexto urbano da Mouraria, onde cada edifício é único e singular, estas recomendações devem ser interpretadas como premissas gerais de intervenção, devendo ser avaliadas e adaptadas a cada caso.
2. À escala do bairro, pretende-se avaliar o impacto que a aplicação de tais recomendações poderão ter a nível de consumos energéticos.

3.2. METODOLOGIA

Optando-se por efectuar a avaliação à escala do bairro, com base nas diferentes épocas construtivas, tornou-se necessário analisar numa primeira etapa, à escala do edifício, o comportamento térmico dos diversos tipos construtivos existentes na Mouraria: Pré-Pombalino, Pombalino, "Gaioleiro" e Construção em Betão. Assim, foi escolhido e avaliado um edifício representativo de cada época, com base na informação disponibilizada pela EPUL, pela Arq. Alberta Midões e pela Unidade de Projecto da Mouraria, complementadas através de visitas de campo efectuadas. Tal como referido anteriormente, a análise de edifícios de estrutura metálica ou mista, não foi analisada por não ter representatividade no bairro histórico em estudo.

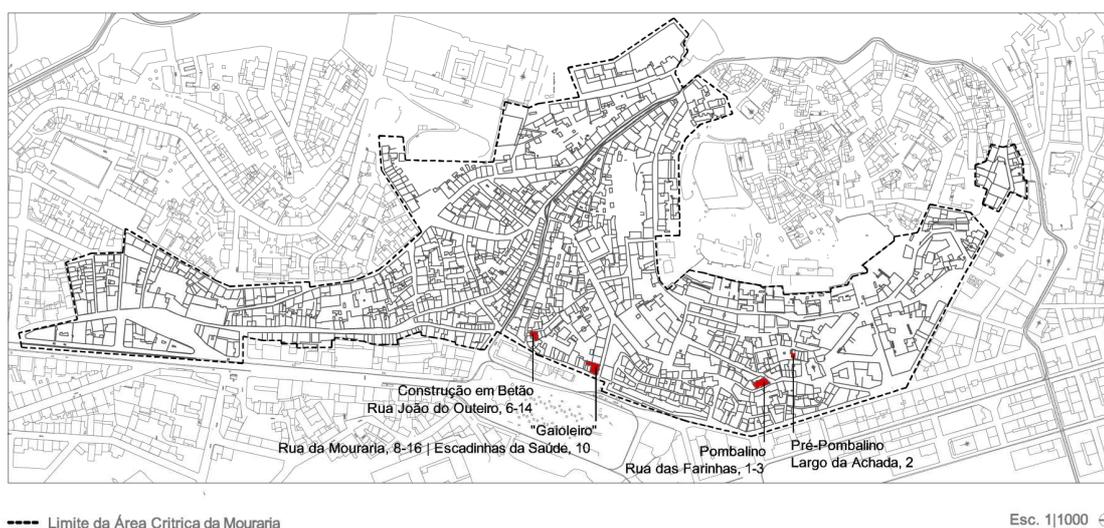


Figura 3.1 – Localização dos casos de estudo (fonte: autor, 2009)

O trabalho foi desenvolvido em três fases distintas:

- Análise do comportamento térmico dos referidos edifícios no seu estado original de construção, assim como dos efeitos térmicos da sua reabilitação, e apresentação de recomendações de projecto que visam melhorar o seu desempenho térmico;
- Comparação do desempenho térmico das construções de diferentes épocas construtivas, relativamente ao seu estado original;
- Extrapolação para uma maior escala, partindo dos resultados obtidos, para avaliar a possibilidade de diminuição de consumo energético para todo o bairro da Mouraria.

As análises foram realizadas com recurso ao software *Ecotect*. Para tal foi necessária a elaboração dos modelos tridimensionais dos respectivos edifícios no mesmo programa, realizada a partir da definição de cada compartimento como um volume fechado, denominado no software como “zona”. Foram também modeladas simplificadaamente as respectivas envolventes, para que os resultados sejam os mais fidedignos possível.

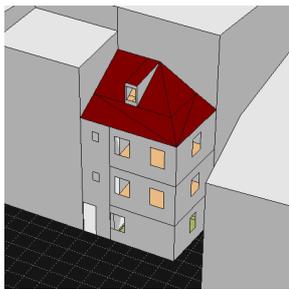


Figura 3.2 – Modelo *Ecotect* do edifício do Largo a Achada, 2 (fonte: autor, 2009)

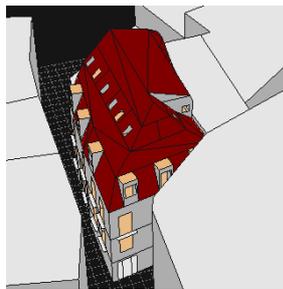


Figura 3.3 - Modelo *Ecotect* do edifício da Rua das Farinhas 1-3 (fonte: autor, 2009)

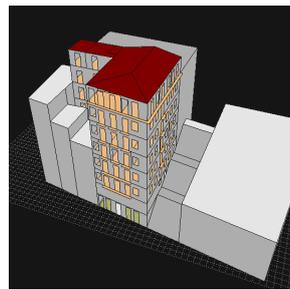


Figura 3.4- Modelo *Ecotect* do edifício da Rua da Mouraria 8-16 (fonte: autor, 2009)

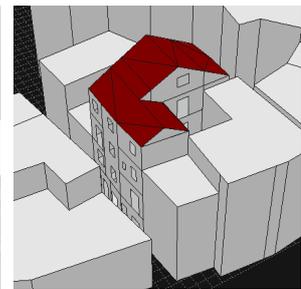


Figura 3.5 - Modelo *Ecotect* do edifício da Rua João do Outeiro 6-14 (fonte: autor, 2009)

Foram também definidas os seguintes parâmetros relativos a cada edifício:

- Localização geográfica, com introdução das suas coordenadas;
- Clima da zona;
- Orientação do edifício face ao Norte;
- Tipo de terreno (urbano, sub-urbano, rural ou exposto);
- Materiais e características dos diferentes elementos construtivos, definidos a partir de materiais pré-existentes na biblioteca do *Ecotect*, complementados com os coeficientes de transmissão térmica apresentados no ITE 50 (Santos e Matias, 2006) e ITE 54 (Santos e Rodrigues 2009).

Foi, por outro lado, considerada a existência de pessoas e de ganhos internos provenientes de equipamentos e iluminação artificial. O número de pessoas por fogo foi definido de acordo com o DL

80/2006⁶⁹, e a sua presença considerada na sala e nos quartos existentes. Para os ganhos internos (de equipamentos e iluminação artificial), foi considerado um valor médio de 5 w/m² estabelecido também segundo os valores do mesmo decreto-lei⁷⁰.

Devido à extensão das variáveis existentes tornou-se imperativo a simulação de um factor que pudesse revelar o comportamento do edifício ao longo de todo o ano, da forma mais completa possível, com um número reduzido de simulações. Como tal, escolheu-se analisar o consumo energético por metro quadrado, o qual permite comparar o desempenho de edifícios de geometria e dimensões desiguais.

A análise energética, expressa em kWh/m², calcula a quantidade de energia necessária para manter um determinado espaço com temperaturas dentro da banda de conforto de referência considerada⁷¹, admitindo-se a presença de um sistema AVAC nos espaços aquecidos e a ausência de ventilação natural. É, assim, possível avaliar o comportamento térmico do edifício a partir desta simulação: caso o edifício tenha o conforto térmico passivo ideal ao longo de todo o ano, terá um consumo energético para climatização total nulo. Os resultados obtidos são apresentados a partir de valores totais mensais para aquecimento e arrefecimento, sob a forma de tabela e de gráfico de barras, permitindo uma fácil leitura e comparação entre as diversas situações.

O *Ecotect*, embora menos preciso que outros programas de simulação, como o *Energy Plus*, é utilizado devido à sua linha de aprendizagem bastante mais curta e portanto mais adequada ao tempo em que se desenvolve esta dissertação. A menor precisão desta ferramenta faz com que os valores obtidos sejam válidos a nível relativo, e não absoluto.

⁶⁹ Segundo o DL 80/2006 a ocupação dos fogos deve ser definida de acordo com a sua tipologia (n° pessoas = $T_n + 1$, com o mínimo de duas pessoas).

⁷⁰ O decreto-lei 80/2006 indica que os ganhos térmicos internos típicos são de 4 w/m² em edifícios de habitação e de 7 w/m² em edifícios de serviços.

⁷¹ De acordo com o DL 80/2006 a banda de conforto de referência é de 20-25°C, sendo contudo considerada para as análises efectuadas uma maior adaptação por parte dos utilizadores com uma banda de conforto balizada entre os 18 e 26°C.

3.3. CARACTERIZAÇÃO DOS EDIFÍCIOS

3.3.1. Construção Pré-Pombalina, Largo da Achada 2

O edifício do Largo da Achada nº 2 trata-se de uma construção anterior ao terramoto de 1755 e, danificado por este, foi reerguido recorrendo a materiais da própria derrocada. Provavelmente em finais do século XIX foi edificada uma platibanda e reformulada a sua organização interna. Em 2003 o edifício encontrava-se em pré-colapso interior devido à reduzida qualidade dos materiais, improvisação das soluções estruturais e constante falta de manutenção (Figura 3.6), motivo pelo qual foi reabilitado entre 2006 e 2007 (Figura 3.7).



Figura 3.6 - Largo da Achada, 2 antes de ser reabilitado (fonte: EPUL, 2004)



Figura 3.7 - Largo da Achada, 2 depois de ser reabilitado (fonte: autor, 2009)

A Tabela 3.1 descreve sumariamente a localização, a área, o nº de pisos e os dados relativos à exposição solar do edifício:

Tabela 3.1 – Características gerais do edifício Largo da Achada, 2

| | |
|----------------------------|---|
| Localização | Lisboa, latitude 38° e longitude -9° |
| Orientação | 6° relativamente à orientação Norte - Sul |
| Exposição | Duas frentes. A principal, para o Largo da Achada, orientada a Norte e a lateral, para o Beco de S. Francisco, orientado a Poente, denotando que esta rua possui cerca de 2.20m de largura. |
| Área de Implantação | 26.00 m ² |
| Nº de pisos | 4 (um em trapeira devido à sua reduzida altura) |

O edifício era constituído por habitação na sua totalidade e, apesar da sua reduzida área útil de pavimento, existia um fogo por piso.

Construtivamente, as paredes exteriores do Piso 0 eram compostas por alvenaria de pedra rebocada em ambas as faces com 0.60m de espessura, e as dos Pisos superiores eram constituídas por alvenaria de tijolo rebocado em ambas as faces com 0.25m de espessura. As paredes interiores, de frontal e tabique, tinham cerca de 0.20m e 0.12m de espessura respectivamente. O pavimento e cobertura eram constituídos por vigas de madeira e revestidos por tabuado também de madeira, exceptuando a face exterior da cobertura que era protegida por telha cerâmica de canudo. Os vãos envidraçados eram compostos por caixilharia de madeira com vidro simples e portadas interiores, também em madeira.



Figura 3.8 – Paredes de alvenaria de tijolo na caixa-de-escada (fonte: EPUL, 2006)



Figura 3.9 – Paredes de tabique (fonte: EPUL, 2006)

A sua reabilitação foi realizada pela EPUL, em 2007, através do programa Lisboa Cores I, com projecto do atelier Vítor Mestre / Sofia Aleixo, Arquitectos. A tipologia é readaptada às necessidades actuais (concebe-se o edifício como um fogo T1 organizado em triplex), mantendo e reabilitando os seus principais elementos construtivos, de forma a preservar a sua identidade arquitectónica. O enchimento das paredes de frontal passa a ser feito com recurso a tijolo furado e os vãos envidraçados são substituídos por caixilharia de alumínio com corte térmico e vidro duplo. A cobertura, reconstruída, é reforçada termicamente, sendo revestida interiormente por gesso cartonado e exteriormente por telha cerâmica de canudo.



Figura 3.10 – Enchimento das paredes de frontal com tijolo furado (fonte: EPUL, 2007)



Figura 3.11 – Novos vãos envidraçados (fonte: EPUL, 2007)



Figura 3.12 – Reconstrução da cobertura com reforço térmico (fonte: EPUL, 2007)

3.3.2. Construção Pombalina, Rua das Farinhas 1-3

O edifício da Rua das Farinhas 1-3 trata-se de uma construção pombalina, provavelmente construído recorrendo a destroços resultantes do sismo de 1755 e reabilitado entre 1999 e 2000.



Figura 3.13 - Rua das Farinha 1-3 entre 1898 e 1908 (fonte: Arquivo Fotográfico de Lisboa)



Figura 3.14 - Rua das Farinha 1-3 nos dias de hoje (fonte: o autor, 2009)

A Tabela 3.2 descreve sumariamente a localização, a área, o nº de pisos e os dados relativos à exposição solar do edifício:

Tabela 3.2 - Características gerais do edifício Rua das Farinhas 1-3

| | |
|----------------------------|---|
| Localização | Lisboa, latitude 38° e longitude -9° |
| Orientação | - 41° relativamente à orientação Norte - Sul |
| Exposição | Duas frentes. A principal, para a Rua das Farinhas, orientada a Sudeste e a lateral, para o Beco das Farinhas, orientado a Sudoeste, destacando que esta rua possui cerca de 2.60m de largura |
| Área de Implantação | 162.62m ² |
| Nº de pisos | 5 |

Os Pisos 1 a 3 eram inicialmente destinados a habitação, não sendo o último habitável. Supõe-se que o Piso 0 teria a função de estábulo. Mais tarde Piso 0 e 1 são ocupados por lojas, o Piso 2 pela Junta de Freguesia do S. Cristóvão e o Piso 3 por três famílias que partilhavam a cozinha e as instalações sanitárias.

Construtivamente, as suas paredes exteriores eram constituídas por alvenaria de pedra rebocada em ambas as faces com cerca de 0.75m e 0.45m de espessura, tal como as interiores do piso térreo que poderiam ter entre 0.20 e 0.70m de espessura. Nos pisos superiores as paredes interiores eram compostas por paredes em frontal (formando a típica gaiola pombalina) e por paredes de tabique. O pavimento e

cobertura eram constituídos por vigas de madeira e revestidos por tabuado também de madeira, exceptuando a face exterior da cobertura que era protegida por telha cerâmica de canudo. Os vãos envidraçados eram compostos por caixilharia de madeira com vidro simples e portadas interiores, também em madeira.

A sua reabilitação, realizada entre 1999 e 2000 pelo Gabinete Técnico da Mouraria, foi projecto da autoria da Arq. Alberta Midões. A intervenção é feita respeitando a sua estrutura e organização espacial, rentabilizando o edifício e melhorando as soluções de higiene e salubridade (Midões, 2000). Assim, o Piso 0 é reabilitado para uso comercial, o Piso 2 para serviços (mantendo a Junta de Freguesia de S. Cristóvão) e os restantes para uso habitacional, recorrendo a tipologias T1 e T2. O último piso passa a ser habitável, iluminado através de janelas do “tipo Velux” e isolado termicamente.



Figura 3.15 - Paredes com estrutura em gaiola (fonte: Alberta Midões, 1999)



Figura 3.16 - Estrutura e composição do piso da cobertura (fonte: Alberta Midões, 1999)



Figura 3.17 - Estrutura de paredes e pavimentos (fonte: Alberta Midões, 1999)

3.3.3. “Gaioleiro”, Rua da Mouraria 8-16 | Escadinhas da Saúde 10

Mandado construir entre 1906 e 1908, o edifício da Rua da Mouraria 8-16 faz parte dos primeiros edifícios “Gaioleiro” a serem edificados, tendo portanto uma construção ainda de qualidade. Depois de reabilitado entre 2000 e 2001, não voltou ainda a ser habitado.



Figura 3.18 - Rua da Mouraria 8-16, 1948 (fonte: Arquivo Fotográfico de Lisboa)



Figura 3.19 - Rua da Mouraria 8-16 após reabilitação (fonte: Alberta Midões, 2002)



Figura 3.20 - Rua da Mouraria 8-16 nos dias de hoje (fonte: autor, 2009)

Edificado primeiro sobre a muralha e depois sobre uma das torres da cerca fernandina: “O terraço do cubelo mencionado, a que o prédio se encosta, ficava à altura do 4º andar do lado da Rua da Mouraria, mas o proprietário deste, que era também o da torre, mandou construir sobre o eirado um corpo do edifício, nas traseiras do seu prédio, que ficou formando um recanto com o prédio. Este corpo avista-se por cima e por traz dos prédios nºs 18 a 24 da Rua da Mouraria, que pelo fundo se encostam ao cubelo” (Silva, 1987).

A Tabela 3.3 descreve sumariamente a localização, a área, o nº de pisos e os dados relativos à exposição solar do edifício:

Tabela 3.3 - Características gerais do edifício Rua da Mouraria 8-16 / Escadinhas da Saúde 10

| | |
|----------------------------|---|
| Localização | Lisboa, latitude 38° e longitude -9° |
| Orientação | 12° relativamente à orientação Norte - Sul |
| Exposição Solar | Quatro frentes. Duas para a Praça do Martim Moniz (orientadas a Poente), uma para as Escadinhas da Saúde (orientada a Sul) e a última, adjacente à ao edifício da Rua da Mouraria 18-20 (voltada a Norte) |
| Área de Implantação | 200.76 m ² |
| Nº de pisos | 8 |

Construtivamente, todas as paredes exteriores eram constituídas por alvenaria de pedra com cerca de 0.70m de espessura rebocada em ambas as faces, exceptuando as da mansarda, de 0.60m de espessura, que eram revestidas por chapa metálica pelo exterior. As paredes interiores eram compostas por paredes em frontal e tabique, com cerca de 0.20m e 0.12m de espessura respectivamente, e os vãos protegidos e sombreados por caixilharia de madeira com vidro simples e portadas também de madeira pelo interior. A estrutura dos pavimentos e cobertura era constituída por vigas de madeira, e revestidos por tabuado também de madeira, exceptuando a face exterior da cobertura que era protegida por telha cerâmica marselha.

Uma vez que se trata de um edifício de gaveto e com uma forma pouco comum, não se enquadra nos parâmetros espaciais do típico “Gaioleiro” comumente organizado a partir de um corredor e com recurso a sazuões para ventilação natural.

Entre 2000 e 2001 é reabilitado pelo Gabinete Técnico da Mouraria, com projecto da autoria da Arq. Alberta Midões que respeita a sua estrutura, fachada e organização espacial. O seu programa incorpora uma farmácia nos dois primeiros pisos, uma pensão nos dois seguintes e habitação nos quatro restantes, constituídos por apartamentos T0, T1 e T2. No decorrer da obra parte da fachada Sul ruiu, obrigando à alteração da estrutura existente. Preservou-se ainda assim o projecto de reabilitação existente.



Figura 3.21 – Desabamento de parte da fachada Sul (fonte: Alberta Midões, 2002)



Figura 3.22 – Interior do edifício sem pavimentos (fonte: Alberta Midões, 2002)



Figura 3.23 – Reforço de fundações (fonte: Alberta Midões, 2002)

Assim, a estrutura dos pavimentos passou a ser constituída por betão, as paredes de frontal e tabique foram substituídas por panos de tijolo e betão (com 0.13m e 0.25m de espessura respectivamente) e as paredes exteriores foram reforçadas interiormente por injeções de também de betão. As paredes exteriores da mansarda foram ainda isoladas exteriormente com lã de rocha e posteriormente revestidas com chapa asturiana. A cobertura manteve a tradicional estrutura de madeira, sendo também isolada termicamente com poliestireno extrudido.

3.3.4. Construção em Betão, Rua João do Outeiro 6-14

A origem deste edifício reporta-se provavelmente ao séc. XVI, tendo um valor arquitectónico considerável (Marques et. al, 1989). O seu estado irreversível de ruína impossibilitou a sua recuperação, optando-se pela sua demolição e reconstrução em 1990.



Figura 3.24 - Fachada principal do edifício Rua João do Outeiro 6-14 (fonte: o autor, 2009)



Figura 3.25 - Pátio interior do edifício Rua João do Outeiro 6-14 (fonte: Alberta Midões, 1990)

A Tabela 3.4 descreve sumariamente a localização, a área, o nº de pisos e os dados relativos à exposição solar do edifício:

Tabela 3.4 - Características gerais do edifício Rua João do Outeiro 6-14

| | |
|----------------------------|--|
| Localização | Lisboa, latitude 38° e longitude -9° |
| Orientação | 80° relativamente à orientação Norte - Sul |
| Exposição | Quatro frentes. Uma para a Rua João do Outeiro orientada Nascente, uma para as traseiras do edifício voltada a Poente, duas em torno de um pátio, orientadas a Norte e Poente. |
| Área de Implantação | 81.26m ² |
| Nº de pisos | 5 |

Este projecto, autoria da Arq. Alberta Midões, foi concebido respeitando totalmente o desenho das fachadas, e criando um pátio interior para melhorar as suas condições de habitabilidade. O seu programa era constituído por comércio no piso térreo e habitação nos quatro seguintes, com tipologias de um T2 por piso, exceptuado os dois últimos que eram formavam um T3 duplex.

Estruturalmente o edifício é composto por lajes, pilares de betão e paredes interiores de 0.20 e 0.25m também de betão na caixa-de-escadas. O envelope exterior é composto por paredes duplas, simples e

cobertura inclinada com laje de betão protegida com telha cerâmica de canudo. As paredes duplas, com cerca de 0.35m de espessura, são constituídas por betão na sua face exterior, tijolo na sua face interior e isolamento interior através de poliestireno extrudido; e as simples, de 0.20m e 0.25m de espessura, são compostas por betão de 0.20m e 0.25m de espessura. As paredes divisórias interiores são de tijolo furado de 0.10m, 0.15 e 0.20m de espessura. Os vãos são protegidos com caixilharia de madeira e vidro simples e com portadas também de madeira pelo interior.

3.5. ANÁLISE DE RESULTADOS

3.5.1. Avaliação dos casos de estudo

Na primeira fase foi realizada a simulação do consumo energético de cada edifício no seu estado original e reabilitado para definir propostas de melhoramento. Para cada caso foi efectuada a simulação de dois dos seus pisos, o intermédio e o superior, de modo a se analisar o comportamento térmico do edifício num piso tipo e no pior caso possível.

Assim, caso a caso, serão primeiramente apresentados em tabela os resultados obtidos, para existir uma rápida percepção global e comparativa do conjunto, e posteriormente será apresentada sua análise.

Os gráficos são apresentados com diferentes escalas de edifício para edifício devido às diferenças de consumo entre eles. Com uma escala comum a todos não seria perceptível o essencial deste ponto: perceber as diferenças de consumo energético entre as suas diversas fases.

Para que seja perceptível a correspondência entre o consumo energético e as temperaturas existentes, são apresentadas em situações específicas simulações relativas à temperatura média radiante⁷² existente no interior do edifício, considerando a existência de ventilação natural. Estas temperaturas são simuladas nos dias com a temperatura média máxima ou com a temperatura média mínima, ou seja nos dias mais quente e frio do ano-tipo⁷³, nas horas de maior frio e de maior calor respectivamente.

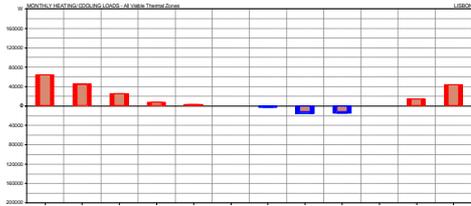
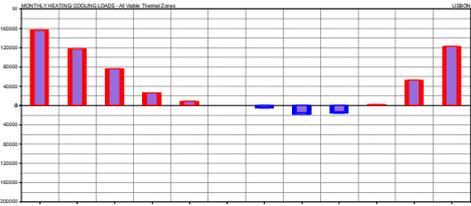
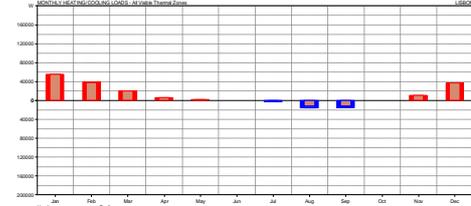
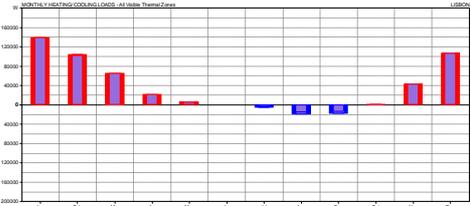
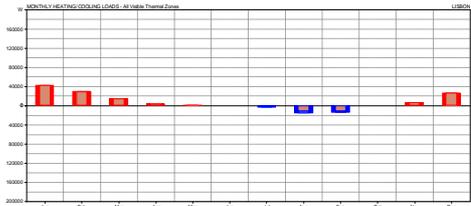
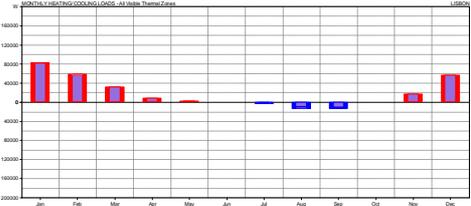
⁷² Temperatura média radiante é a temperatura média das superfícies envolventes. Inclui o efeito de radiação solar incidente e tem um grande impacto na temperatura do ar e no conforto humano (Goulding, 1992)

⁷³ O ficheiro de clima utilizado corresponde a uma média das temperaturas e humidades anuais tendo em consideração medições realizadas nas últimas décadas.

3.5.1.1. Construção Pré-Pombalina, Largo da Achada 2

A Tabela 3.5 apresenta a síntese dos consumos energéticos dos Pisos Térreo e Superior no seu estado original de construção, após reabilitação e com as propostas de melhoria que se indicam.

Tabela 3.5 – Consumos Energéticos dos Pisos Térreo e Superior do Largo da Achada 2, nas diversas etapas de avaliação

| | PISO TÉRREO | PISO SUPERIOR (Piso 2) |
|---|---|--|
| ORIGINAL Ausência de Isolamento; vãos, caixilharia de madeira, vidro simples e portadas interiores |  <p>Total Aquecimento 204.5 kWh, 11.5 kW/m² Total Arrefecimento 36.0 kWh, 2.0 kW/m² Total 240.5 kWh, 13.5 kWh/m²</p> |  <p>Total Aquecimento 562.8 kWh, 31.6 kW/m² Total Arrefecimento 41.3 kWh, 2.3 kW/m² Total 604.1 kWh, 33.9 kWh/m²</p> |
| REABILITADO Cobertura, poliestireno extrudido de 0.06m, vãos, com caixilharia de alumínio com corte térmico e vidros duplos |  <p>Total Aquecimento 170.7 kWh, 9.6 kW/m² Total Arrefecimento 34.7 kWh, 1.9 kW/m² Total 205.4 kWh, 11.5 kWh/m²</p> |  <p>Total Aquecimento 487.5 kWh, 27.4 kW/m² Total Arrefecimento 42.9 kWh, 2.4 kW/m² Total 530.4 kWh, 29.8 kWh/m²</p> |
| PROPOSTA Paredes, poliestireno expandido moldado de 0.06m, aplicado pelo exterior; cobertura, remoção do poliestireno extrudido de 0.06m na cobertura e colocação na laje de esteira, pelo exterior |  <p>Total Aquecimento 125.9 kWh, 7.1 kWh/m² Total Arrefecimento 33.8 kWh, 1.9 kWh/m² Total 159.7 kWh, 9.0 kWh/m²</p> |  <p>Total Aquecimento 259.3 kWh, 14.5 kWh/m² Total Arrefecimento 31.5 kWh, 1.8 kWh/m² Total 290.8 kWh, 16.3 kWh/m²</p> |

NOTA: Escala [-200, 200] kWh

No edifício em questão as simulações efectuadas comparam dois pisos distintos, o térreo e um superior (piso 2), não sendo este último da cobertura. O piso da cobertura não tem um pé direito suficientemente alto para ser habitável, funcionando apenas para arrumos. Sendo esta época construtiva caracterizada pela edificação de paredes exteriores em alvenaria de pedra no piso térreo e em frontal ou tijolo nos restantes, existe assim a possibilidade de comparar (sendo os dois pisos semelhantes) o comportamento térmico de duas soluções distintas.

Estado Original

Caracterizado pela elevada inércia térmica das paredes exteriores e pelo reduzido número de vãos envidraçados (apenas 8.9% em relação à área de pavimento), o Piso 0 tem um consumo energético total baixo, com apenas 13.5 kWh/m² ano. Deste total, apenas 15%, 2.0 kWh/m², resulta de consumo para arrefecimento, justificável também devido à orientação Norte da sua fachada principal e deficiente insolação da fachada Poente. Se por um lado o diminuto número de vãos representa uma série de vantagens a nível térmico por reduzir as perdas de energia no Inverno e a sua entrada no Verão, por outro resulta numa deficiente iluminação natural, agravado pela quase inexistência de luz solar directa, e conseqüente necessidade de iluminação natural. Verifica-se assim o aumento de consumo energético para iluminação, embora reduzido devido à recente existência de lâmpadas de baixo consumo.

Pelo contrário, o Piso 2, com paredes exteriores em alvenaria de tijolo de 0.25m e uma percentagem de envidraçado superior (16.1% em relação à área de pavimento), possui um consumo energético significativo, de 33.9 kWh/m² ano, 151% superior ao do Piso 0. Neste caso, a menor inércia das paredes exteriores e o seu elevado coeficiente de transmissão térmica são factores que induzem a temperaturas abaixo das de conforto. Tal é atenuado no entanto no Verão, devido à já referida inexistência de luz solar directa sobre as paredes e vãos. Observa-se assim um consumo energético para aquecimento de 31.6 kWh/m², 175% superior ao do Piso Térreo, e para arrefecimento um consumo de 2.3 kWh/m², 15% superior ao Piso 0.

Foram também efectuadas simulações de forma a perceber o impacto da aplicação dos tradicionais dispositivos de oclusão (portadas opacas interiores) no comportamento térmico do edifício⁷⁴. Conclui-se então que este é um elemento importante no conforto térmico do edifício, reduzindo em cerca de 10% o total de consumo energético⁷⁵.

⁷⁴ Para tal, é utilizado o coeficiente de transmissão térmica médio dia-noite para o vão envidraçado que inclui a contribuição destes elementos como dispositivos de oclusão nocturna (Santos e Matias, 2006).

⁷⁵ Os consumos energéticos anteriormente referidos são valores que incluem já os dispositivos de oclusão referidos.

Reabilitado

Na reabilitação do edifício a introdução de vidros duplos (caixa-de-ar de 0.006m) e caixilharia de alumínio com corte térmico traduz-se, de facto, em melhorias de 15 e 12% nos consumos energéticos para aquecimento dos Pisos 0 e 2 respectivamente. Devido à envolvente e orientação do edifício (Norte Poente), verifica-se que o efeito da alteração das caixilharias, no período de arrefecimento tem pouca importância. Poderia ter sido aplicada caixilharia de madeira por diversos motivos, entre eles o seu comportamento térmico superior⁷⁶ (devido ao coeficiente de transmissão inferior) e à menor quantidade de energia incorporada, mas tornava-se, por outro lado, significativamente mais dispendioso e necessitava de uma manutenção bastante mais regular. Os consumos energéticos totais registados são então de 11.5 kWh/m² no Piso 0 e 29.8 kWh/m² no Piso 2.

Foi também colocado isolamento térmico, poliestireno extrudido de 0.06m, na cobertura. Acontece, como já referido, que este espaço adjacente à cobertura (entre a cobertura e o Piso 2) é constituído por um compartimento não aquecido e, sendo também um espaço não habitado, haverá troca de calor entre este piso e o seu inferior. Esta solução não é contemplada em Santos e Matias (2006) por não ser considerada termicamente a mais adequada.

Proposta

Deveria ter-se optado pela aplicação de isolamento sobre a laje de esteira, protegida com betonilha. Esta alteração reduz o seu consumo energético anual de 29.8 kWh/m² para 29.0 kWh/m². Desta forma, o comportamento térmico do espaço habitado é melhorado aplicando uma área de isolamento bastante inferior e reduzindo automaticamente o custo do investimento. Verifica-se mesmo assim que, neste caso, a aplicação de isolamento térmico não é vantajoso.

Para diminuir o consumo energético no piso 2 haveria ainda diversas alternativas: poderia aumentar-se a massa da parede exterior de forma a aumentar a inércia térmica deste elemento, existindo no entanto o inconveniente de reduzir a área útil de pavimento, que por si já é extremamente diminuta; poderia ter sido realizada uma parede dupla com isolamento térmico, sendo a parede existente o pano exterior, existindo no entanto o mesmo inconveniente que o caso anterior; poderia existir a tendência de colocar isolamento térmico pelo interior, deixando no entanto de existir massa térmica no interior que acumule calor nos dias quentes, aumentando a temperatura do compartimento e o seu desconforto térmico; ou poderia colocar-se isolamento térmico pelo exterior na totalidade do edifício, existindo no entanto a ameaça de descaracterização do edifício.

Esta última solução é simulada meramente para quantificar seus efeitos, não a querendo definir como proposta a realizar. A sua aplicação é feita com poliestireno expandido moldado de 0.06m e apresenta uma

⁷⁶ O coeficiente térmico de um vão com vidro duplo com caixilharia de madeira e de caixilharia metálica com corte térmico é de 2.9 W/m².°C e 3.3 W/m².°C, respectivamente (Santos e Matias, 2006).

eficácia bastante elevada, reduzindo em 45% o consumo energético total ano no Piso 2 e ainda em 22% no Piso Térreo. Os valores finais são de 9.0 kWh/m² e 16.3 kWh/m² ano, existindo uma redução de 33% e 52% em relação ao estado inicial dos Pisos 0 e 2 respectivamente.

A partir das Figura 3.26, Figura 3.27 e Figura 3.28 existe a percepção da correspondência entre os consumos energéticos e a temperatura radiante média existente, considerando apenas a existência de ventilação natural. Como já foi referido, as simulações foram efectuadas para o pior caso possível da estação de aquecimento, ou seja no dia mais frio do ano e na hora mais fria do dia (14 de Janeiro às 03:00). Observa-se que existem no piso superior, no estado original do edifício, temperaturas no quarto entre os 8°C (junto aos vãos envidraçados) e os 9.5°C. Com a sua reabilitação não existem alterações significativas nas temperaturas radiantes médias observadas. Com a implementação das medidas propostas (incluindo a aplicação de isolamento pelo exterior) a temperatura deste compartimento passa a ser uniforme, com uma temperatura radiante média de 9.5°C. No compartimento destinado às instalações sanitária não se verificam quaisquer alterações.

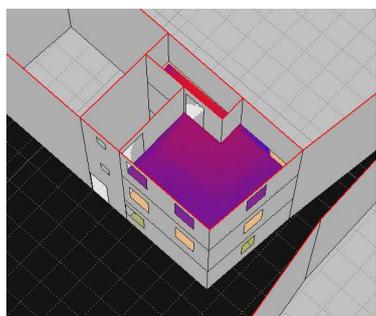


Figura 3.26 – Temperatura do Piso Superior, no dia mais frio do ano (Estado Original); (fonte: autor, 2009)

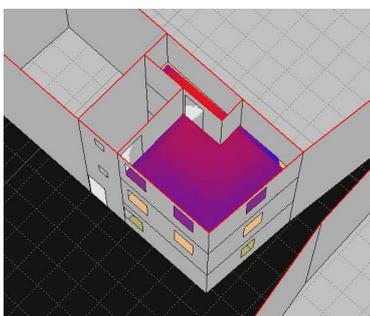


Figura 3.27 – Temperatura do Piso Superior, no dia mais frio do ano (Edifício Reabilitado); (fonte: autor, 2009)

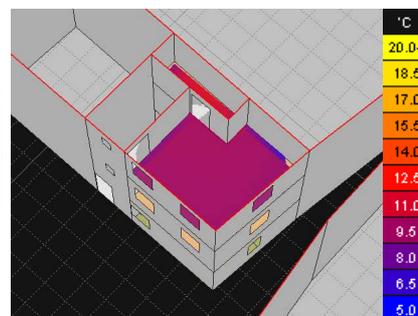
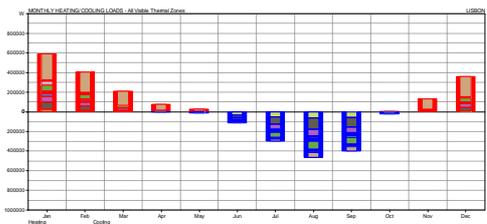
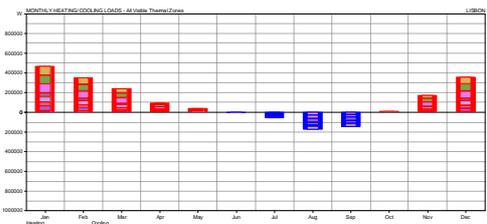
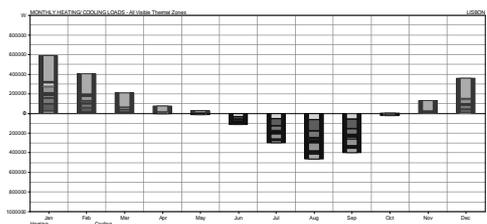
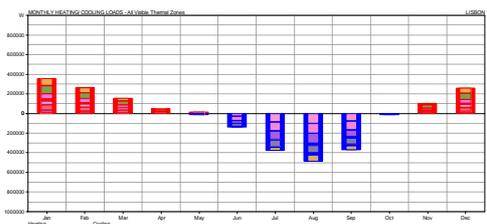
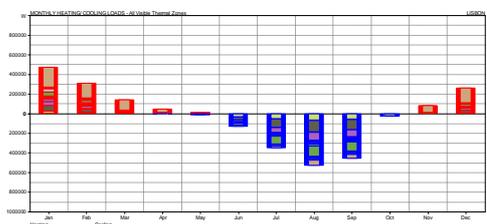
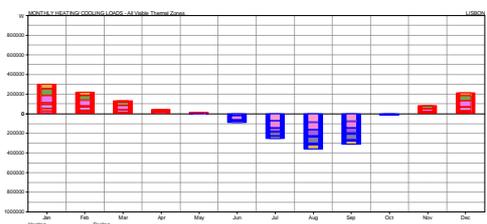


Figura 3.28 – Temperatura do Piso Superior, no dia mais frio do ano (Proposta); (fonte: autor, 2009)

3.5.1.2. Construção Pombalina, Rua das Farinhas 1-3

A Tabela 3.6 apresenta a síntese dos consumos energéticos dos Pisos Intermédio e Superior no seu estado original de construção, após reabilitação e com as propostas de melhoria que se indicam.

Tabela 3.6 - Consumos Energéticos dos Pisos Intermédio e Superior da Rua das Farinhas 1-3, nas diversas etapas de avaliação

| | PISO INTERMÉDIO (Piso 1) | PISO SUPERIOR (Piso 4) |
|--|---|--|
| ORIGINAL Ausência de isolamento; vãos, caixilharia de madeira, vidro simples e portadas interiores |  <p>Total Aquecimento 1 803.7 kWh, 13.9 kWh/m² Total Arrefecimento 1334.2 kWh, 10.3 kWh/m² Total 3137.9 kWh, 24.2 kWh/m²</p> |  <p>Total Aquecimento 1 716.9 kWh, 21.5 kWh/m² Total Arrefecimento 391.2 kWh, 4.9 kWh/m² Total 2108.1 kWh, 26.4 kWh/m²</p> |
| REABILITADO Cobertura, introdução de poliestireno extrudido de 0.03m de espessura pelo interior |  <p>Não se verificam quaisquer alterações neste piso.</p> |  <p>Total Aquecimento 1 208.4 kWh, 15.1 kWh/m² Total Arrefecimento 967.3 kWh, 12.1 kWh/m² Total 2175.7 kWh, 27.2 kWh/m²</p> |
| PROPOSTA Vãos, caixilharia de madeira com vidro duplo |  <p>Total Aquecimento 1 334.5 kWh, 10.3 kWh/m² Total Arrefecimento 1516.8 kWh, 11.7 kWh/m² Total 2851.3 kWh, 22.0 kWh/m²</p> |  <p>Total Aquecimento 1 008.123 kWh, 12.6 kWh/m² Total Arrefecimento 1 057.1 kWh, 13.2 kWh/m² Total 2 065.2 kWh, 25.9 kWh/m²</p> |

NOTA: Escala [-1000, 1000] kWh

Estado Original

Os edifícios construídos na época pombalina são, por norma, tal como os pré-pombalinos, bastante frescos no Verão devido à forte inércia térmica das paredes e elevadas necessidades de aquecimento no Inverno. Verifica-se, no entanto, ao efectuar as simulações do piso intermédio, que não se coadunam com o comportamento geral deste tipo de edifícios. O consumo energético total de 24.2 kWh/m² ano é constituído somente por 57% para aquecimento e o restante para arrefecimento, proporção justificada pela impossibilidade de introdução de ventilação nocturna no Verão no programa de simulação utilizado.

O Piso Superior, cuja envolvente exterior é maioritariamente definida pela cobertura, tanto superior como lateralmente, tem um comportamento térmico distinto, com um consumo energético 10% superior (26.4 kWh/m²), das quais 81% para aquecimento. Neste caso, verifica-se a existência de grandes perdas de energia pela cobertura tanto no Inverno como no Verão, motivo também pelo qual o consumo para arrefecimento é metade do piso intermédio. Embora aqui exista uma fácil transferência de calor durante um dia de Verão devido à fraca resistência térmica, existe também uma fácil dissipação de calor durante o período nocturno, essencial para o arrefecimento do piso.

Reabilitação

Com a aplicação de isolamento térmico (poliestireno extrudido de 0.03m de espessura) na cobertura a dissipação de calor é dificultada, provocando a sua concentração no interior nos compartimentos, com um aumento de 147% no consumo energético para arrefecimento. Embora exista a entrada de menor quantidade de calor para o interior das habitações, existe a acumulação de energia proveniente dos ganhos internos (pessoas, equipamentos, iluminação). Este fenómeno regista-se devido sobretudo à não contabilização de ventilação nocturna, essencial no período de arrefecimento, por parte do software utilizado.

Proposta

Propõe-se a substituição dos vãos envidraçados por caixilharia de madeira com vidro duplo (caixa-de-ar de 0.006m), obtendo melhorias de 9 e 5% nos Pisos Intermédio e Superior, totalizando um consumo energético final de 22.0 kWh/m² no Piso Intermédio e 23.7 kWh/m² no Piso Superior.

Com a simulação da temperatura média radiante registam-se, no Estado Original, temperaturas entre os 8°C e os 10°C no dia mais frio do ano. Com a sua reabilitação e introdução de isolamento térmico verifica-se um aumento de temperatura significativo, de cerca de 2.5°C, nos compartimentos em que o seu envelope exterior é totalmente definido pela cobertura. Constata-se que com a introdução de vidro duplo, embora exista redução no consumo energético, não existe um aumento visível da temperatura.

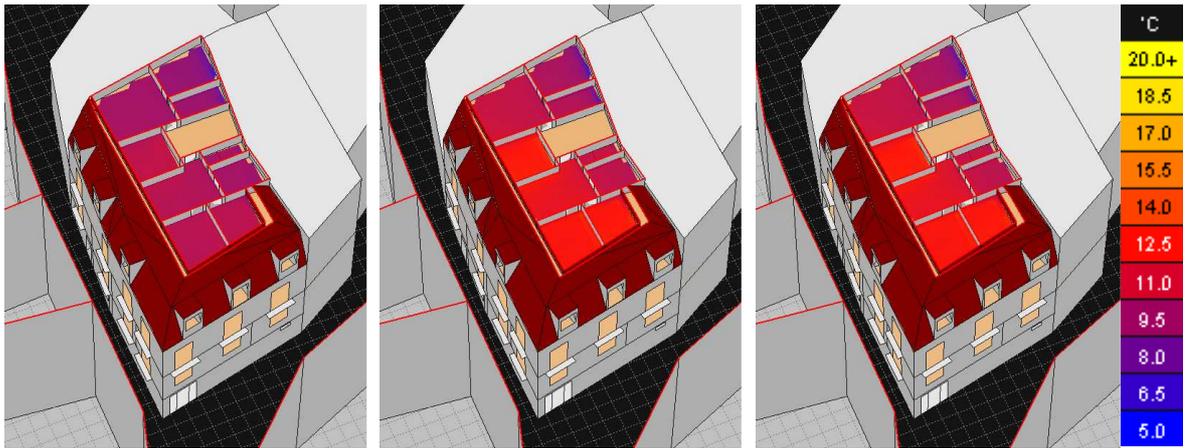


Figura 3.29 - Temperatura do Piso Superior, no dia mais frio do ano (Estado Original); (fonte: autor, 2009)

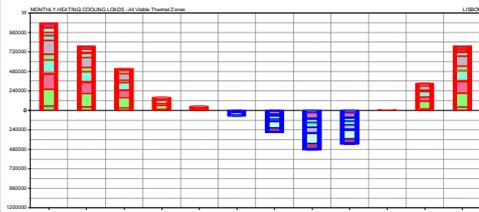
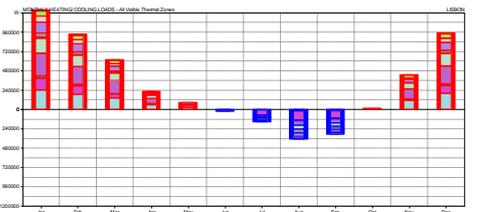
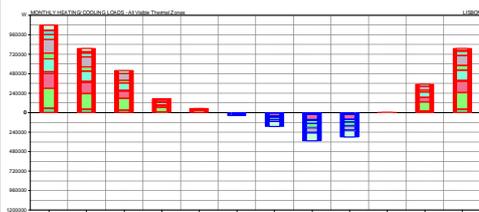
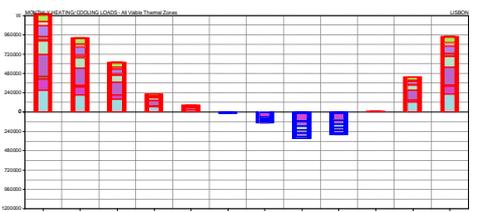
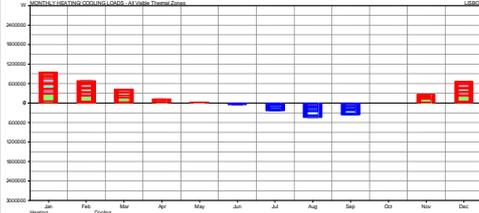
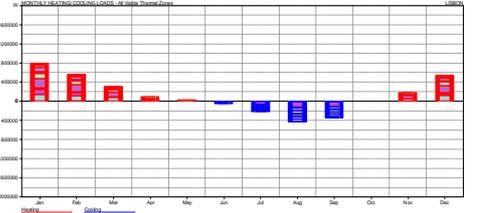
Figura 3.30 - Temperatura do Piso Superior, no dia mais frio do ano (Edifício Reabilitado); (fonte: autor, 2009)

Figura 3.31 - Temperatura do Piso Superior, no dia mais frio do ano (Proposta); (fonte: autor, 2009)

3.5.1.3 “Gaioleiro”, Rua da Mouraria 8-16 | Escadilhas da Saúde 10

A Tabela 3.7 apresenta a síntese dos consumos energéticos dos Pisos Intermédio e Superior no seu estado original de construção, após reabilitação e com as propostas de melhoria que se indicam.

Tabela 3.7 - Consumos Energéticos dos Pisos Intermédio e Superior da Rua da Mouraria 8-16 | Escadilhas da Saúde 10, nas diversas etapas de avaliação

| | PISO INTERMÉDIO (Piso 4) | PISO SUPERIOR (Piso 7) |
|---|--|---|
| ORIGINAL Ausência de Isolamento; vãos, caixilharia de madeira, vidro simples e portadas interiores |  <p>Total Aquecimento 3 721.2 kWh, 23.7 kWh/m² Total Arrefecimento 1266.9 kWh, 8.1 kWh/m² Total 4988.1 kWh, 31.8 kWh/m²</p> |  <p>Total Aquecimento 4 499.2 kWh, 28.7 kWh/m² Total Arrefecimento 878.7 kWh, 5.6 kWh/m² Total 5377.9 kWh, 34.3 kWh/m²</p> |
| REABILITADO Paredes exteriores, injeções de betão; pavimentos betão; paredes mansarda, isolamento pelo exterior; cobertura, poliestireno extrudido, 0.03m |  <p>Total Aquecimento 3 873.7 kWh, 25.1 kWh/m² Total Arrefecimento 869.6 kWh, 6.6 kWh/m² Total 4743.3 kWh, 31.7 kWh/m²</p> |  <p>Total Aquecimento 4 465.3 kWh, 28.5 kWh/m² Total Arrefecimento 781.7 kWh, 5.0 kWh/m² Total 5247.0 kWh, 33.5 kWh/m²</p> |
| PROPOSTA Vãos, caixilharia de madeira com vidro duplo; isolamento nas paredes entre espaços aquecidos e não aquecidos |  <p>Total Aquecimento 2 688.4 kWh, 16.9 kWh/m² Total Arrefecimento 1 124.6 kWh, 7.1 kWh/m² Total 3 813.0 kWh, 24.0 kWh/m²</p> |  <p>Total Aquecimento 2 513.2 kWh, 15.8 kWh/m² Total Arrefecimento 1 082.0 kWh, 6.8 kWh/m² Total 3 595.2 kWh, 22.6 kWh/m²</p> |

NOTA: Escala [-1200, 1200] kWh

Estado Original

No seu estado inicial, o comportamento térmico geral do edifício leva a que, mesmo com orientação predominante Sul e Poente, existam necessidades de aquecimento bastante superiores às de arrefecimento, que representam apenas uma percentagem compreendida entre um quarto e um quinto do consumo energético total anual.

Observa-se que a elevada área de envidraçado, comum nos edifícios “Gaioleiro”, é um dos factores que contribuem para o elevado consumo energético do edifício. Neste caso, as áreas de envidraçado representam 16.8 e 20.4% da área útil do pavimento dos Pisos 4 e 7 (percentagem superior ao valor de referência do DL 80/2006), o que implica que qualquer modificação em torno dos vãos envidraçados (como a existência de portadas) represente uma alteração significativa no comportamento térmico do edifício.

Assim, durante o período de aquecimento, o último piso tem um consumo energético 21% superior ao do Piso Intermédio, com 28.7 kWh/m² ano, devido não só a perdas de calor pela cobertura, mas também à maior percentagem de envidraçado existente. No Verão, mesmo com uma maior área de envidraçado, o consumo energético do piso superior é, tal como no caso de estudo anterior, significativamente inferior ao do piso intermédio devido à dissipação de calor durante o período nocturno. Este consumo de 5.6 kWh/m², é 31% inferior ao do Piso Intermédio, de 8.1 kWh/m², e leva ao consumo anual de 31.8 kWh/m² neste piso e de 34.3 kWh/m² no superior.

Reabilitação

Com a reabilitação do edifício, são substituídos alguns dos seus elementos e introduzidos diversos outros que, embora aplicados em conjunto, foram analisados separadamente de forma a se poder perceber a implicação de cada medida no comportamento geral do edifício.

Devido à queda de parte de uma das fachadas, os tradicionais pavimentos de madeira foram substituídas por lajes de betão de 0.20m de espessura, levando a uma diminuição no consumo energético para arrefecimento: o aumento da massa térmica potencia a absorção de calor existente no interior, reduzindo a sua temperatura e aumentando os seus níveis de conforto. Esta diferença é mais visível no Piso Intermédio, com redução de 4% no seu consumo, provavelmente devido à existência de duas lajes adjacentes, a inferior e a superior. A diferença entre coeficientes de transmissão térmica dos elementos não tem qualquer implicação nos resultados uma vez que, localizando-se entre espaços aquecidos e com os mesmos ganhos internos não existirão trocas de calor.

A substituição de paredes de frontal e tabique por paredes de betão e tijolo tem também algumas implicações. As zonas não aquecidas, caixa-de-escada, elevadores e patamar de entrada, passam a ser maioritariamente constituídos por paredes de betão, que sendo um bom condutor, tem um coeficiente de transmissão térmica bastante superior às paredes anteriormente existentes, levando ao aumento de

consumo energético dos compartimentos adjacentes. Assim, observa-se o aumento de 5% dos consumos energéticos em ambos os pisos, quando comparados com os valores dos consumos registados com a introdução de laje de betão. No total, com a introdução de diferentes tipos de paredes e pavimentos, regista-se o consumo de 31.7 kWh/m² ano no Piso 4, valor praticamente igual ao valor de consumo inicial, e de 35.5 kWh/m² no Piso 7, 4% superior consumo do edifício no seu estado original.

Localizando-se o edifício na zona baixa da encosta, e existindo o perigo de, em caso de sismo, os edifícios adjacentes se abaterem sobre este, houve um reforço estrutural durante a sua reabilitação. Entre as diversas medidas tomadas inclui-se um reforço de todas as paredes exteriores através da aplicação de injeções de betão pelo interior. Esta medida, embora tenha levado à redução do coeficiente de transmissão térmica, não representou alterações no comportamento térmico do edifício.

Foram também aplicados isolamentos. A introdução de lã de rocha de 0.03m na superfície exterior da parede da mansarda e a aplicação de poliestireno extrudido de 0.03m na cobertura tradicional então reconstruída levou à diminuição de 6% do consumo energético total do último Piso, relativamente aos valores anteriormente referidos. O consumo total do Piso Superior após a sua reabilitação é de 33.5 kWh/m² ano.

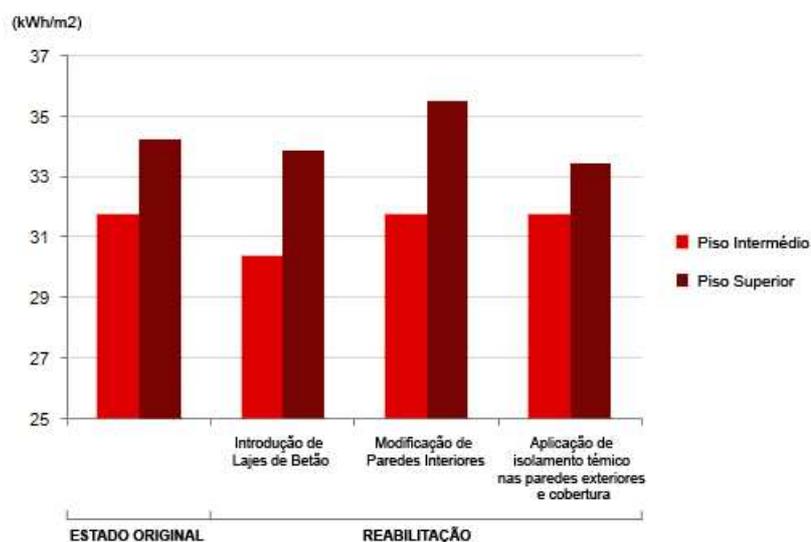


Figura 3.32 – Consumos Energéticos dos Pisos Intermédio e Superior no seu estado original de construção e com a implementação das diferentes soluções construtivas na sua reabilitação (fonte: autor, 2009)

Proposta

Perante os dados analisados a proposta direcciona-se para a introdução de vidros duplos (caixa-de-ar de 0.006m) com caixilharia de madeira (por se encontrar numa zona histórica) e a aplicação de isolamento térmico (poliestireno extrudido de 0.03m de espessura) nas paredes de separação entre os espaços aquecidos e não aquecidos. A primeira medida implementada traz, tal como esperado, alterações significativas no consumo energético dos pisos simulados, e alterações distintas, consoante a sua área de envidraçado. No Piso Intermédio observa-se a redução de 15%, com um consumo de 27.0 kWh/m² ano, e

no piso superior uma redução consideravelmente maior, de 21%, com um consumo de 26.4 kWh/m². A introdução de isolamento tem, igualmente, reduções importantes, com a diminuição de 11 e 14% nos consumos energéticos totais dos Pisos 4 e 7 respectivamente, valores obtidos em relação aos anteriormente referidos. Comparando os valores iniciais com os finais propostos regista-se uma redução de 25 e 34% nos Pisos 4 e 7, com valores finais observados de 24.0 kWh/m² e 22.6 kWh/m² ano.

Simulando a temperatura radiante média no Piso Superior verifica-se que os elevados consumos energéticos existentes no estado original correspondem a temperaturas entre os 8°C e os 12.5°C no dia mais frio do ano (Figura 3.33). As temperaturas mais elevadas, e portanto os consumos mais reduzidos, encontram-se nos compartimentos com menor área em contacto com o exterior. O inverso também se verifica, tendo também importância a orientação do compartimento exposto. Com a reabilitação do edifício e a aplicação de isolamento pelo exterior nas paredes expostas regista-se uma subida de cerca de 1.5°C nos compartimentos do corpo lateral do edifício (Figura 3.34). As medidas propostas revelam uma leve melhoria geral, registando os compartimentos voltados a poente do corpo principal uma melhoria mais acentuada, com o aumento de 1.5°C de temperatura radiante média (Figura 3.35). Estas diferenças de temperatura, embora não muito elevadas, traduzem-se, tal como registado, numa acentuada diminuição do consumo energético.

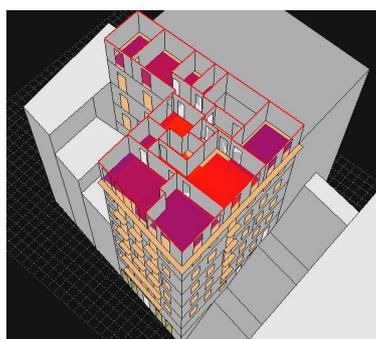


Figura 3.33 - Temperatura do Piso Superior, no dia mais frio do ano (Estado Original); (fonte: autor, 2009)

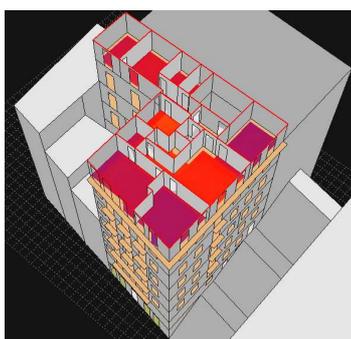


Figura 3.34 - Temperatura do Piso Superior, no dia mais frio do ano (Edifício Reabilitado); (fonte: autor, 2009)

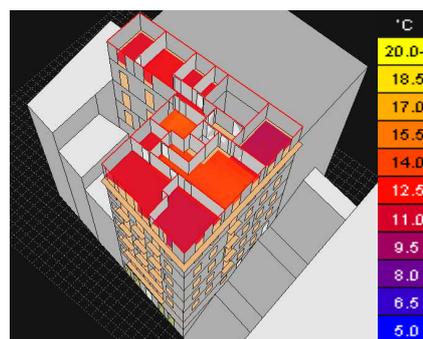


Figura 3.35 - Temperatura do Piso Superior no dia mais frio do ano (Proposta); (fonte: autor, 2009)

3.5.1.4. Construção em Betão, Rua João do Outeiro 6-14

A Tabela 3.8 apresenta a síntese dos consumos energéticos dos Pisos Intermédio e Superior no seu estado original de construção, após reabilitação e com as propostas de melhoria que se indicam.

Tabela 3.8 - Consumos Energéticos dos Pisos Intermédio e Superior da Rua João do Outeiro 6-14, nas diversas etapas de avaliação

| | PISO INTERMÉDIO (Piso 1) | PISO SUPERIOR (Piso 3) |
|---|--|---|
| ORIGINAL Paredes exteriores de duplas e simples de betão; vãos, caixilharia de madeira, vidro simples e portadas interiores; cobertura, isolamento térmico exterior | <p>Total Aquecimento 1 660.8 kWh, 24.0 kWh/m² Total Arrefecimento 459.1 kWh, 6.6 kWh/m² Total 2 119.9 kWh, 30.6 kWh/m²</p> | <p>Total Aquecimento 3 300.9 kWh, 47.7 kWh/m² Total Arrefecimento 382.7 kWh, 5.5 kWh/m² Total 3683.6 kWh, 53.3 kWh/m²</p> |
| REABILITADO | Este edifício não foi reabilitado | |
| PROPOSTA vidro duplo com caixilharia de madeira, paredes exteriores simples de betão, isolamento exterior | <p>Total Aquecimento 610.0 kWh, 8.8 kWh/m² Total Arrefecimento 943.9 kWh, 13.7 kWh/m² Total 1553.9 kWh, 22.5 kWh/m²</p> | <p>Total Aquecimento 894.7 kWh, 12.9 kWh/m² Total Arrefecimento 573.9 kWh, 8.3 kWh/m² Total 1468.6 kWh, 21.2 kWh/m²</p> |

NOTA: Escala [-1000, 1000] kWh

Tal como referido anteriormente, o presente caso de estudo, edificado no início da reabilitação urbana da Mouraria, é constituído por um tipo de estrutura e materiais claramente diferentes dos três casos de estudo anteriores, sendo um dos primeiros edifícios de betão a existir neste bairro histórico.

Não é pois, um edifício “típico” de betão, com grandes áreas de envidraçados, devido à manutenção do desenho da fachada do edifício anteriormente edificado no local. Estes factores irão necessariamente influenciar o seu comportamento térmico, motivo pelo qual não se deve fazer uma extrapolação dos valores obtidos para edifícios em betão existentes em outros locais de Lisboa. Poderá sim ser utilizado para extrapolação de edifícios com este tipo de características, nesta e possivelmente em outras zonas históricas, uma vez que se pressupõe que todos eles tiveram também esta preocupação de integração na sua envolvente.

Estado Original

As simulações registam valores de consumos energéticos iniciais elevados com necessidades de arrefecimento bastante inferiores às de aquecimento. No piso intermédio, o Piso 1, tem um consumo total de 30.6 kWh/m², sendo 22% destinado a arrefecimento. O Piso Superior tem um consumo 74% superior, com 53.3 kWh/m² ano. Estes consumos justificam-se devido a diversos factores: inexistência de isolamento nas paredes do pátio interior, nas paredes separadoras dos espaços aquecidos e não aquecidos e, no Piso Superior, a grande diferença de consumos existe devido também à inexistência de isolamento térmico nas empenas do edifício.

Estas conclusões são possíveis de retirar a partir da análise da proporção dos consumos energéticos de cada compartimento. A divisão com maior consumo energético em ambos os Pisos é o quarto que tem simultaneamente a maior percentagem de envidraçado em relação à área de pavimento (estando voltado a nascente e poente), adjacência a um espaço não aquecido e uma das paredes exteriores sem isolamento. No piso superior, onde o consumo é bastante superior, verifica-se ainda que uma das paredes deste quarto é uma empena voltada a Norte sem isolamento. No mesmo Piso, a sala orientada também a Norte não possui isolamento térmico em nenhuma das suas paredes exteriores: nem na parede voltada a Norte, nem na empena orientada a Sul. Regista-se ainda que todos os compartimentos adjacentes à empena Sul têm um consumo por metro quadrado bastante elevado.

Proposta

A proposta é efectuada com base nestes problemas, isolando as referidas paredes e aplicando também vidro duplo com caixilharia de madeira (caixa-de-ar de 0.006m). Relativamente à introdução de isolamento, é proposta a aplicação de poliestireno expandido moldado de 0.06m de espessura, pelo exterior, nas paredes de empena e do pátio interior, e poliestireno extrudido de 0.03m de espessura (por questões de espaço) aplicada na zona da caixa de escadas. Ao isolar as paredes pelo exterior do fogo aproveita-se a

totalmente a inércia térmica das paredes. Observa-se assim uma redução de 26% no consumo energético no Piso 1, com totais anuais de 22.5 kWh/m², e de 60% no Piso Superior, com 21.2 kWh/m² ano.

As simulações efectuadas com a introdução de vidro duplo não permitem tirar resultados conclusivos.

Através da simulação da temperatura média radiante é também possível constatar uma acentuada melhoria com a introdução das soluções propostas. Regista-se pois uma melhoria geral de 3°C em relação às temperaturas radiantes térmicas existentes quando o edifício estava no seu estado original: entre os 8°C e os 9°C.

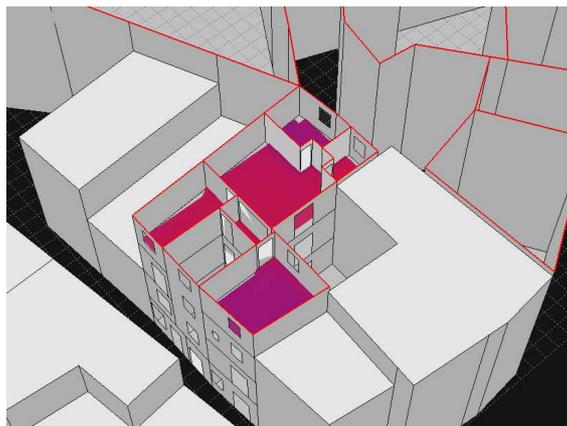


Figura 3.36 - Temperatura do Piso Superior, no dia mais frio do ano (Estado Original); (fonte: autor, 2009)

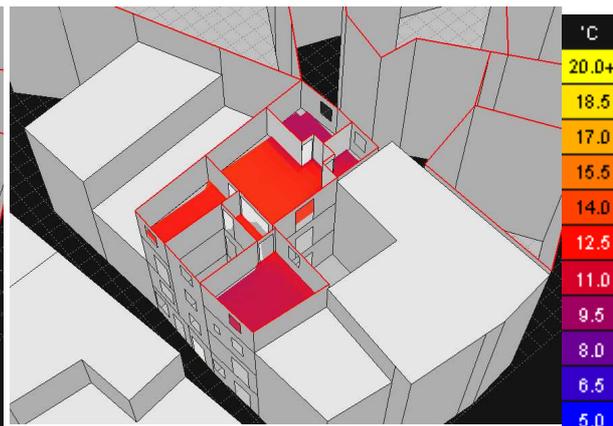


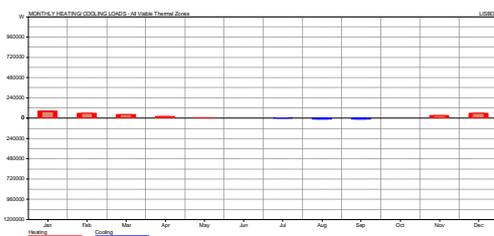
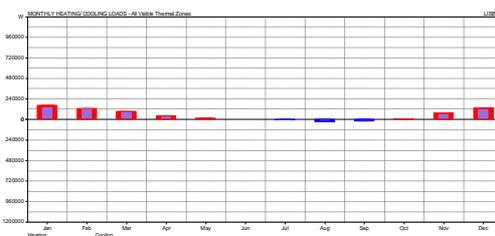
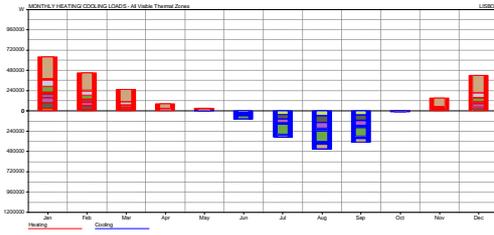
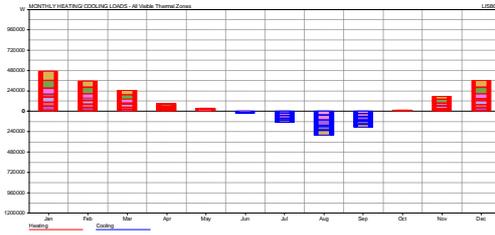
Figura 3.37 - Temperatura do Piso Superior, no dia mais frio do ano (Proposta); (fonte: autor, 2009)

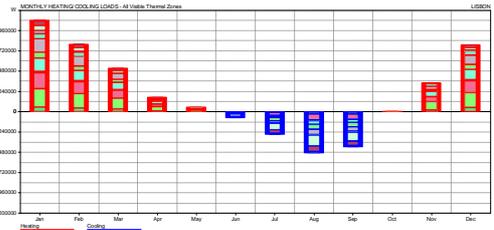
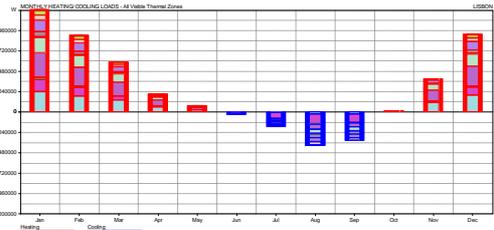
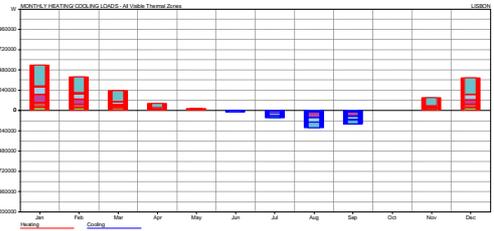
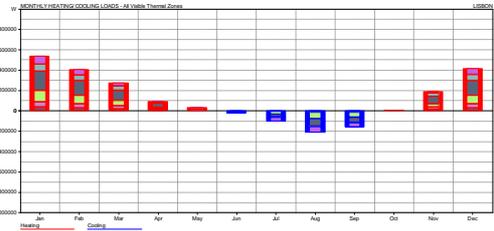
3.5.2. Análise Comparativa

Para a comparação dos diversos tipos de edifício foi necessário caracterizá-los com a mesma orientação solar e envolvente. Relativamente à orientação solar, optou-se por ser Poente, a predominante na Mouraria (anexo D). A envolvente foi retirada por completo. Ainda assim, para que não existisse qualquer tipo de interferência das paredes de empena no comportamento térmico do edifício, e visto que têm geralmente um comportamento térmico inferior às restantes paredes exteriores, foi-lhes aplicado isolamento térmico em poliestireno expandido de 0.10m, pelo exterior.

Para cada caso foi efectuada, tal como anteriormente, a simulação de dois dos seus pisos, o intermédio e o superior. Assim, serão primeiramente apresentados na Tabela 3.9 os resultados obtidos, para existir uma rápida percepção comparativa do conjunto, e posteriormente será apresentada sua análise.

Tabela 3.9 - Consumos Energéticos dos Pisos Intermédio e Superior dos quatro edifícios analisados, nos seus estados originais

| | Piso Intermédio | Piso Superior |
|--|--|---|
| Largo da Achada, 2 CONSTRUÇÃO PRÉ-POMBALINA |  <p>Total Aquecimento 298.4 kWh, 16.7 kWh/m⁰ Total Arrefecimento 37.0 kWh, 2.1 kWh/m² Total 335.4 kWh, 18.8 kWh/m²</p> <p>Area Exposta: 208.5% área de pavimento Envidraçados a Sul: 3.6% área de pavimento Área de envidraçados: 8.9% área de pavimento</p> |  <p>Total Aquecimento 657.8 kWh, 36.9 kWh/m² Total Arrefecimento 55.1 kWh, 3.1 kWh/m² Total 712.8 kWh, 40.0 kWh/m²</p> <p>Area Exposta: 216.7% área de pavimento Envidraçados a Sul: 5.3% área de pavimento Área de envidraçados: 16.1% área de pavimento</p> |
| |  <p>Total Aquecimento 2 049.0 kWh, 14.4 kWh/m² Total Arrefecimento 1 244.7 kWh, 8.7 kWh/m² Total 3 293.7 kWh, 23.1 kWh/m²</p> <p>Area Exposta: 76.5% área de pavimento Envidraçados a Sul: 6.3% área de pavimento Área de envidraçados: 15.6% área de pavimento</p> |  <p>Total Aquecimento 1 756.1 kWh, 22.0 kWh/m² Total Arrefecimento 643.9 kWh, 8.1 kWh/m² Total 2 400.0 kWh, 30.1 kWh/m²</p> <p>Area Exposta: 203.0% área de pavimento Envidraçados a Sul: 0.6% área de pavimento Área de envidraçados: 9.2% área de pavimento</p> |

| | | |
|--|--|--|
| <p>Rua da Mouraria, 8-16 "GAIOLEIRO"</p> |  <p>Total Aquecimento 3 741.2 kWh, 23.8 kWh/m² Total Arrefecimento 1 263.0 kWh, 8.0 kWh/m² Total 5 004.1 kWh, 31.8 kWh/m²</p> <p>Area Exposta: 84.2% área de pavimento Envidraçados a Sul: 6.3% área de pavimento Área de envidraçados: 16.8% área de pavimento</p> |  <p>Total Aquecimento 4 320.5 kWh, 27.5 kWh/m² Total Arrefecimento 940.9 kWh, 6.0 kWh/m² Total 5 261.4 kWh, 33.5 kWh/m²</p> <p>Area Exposta: 127.4% área de pavimento Envidraçados a Sul: 9.0% área de pavimento Área de envidraçados: 20.4% área de pavimento</p> |
| <p>Rua João do Outeiro CONSTRUÇÃO EM BETÃO</p> |  <p>Total Aquecimento 1 806.9 kWh, 26.1 kWh/m² Total Arrefecimento 489.6 kWh, 7.1 kWh/m² Total 2 296.4 kWh, 33.2 kWh/m²</p> <p>Area Exposta: 150.9% área de pavimento Envidraçados a Sul: 6.3% área de pavimento Área de envidraçados: 13.6% área de pavimento</p> |  <p>Total Aquecimento 1 947.4 kWh, 28.2 kWh/m² Total Arrefecimento 500.9 kWh, 7.2 kWh/m² Total 2 448.3 kWh, 35.4 kWh/m²</p> <p>Area Exposta: 199.0% área de pavimento Envidraçados a Sul: 6.3% área de pavimento Área de envidraçados: 10.2% área de pavimento</p> |

NOTA: Escala [-1200, 1200] kWh

Analisando individualmente cada piso, observa-se que o piso térreo do edifício pré-pombalino é aquele que tem melhor comportamento térmico, com um consumo energético de 18.8 kWh/m² ano. É, tal como referido, um piso com paredes exteriores de alvenaria de pedra com 0.60m de espessura, de inércia térmica forte, e com uma percentagem de envidraçado de apenas 8.9% da área de pavimento. Portanto com poucas perdas de calor no Inverno e entrada de radiação directa e indirecta no Verão. Estas características existem, no entanto, apenas neste piso. Os restantes são constituídos por paredes de tijolo maciço de 0.25m de espessura e maior percentagem de envidraçados, à semelhança do piso superior em análise, e terão, portanto, um consumo energético semelhante: 40.0 kWh/m² ⁷⁷.

Pode-se pois concluir que o edifício com melhor comportamento térmico é o Pombalino, com a maioria dos seus pisos com comportamento térmico semelhante ao do seu Piso Intermédio (que tem um consumo

⁷⁷ É possível perceber, através da anterior análise do edifício, que os factores referidos são os principais responsáveis pelo consumo existente, embora haja perdas também pela cobertura. Assim, o piso 1 deste edifício terá com consumo semelhante ao piso superior.

energético de 23.132 kWh/m²). Este consumo, 23% superior ao do piso térreo do pré-pombalino, reflecte não só maiores necessidades de aquecimento, como também de arrefecimento. Observa-se a constante relação proporcional entre a área e orientação do envidraçado e necessidades de consumo energético. Neste caso, o piso intermédio pombalino é constituído por paredes em alvenaria de pedra com 0.75m de espessura, revelando uma inércia térmica mais forte, e tem uma área exposta bastante inferior (78% da área do pavimento, contra 208.5% da área do pavimento no pré-pombalino). Tem, no entanto, uma área de envidraçado e exposição a Sul e Poente superior, motivo pelo qual tem um maior consumo energético.

Com o edifício da Rua da Mouraria 8-16, “Gaioleiro”, a situação é semelhante. Este tipo construtivo caracteriza-se pela quantidade de vãos envidraçados: encontrávamo-nos, afinal, no início do século XX, onde se procurava a luz, o arejamento e a higiene. Existem, por conseguinte, maiores necessidades energéticas, com um consumo de 31.8 kWh/m² no Piso 4 (o intermédio) e de 33.5 kWh/m² no Piso 7 (o superior). Tendo sido o edifício construído no início da edificação dos denominados “Gaioleiro” este tem, todavia, um sistema construtivo forte, com paredes de frontal no seu interior e paredes exteriores espessas, de 0.70 e 0.60m. Pressupõe-se que os Gaioleiro construídos posteriormente tenham um comportamento térmico inferior, nomeadamente nos seus pisos superiores onde as paredes exteriores poderiam ter uma espessura de 0.40m ou mesmo de 0.30m.

Superiormente, comparando os edifícios Pombalinos e “Gaioleiro”, observa-se que o primeiro, mesmo com uma envolvente exterior totalmente definida pela cobertura e portanto com uma inércia térmica bastante fraca, tem um consumo energético inferior ao da mansarda, típica do edifício “Gaioleiro”. No edifício da Rua da Mouraria 8-16 as paredes são de alvenaria de pedra de 0.60m de espessura mas, existindo uma percentagem de envidraçado por área de pavimento de 20.4% (sendo 9% orientada a Sul), verifica-se um consumo energético, como já referido, bastante elevado. Por outro lado o piso superior do edifício da Rua das Farinhas 1-3 (pombalino) apesar da sua envolvente exterior e da sua área exposta (203% da área de pavimento no referido caso e 127% no “Gaioleiro”) tem uma área envidraçada bastante reduzida com apenas 9.2% da área de pavimento, possível razão para o consumo energético ano de 30.1 kWh/m².

O edifício em Betão, apesar da sua reduzida percentagem de envidraçados, tem um consumo energético superior (33.2 kWh/m² no piso intermédio e 35.4 kWh/m² no piso superior), revelando a existência de grande transmissão térmica de uma ou mais paredes exteriores. Tal como verificando anteriormente, o problema relaciona-se com a inexistência de isolamento térmico nas paredes de 0.25m de betão. Estes problemas, infelizmente frequentes antes da existência de regulamentação térmica⁷⁸ aplicada a partir de 1990 com a aprovação do DL 40/90, devem ser automaticamente corrigidos nas reabilitações deste tipo de edifícios.

⁷⁸ Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE)

3.5.3. Sumário de Resultados

A terceira fase deste capítulo foi realizada recorrendo a dois processos distintos: a contabilização do número de edifícios de cada época construtiva e a respectiva área, especificando aquela que é relativa aos pisos “tipo” e à cobertura; e a simulação, para cada edifício dos consumos energéticos no estado original e com as propostas anteriormente apresentadas⁷⁹.

A contabilização foi efectuada através do cruzamento de três mapas do Plano de Urbanização do Núcleo Histórico da Mouraria, onde se efectuam os levantamentos da época construtiva, estado de conservação e número de pisos de cada edifício. Relativamente ao estado de conservação, foram contabilizados os edifícios que se encontravam nos estados “mau” e “razoável”, uma vez que este levantamento data de 1996. A partir desta informação conseguiu-se precisar a área referente a cada tipo construtivo que necessita de ser reabilitada (Figura 3.38).

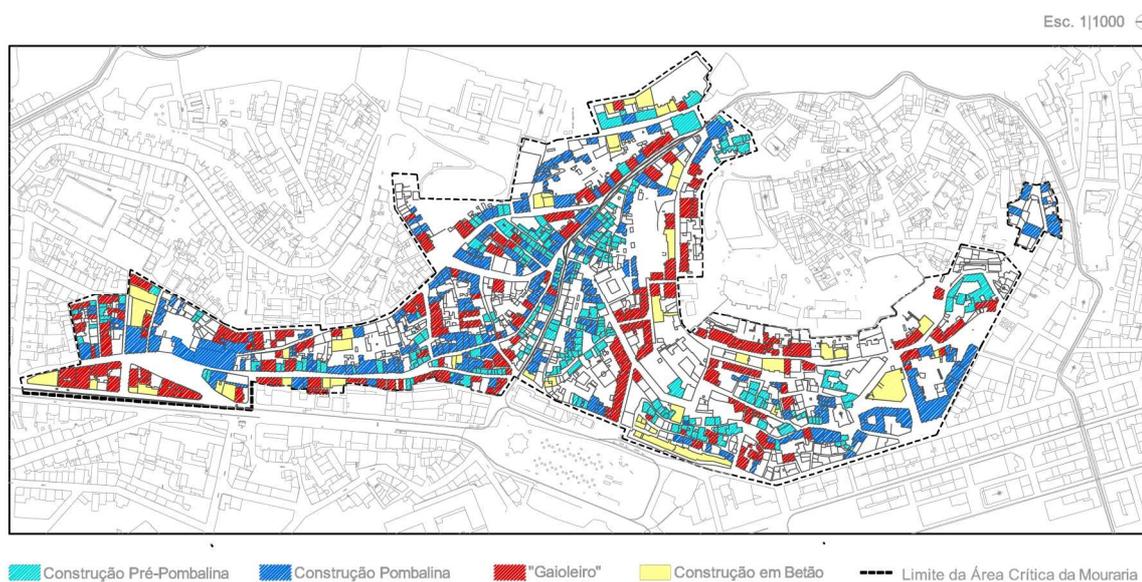


Figura 3.38 - Tipologias construtivas dos edifícios com necessidades de reabilitação na Zona Crítica da Mouraria (fonte: autor, 2009)

Nas simulações efectuadas foram consideradas as envolventes existentes relativas a cada edifício, mantendo a orientação Poente anteriormente justificada, para que os valores estimados sejam os mais realistas possível. A partir das áreas calculadas e dos valores simulados foi possível obter um valor aproximado da diferença de consumo entre os dois estados analisados.

⁷⁹ A simulação da proposta para o Largo da Achada, 2 não inclui a aplicação de isolamento térmico pelo exterior.

Tabela 3.10 – Sumário dos consumos energéticos de climatização dos edifícios degradados da Zona Crítica da Mouraria

| | Consumo energético original (MWh) | Consumo energético com medidas propostas (MWh) | Redução (%) |
|---------------------------------|--|---|--------------------|
| Construção Pré-Pombalina | 2.6 a 3.3 | 2.3 a 2.9 | 12.0 a 11.9 |
| Construção Pombalina | 3.2 a 4.0 | 3.0 a 3.7 | 7.3 a 7.7 |
| “Gaioleiro” | 3.8 a 4.8 | 2.8 a 3.5 | 26.7 a 26.3 |
| Construção em Betão | 0.4 a 0.5 | 0.2 a 2.7 | 45.1 a 41.5 |
| Total | 10.0 a 12.6 | 8.3 a 10.4 | 17.4 a 17.1 |

Conforme a Tabela 3.10 acima indica é possível verificar que com a introdução das medidas propostas existe uma redução de cerca de 17% no consumo energético da Área Crítica da Mouraria, com uma estimativa de poupança, entre 1.7 e 2.2 MWh/ano.

4. RECOMENDAÇÕES DE PROJECTO

No seguimento dos capítulos anteriores, e com base nas análises apresentadas, pretende-se aqui listar, de forma sumária, algumas medidas de design passivo (gerais e específicas para diferentes tipos construtivos) que podem ser aplicadas para a reabilitação de edifícios:

1. Sempre que possível a morfologia e os materiais dos edifícios devem ser conservados, respeitando as pré-existências não só devido ao seu valor patrimonial, mas também pelo seu adequado comportamento térmico;
2. As cores originais dos edifícios devem ser restituídas (na sua maioria de cores claras) para aumentar a reflexão da radiação solar e consequentemente reduzir os ganhos solares no Verão e otimizar a luz natural no interior;
3. Relativamente à organização espacial interior, os espaços de permanência devem ser localizados com a melhor orientação solar possível, correspondendo os restantes a zonas de serviço;
4. Apesar do sombreamento exterior ser mais eficaz, por questões ligadas à manutenção da integridade e autenticidade dos edifícios antigos, as portadas interiores, sempre que existentes, devem ser mantidas, podendo ser complementadas por sistemas de sombreamento reguláveis interiores;
5. Recomenda-se a reparação dos elementos constituintes dos vãos envidraçados (como juntas envelhecidas) para reduzir as infiltrações de ar não controladas. Para manter a caixilharia existente, aplicando soluções mais eficazes, pode-se recorrer ao aumento do número de vidros, introdução de janelas duplas, ou aplicação de vidro de baixa emissividade. Pode-se também recorrer à substituição de vidros simples por vidros duplos, com aplicação preferencial de caixilharia de madeira em zonas históricas. É também possível optar pela introdução de caixilharia de alumínio com corte térmico, embora seja um material com alta energia incorporada, ou, caixilharia em PVC, o material que tem um comportamento térmico melhor;
6. A redução de permeabilidade decorrente da boa estanquicidade das actuais caixilharias deve ser compensada por aberturas reguláveis pelo utilizador, garantindo adequadas condições de ventilação;
7. No Verão, deve ser promovida a ventilação nocturna, permitindo a dissipação do calor existente no interior do edifício e tornando-o mais fresco no dia seguinte;
8. A limpeza e desocupação dos saguões e logradouros, frequentes em edifícios “Gaioleiros” e Pombalinos, deve ser realizada, promovendo a iluminação e ventilação natural;
9. As bandeiras existentes acima das portas interiores devem ser mantidas para melhorar a iluminação natural dos espaços interiores;
10. Em paredes exteriores de alvenaria de pedra, tijolo ou de betão com elevado coeficiente de transmissão térmica (existentes abundantemente na construção Pré-Pombalina, nas paredes superiores de edifícios “Gaioleiros” e nos edifícios de betão construídos antes da existência de Regulamentação Térmica), a massa deve ser aumentada ou, preferencialmente, introduzido

isolamento térmico. As soluções construtivas com melhores resultados são as seguintes: adaptação das paredes exteriores para paredes duplas com caixa-de-ar e isolamento interior, sendo a existente o pano exterior (com desvantagem da redução da área útil de pavimento); e a aplicação de isolamento pelo exterior, bastante mais eficaz do que as restantes (com a desvantagem da possível descaracterização do edifício);

11. A aplicação de isolamento térmico pelo interior, apesar de fácil aplicação não é recomendada uma vez que deixa de existir inércia térmica interior, essencial para regulamento da temperatura interior no Verão;
12. Nas mansardas, frequentes em edifícios “Gaioleiros”, as suas paredes devem ser isoladas termicamente pelo exterior;
13. Colocação de isolamento térmico nas paredes que dividem os espaços aquecidos e não aquecidos, sobretudo quando estas são compostas por elementos com coeficientes de transmissão térmica elevados. A sua aplicação deve ser efectuada na face em contacto com a zona não aquecida, para aproveitamento total da inércia térmica da parede;
14. Em edifícios cujo piso da cobertura não é habitável, predominantemente existente na construção pré-pombalina, o isolamento térmico deve ser aplicado na laje de esteira, por forma a reduzir as trocas de calor entre as zonas habitadas e não habitadas. Desta forma consegue-se melhorar o comportamento térmico do espaço habitado aplicando menor área de isolamento e, conseqüentemente, reduzir o custo do investimento;
15. Nas coberturas com estrutura tradicional de madeira recomenda-se a introdução de isolamento térmico para reduzir as perdas térmicas no Inverno;
16. Na reabilitação de coberturas planas aconselha-se a introdução isolamento térmico, aplicado pelo exterior, e respectiva impermeabilização com vista não só à manutenção da inércia térmica interior mas também à protecção da estrutura relativamente às sucessivas variações de temperatura;
17. Os utilizadores devem ser dotados de manuais de utilização relativos à melhor forma de tirar partido dos sistemas passivos que existem nas suas habitações;
18. Os aparelhos electrodomésticos pouco eficientes devem ser substituídos por outros de classe energética A e devem ser adoptadas lâmpadas de baixo consumo energético;
19. A um nível mais geral, devem ser incutidos princípios de redução de consumo de água (por exemplo diminuir o volume das descargas de água dos autoclismos ou aplicar nas torneiras difusores de baixo débito) e reciclagem de materiais;
20. As estratégias solares passivas podem ser complementadas com medidas activas, com recurso a energias renováveis com tecnologias de produção de energia térmica e eléctrica. Acontece no entanto, que estes sistemas perturbam o desenho das coberturas e modificam a imagem dos edifícios. Presentemente estão a ser desenvolvidos produtos (alguns já lançados no mercado) que incorporam sistemas solares fotovoltaicos em coberturas, revestimentos cerâmicos ou em vidros e que permitem a integração destes sistemas nos mais variados contextos urbanos, incluindo centros históricos.

CONCLUSÃO

Definindo reabilitação como uma operação cujo objectivo é conferir aos edifícios uma melhoria de qualidade, em relação ao seu estado actual e à data da sua construção, foi traçado um método a partir do qual se torna possível aumentar o conforto térmico e as condições de salubridade e, em simultâneo, diminuir o respectivo consumo energético, tendo em conta a autenticidade e o valor patrimonial da maioria destes edifícios. Estas recomendações, definidas diferentemente para os distintos tipos construtivos, mostraram ter grandes repercussões quando aplicadas à totalidade dos edifícios com necessidades de reabilitação no Bairro da Mouraria, um dos mais degradados da cidade de Lisboa.

Da análise realizada destaca-se sobretudo a influência que os vãos envidraçados podem ter no comportamento térmico de um edifício, a importância da introdução e do modo de aplicação do isolamento térmico e o papel relevante da inércia térmica dos diversos elementos para a regulação térmica dos espaços interiores.

A área de envidraçados tem repercussões imediatas no comportamento térmico dos edifícios, sendo que em edifícios com uma elevada percentagem de envidraçado qualquer mudança relacionada com este elemento ou com o seu sistema de sombreamento tem uma importância acentuada. Neste caso destaca-se o edifício da Rua da Mouraria 8-16, edifício “Gaioleiro” com uma área de envidraçado entre os 17 e 20%, no qual a aplicação de caixilharia de madeira com vidro duplo introduziu uma redução até 21% no consumo energético anual por piso e um aumento da temperatura média radiante até 2.5°C no dia mais frio do ano.

A aplicação de isolamento térmico pode igualmente ser bastante eficaz no aumento do conforto térmico, sendo de extrema importância a forma como é introduzido: a) aplicado pelo interior reduz a inércia térmica interior registando-se um aumento substancial de temperatura no Verão e, por conseguinte, do seu desconforto térmico, podendo em última análise aumentar o consumo energético anual do edifício; b) aplicado pelo exterior, verificam-se melhorias substanciais, mesmo em paredes de alvenaria de pedra de 0.60m de espessura. Destaca-se a aplicação desta solução construtiva em paredes de betão com cerca de 0.20m de espessura, com uma redução de cerca de 60% no consumo energético anual. Recomenda-se que o projectista mantenha sempre um compromisso entre as melhorias térmicas que pode obter com a introdução destas soluções e a manutenção da autenticidade do edifício em questão.

A definição de recomendações, adequadas a cada tipo construtivo existente na Mouraria, permitiu perceber a importância da implementação destas soluções ao nível do bairro, concluindo-se que poderia existir uma redução de 17% no consumo energético total anual, referente à climatização (aquecimento e arrefecimento). Estes valores traduzem-se numa diminuição entre 1.7 e 2.2 milhões de kWh, revelando a importância e a urgência deste tipo de reabilitação. Noutra perspectiva, na hipótese de que os edifícios não possuam sistemas de climatização, esta redução percentual significa que é possível melhorar significativamente o conforto térmico destes edifícios que por si só têm já na sua grande maioria um bom desempenho solar passivo.

Futuramente seria pertinente realizar uma análise mais aprofundada do tema em questão, recorrendo simulações com outros softwares (por exemplo, Energy Plus), medições no local e realização de questionários a nível de satisfação dos utilizadores. Seria interessante, por outro lado, complementar a presente dissertação com o estudo de dois temas distintos: a eficácia da implementação de medidas activas e complementares nestes edifícios e o tempo de retorno que a aplicação das diferentes medidas de design passivo terão.

É de referir que o comportamento energético do edifício não depende apenas das suas características físicas e espaciais, mas também do tipo de infra-estruturas existentes, equipamentos utilizados e do comportamento dos seus utilizadores, motivo pelo qual deve existir um sentido responsabilidade de todas as partes - arquitectos, engenheiros, proprietários e utilizadores – para a diminuição dos consumos energéticos e que, alargado à escala do bairro, poderá ter repercussões significativas.

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV.- *A Green Vitruvius – Princípios e Práticas de Projecto para uma Arquitectura Sustentável*. Lisboa: Ordem dos Arquitectos, 2001
- AA.VV.- *Caracterização Sociológica e do Edificado - Alfama e Mouraria*, Lisboa: Câmara Municipal de Lisboa, 1989
- AA.VV. - Plano de Urbanização do Núcleo Histórico da Mouraria. Lisboa: CML, DMRU, GLM, 1996
- AA. VV. – *Matriz Energética de Lisboa*. Lisboa: Lisboa E-Nova, 2009
- APPLETON, João - *Reabilitação de Edifícios Antigos – Patologias e Tecnologias de Intervenção*. 1ª Edição. Lisboa: Edições Orion, 2001
- APPLETON, João - “Tipificação do Parque Construído”. *Sismos e Edifícios*. Lisboa: Edições Orion, 2008, pp. 389-437
- APPLETON, João Guilherme Pontes - *A Reabilitação de edifícios Gaioleiro - Estudo de um Quarteirão nas Avenidas Novas*, Tese de Mestrado em Construção. Lisboa: Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa, 2001
- ARAÚJO, Norberto- *Peregrinações em Lisboa*; vol 3, Lisboa: Vega, 1992
- AZEVEDO, Pedro de - “Do Areeiro à Mouraria”; *Archeologo Português*, Vol. 5, Museu Ethnologico Português, 1900, pp. 212-224 e 258-279
- BAKER, N., STEMMERS, K. - *Energy and Environment in Architecture – A Technical Design Guide*. Londres: E & FN Spon, 2000
- BARROS, Maria F. Lopes de – *A Comuna Muçulmana de Lisboa: secs XIV e XV*. Hugin: Biblioteca de Estudos Árabes, 1998
- BERGE, Bjorn - *The Ecology of Building Materials*. Bath: Architectural Press, 1999
- BRITO, Raquel Soeiro de – Lisboa: um esboço geográfico. Lisboa: Boletim Cultural da Junta Distrital de Lisboa nº82, 1976
- CABRITA, Hélder – *Bairro Alto: tipologias e modos arquitectónicos*. Lisboa: CML, 1994
- CHOAY, Françoise – *A alegoria do património*. Lisboa: Edições 80, 2008
- COELHO, Teresa de Campos – “Intervir no Centro Histórico”. *Architécti*, edição especial. Lisboa: Trifório Editora, 4º trimestre, 2000, pp. 26-29
- CÓIAS, Vítor – “Um novo modelo (e uma nova visão) do edificado pombalino”. *Monumentos*, nº6. Lisboa: Direcção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais (DGEMN), Março 1997, pp. 80-85
- DIAS, Marina Tavares – *Lisboa Desaparecida*, Lisboa: Quimera Editores, 1987

- EPUL - Atlas de Habitação de Lisboa. Lisboa: EPUL, 2007
- Faculdade Católica Portuguesa - *Atlas de Habitação de Portugal*. Lisboa: IHRU, 2007
- FARINHA, P. António Lourenço – Notícia Histórica do Bairro das Olarias, Lisboa: Cucujães, 1932
- FONSECA, Ana – “*Alfama e Mouraria – as teias da reabilitação*”. Sociedade e Território, nº 14-15. Porto: Edições Afrontamento, Dezembro 1991, pp. 130-143
- FREITAS, Vasco Peixoto de – “*Aplicação do RCCTE: os ajustes necessários*”. Energia, Construção Magazine, Porto: Publindústria, Maio 2009, pp. 53-54
- GONÇALVES, Hélder; GRAÇA, Mariz - *Conceitos Bioclimáticos para Edifícios em Portugal*. Lisboa: Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, Direcção Geral de Geologia e Energia/Programa de Eficiência Energética de Edifícios, 2004.
- GOULDING, Jonh R.; LEWIS, J. Owen; STEEMERS, Theo C. – *Energy in Architecture – the European passive solar handbook*. Londres: B.T.Batsford, 1993
- HYDE, Richard – *Bioclimatic Housing – Innovative Design for warm climates*. Londres:Earthscan, 2008
- INETI – *Acções de formação sobre aplicação do novo RCCTE- Módulo 6*. Lisboa: INETI, 2009
- LAURIA, Alejandro - *Sustentabilidade na Construção*, Lisboa: Verlag Dashofer, 2007.
- LECHNER, Norbert - *Heating, Cooling, Lighting – Design Methods for Architects*. New York: Wiley & Sons, 1991
- Lisboa E-Nova - Agência Municipal de Energia-Ambiente de Lisboa - *Estratégia Energético-Ambiental para LISBOA*. Lisboa E-Nova: 2009
- LOPES, Flávio; CORREIA, Manuel Brito – “*Património arquitectónico e arquiológico. Cartas, recomendações e convenções internacionais*.” Lisboa: Livros Horizonte, 2004
- LOPES, Mário; BENTO, Rita, CARDOSO, Rafaela – “Segurança Estrutural na Baixa Pombalina”. *Monumentos*, nº21. Lisboa: Direcção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais (DGEMN), Setembro 2004, pp. 176-181.
- MARQUES, de Oliveira A. - “Lisboa Evolução: séculos XII a XV (1147-1500)”. Dicionário de Lisboa, Sacavém: Carlos Quintas e Associados, 1994, pp. 511 a 515
- MASCARANHAS, Jorge – *Sistemas de Construção V, O Edifício de Rendimento da Baixa Pombalina de Lisboa*. Lisboa: Livros Horizonte, 2005.
- MENDES, Vera – *Socorro – Freguesia Mourisca - berço do fado*, Lisboa: Câmara Municipal de Lisboa, 1996
- MENEZES, Marlucci – *Retalhos de um Imaginário: Significados Urbanos de um Bairro de Lisboa*, Oeiras: Celta Editores, 2004.

- MIDÕES, Alberta – “Frente da Rua da Mouraria”. Architécti, edição especial. Lisboa: Trifório Editora, 4º trimestre, 2000, pp. 108-113.
- MIDÕES, Alberta – “Edifício na Rua das Farinhas”. Architécti, edição especial. Lisboa: Trifório Editora, 4º trimestre, 2000, pp. 114-115.
- OLIVEIRA, Luis Filipe; VIANA, Mário - “A Mouraria de Lisboa no Século XV”. *Arqueologia Medieval*, vol 3. Mértola: Edições Afrontamento, 1993, pp. 191-209.
- PAIVA, José Vasconcelos de; AGUIAR, José; PINHO, Ana - *Guia Técnico de Reabilitação Habitacional, Instituto Nacional de Habitação*. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2006.
- PAIVA, José Vasconcelos - *Medidas de reabilitação energética em edifícios*. Lisboa: LNEC, 2003
- PINHO, Fernando – *Paredes de Edifícios Antigos em Portugal*. Lisboa: LNEC, 2000
- Planos Especiais de Salvaguarda de Alfama e Mouraria. Lisboa: CML, 1989
- PORTEOUS, Colin – *The new eco-architecture – alternatives from the modern movement*. Londres: Spon Press, 2002
- REIS, Luis de Câmara – “*A miséria em Lisboa*”. Serões, nº 7, 1908, pp. 324 a 343
- RIBEIRO, Vítor – “*A Mouraria*”. Serões, nº 2, 1908, pp. 251 a 262
- ROAF, Sue; CRICHTON, Davis; NICOL Fergus – *Adapting Building and Cities for Climate Change*. Oxford: Architectural Press, 2005.
- RODRIGUES, Maria João Madeira; SOUSA, Pedro Fialho de; BONIFÁCIO, Horácios Manuel Pereira - *Vocabolário Técnico e Crítico de Arquitectura*. Coimbra: Quimera, 2002
- RODRIGUES, Teresa . “População”. *Dicionário de Lisboa*, Sacavém: Carlos Quintas e Associados, 1994, pp. 721-723
- RODRIGUES, Teresa – *Nascer e Morrer na Lisboa Oitocentista: Migrações, Mortalidade e Desenvolvimento*. Lisboa: Edições Cosmos, 1995
- SANTOS, Carlos A. Pina dos; MATIAS, Luís – *Coefficiente de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios, ITE 50*. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2006
- SANTOS, Carlos A. Pina dos; RODRIGUES, Rodrigo – *Coefficiente de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios – Soluções Construtivas de Edifícios Antigos, ITE 54*. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2009
- SANTOS, Pina dos – “Evolução das Soluções de parede face a novas Exigências Regulamentares”. *Seminário sobre Paredes de Alvenaria*, 2007
- SILVA, Augusto Vieira da - *A Cerca Fernandina de Lisboa*, Lisboa: Câmara Municipal de Lisboa, 1987

SILVA, Sandra Monteiro; ALMEIDA, Manuela Guedes de – “*Avaliação do Impacto Energético e Económico de Diferentes Soluções Construtivas*”. Engenharia Civil, nº18, Guimarães: Universidade do Minho – Departamento de Engenharia Civil, Setembro 2003, pp. 45-62.

SIMÕES, Fausto - “*Arquitectura e Construção*”. Energia, Construção Magazine nº78, Porto: Publindústria, Maio 2009, pp. 22-24

TOBRINER, Stephen – “A Gaiola Pombalina – O Sistema de Construção Anti-sísmico mais avançado do século XVIII”. *Monumentos*, nº21. Lisboa: Direcção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais (DGEMN), Setembro 2004, pp. 160-167

THOMAS, Randall – *Environmental design – Na introduction for architects and engineers*. Londres: Spon Press, 1999.

TIRONE, Lúvia; NUNES, Ken – *Construção Sustentável, Soluções eficientes hoje A nossa riqueza amanhã*. 1ª Edição. Lisboa: Tirone Nunes, 2007

TRINDADE, Luísa – *A casa corrente em Coimbra, dos Finais de Idade Média aos Inícios de Época Moderna*. Coimbra: Câmara Municipal de Coimbra, 2002

VIEIRA, Clara – “*Um Bairro em Recuperação: a Mouraria de Lisboa*”. *Ler História*, nº26. Lisboa: 1994, pp. 206-210

WISEU, Joaquim – *História do Betão Armado em Portugal*. Lisboa: Associação Técnica da Indústria do Cimento, 1993

Legislação e Programas

Alargamento da Área Crítica de Recuperação e Reversão Urbanística da Mouraria | DL 6/92

Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões *Dois vezes 20 até 2020. As Alterações Climáticas, uma oportunidade para a Europa*, 2008

Conceitos técnicos, respectiva definição e notas complementares | Decreto-Lei 9/2009

CIB Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries (CIB Report Publication 237), International Council for Research and Innovation (CIB), 1999

Definição da Área Crítica de Recuperação e Reversão Urbanística da Mouraria | DL 61/86

Desempenho energético dos edifícios | Directiva 2002/91/CE do Parlamento Europeu e do Conselho

Estratégia Nacional de Desenvolvimento Sustentável, 2006

Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética, 2008

Programa Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC), 2006

Programas para desenvolvimento da eficiência energética em construções existentes | Resolução do Conselho de Ministros 80/2008

Regime de Apoio à Recuperação Habitacional em Áreas Urbanas Antigas (REHABITA), 2000

Regime Especial de Participação na Recuperação de Imóveis Arrendados (RECRIA), 2000

Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), Decreto-Lei 80/2006

Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE), Decreto-Lei 79/2006

Sistema Nacional de Certificação Energética (SCE), Decreto-Lei 78/2006

Artigos Disponíveis na Internet

PINHO, Ana; AGUIAR, José (2005) *Reabilitação em Portugal: a mentira denunciada pela verdade dos números*. Disponível em www.mesatrado-reabilitacao.fa.utl.pt/jaguiarreabilitacaoemnumeros2.pdf

Páginas de Internet Consultadas

Agência Municipal de Energia e Ambiente (Lisboa e-nova), Disponível em: www.lisboaenova.org [17.06.2009]

Centro Regional de Informação das Nações Unidas – Conferência de Copenhaga, Disponível em: www.unric.org/index.php?option=com_content&task=view&id=17840&Itemid=54 [20.06.2009]

Direcção Geral de Geologia e Energia, Disponível em: www.dge.pt [15.07.2009]

Núcleo de Engenharia Sísmica e Dinâmica de Estruturas, Disponível em: <http://www-ext.lnec.pt/LNEC/DE/NESDE> [12.07.2009]

Protocolo de Quioto, Disponível em: <http://www.kyotoprotocol.com> [10.03.2009]

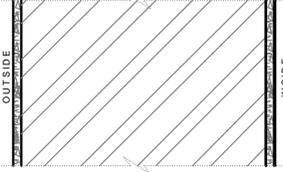
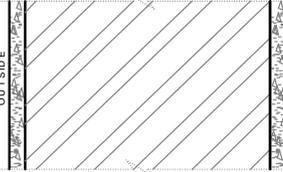
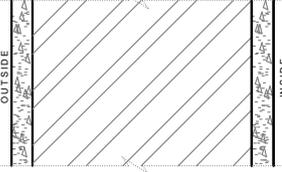
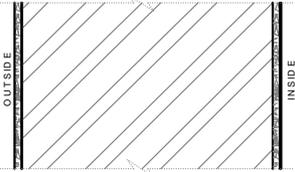
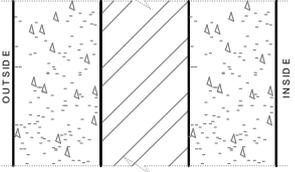
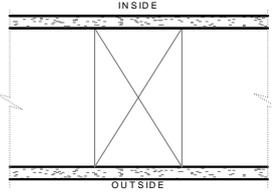
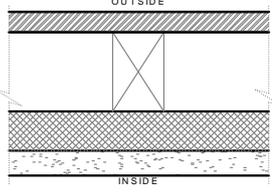
UN Documents, Gathering a Body of Global Agreements - *Relatório de Brundtland "Our Common Future"*, Disponível em: <http://www.un-documents.net/eced.ocf.htm> [10.03.2009]

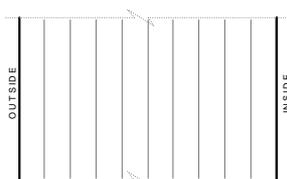
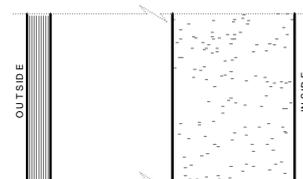
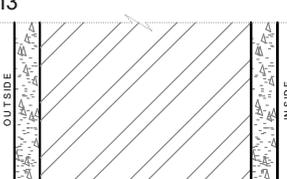
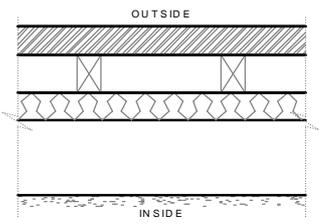
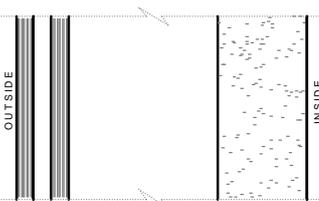
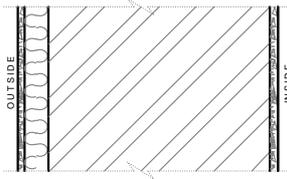
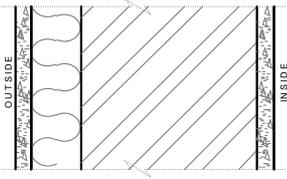
ANEXOS

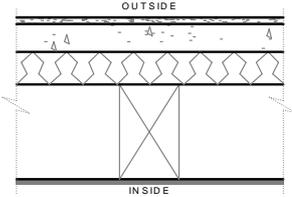
ANEXO A – Coeficientes de transmissão térmica das soluções construtivas

Largo da Achada, 2

Tabela A.1 – Coeficientes de Transmissão térmica dos diversos elementos construtivos do edifício Largo da Achada, 2

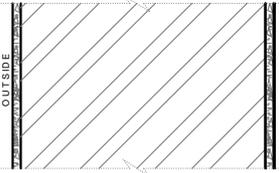
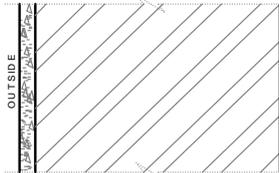
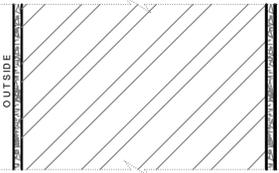
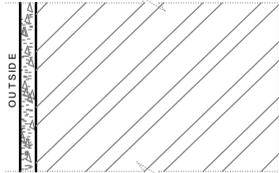
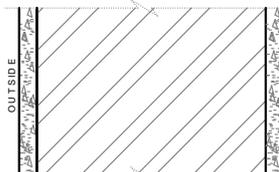
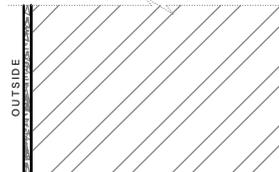
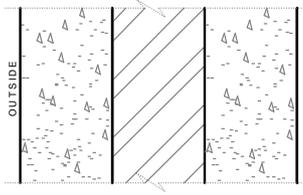
| | Tipo de Elemento | Solução Construtiva | | |
|----------|--------------------|--|---|--|
| ORIGINAL | Paredes Exteriores | <p>PE1</p>  <p>Alvenaria de pedra rebocada em ambas as faces E_{total}: 0,60m U_{value}: 1,60 W/m².°C</p> | <p>PE2</p>  <p>Alvenaria de tijolo rebocada em ambas as faces E_{total}: 0,35m U_{value}: 1,60 W/m².°C</p> | <p>PE3</p>  <p>Alvenaria de tijolo rebocada em ambas as faces E_{total}: 0,25m U_{value}: 2,00 W/m².°C</p> |
| | Paredes Interiores | <p>PI1</p>  <p>Frontal: composto por elementos de madeira preenchido por alvenaria de pedra miúda E_{total}: 0,20m U_{value}: 1,25 W/m².°C</p> | <p>PI2</p>  <p>Tabique: parede de madeira rebocada E_{total}: 0,12m U_{value}: 1,60 W/m².°C</p> | |
| | Pavimento | <p>PAV</p>  <p>Estrutura em vigas de madeira revestida em ambas as faces com tabuado de madeira E_{total}: 0,20m U_{value}: 1,20 W/m².°C</p> | | |
| | Cobertura | <p>C1</p>  <p>Estrutura de madeira com revestimento interior de tabuado e exterior de telha cerâmica de canudo E_{total}: 0,20m U_{value}: 2,20 W/m².°C</p> | | |

| | | | |
|-------------|--------------------|---|--|
| ORIGINAL | Vãos | <p>V1</p>  <p>Caixilharia de madeira com vidro simples</p> <p>$E_{total}: 0,06m$</p> <p>$U_{value}: 5,10 W/m^2 \cdot ^\circ C$</p> | <p>V1P</p>  <p>Sombreamento: Portadas de madeira pelo interior</p> <p>$U_{value}: 4,30 W/m^2 \cdot ^\circ C$</p> |
| | Paredes Interiores | <p>PI3</p>  <p>Frontal: composto por elementos de madeira preenchido por alvenaria de tijolo furado</p> <p>$E_{total}: 0,20m$</p> <p>$U_{value}: 1,06 W/m^2 \cdot ^\circ C$</p> | |
| REABILITADO | Cobertura | <p>C2</p>  <p>Estrutura de madeira com isolamento térmico, revestimento interior de gesso cartonado e exterior de telha cerâmica de canudo</p> <p>$E_{total}: 0,21m$</p> <p>$U_{value}: 0,43 W/m^2 \cdot ^\circ C$</p> | |
| | Vãos | <p>V2P</p>  <p>Caixilharia de alumínio com vidro duplo e portadas de madeira pelo interior</p> <p>$U_{value}: 3,30 W/m^2 \cdot ^\circ C$</p> | |
| PROPOSTA | Paredes Exteriores | <p>PE4</p>  <p>Alvenaria de pedra, isolada pelo exterior e rebocada em ambas as faces</p> <p>$E_{total}: 0,66m$</p> <p>$U_{value}: 0,49 W/m^2 \cdot ^\circ C$</p> | <p>PE5</p>  <p>Alvenaria de pedra, isolada pelo exterior e rebocada em ambas as faces</p> <p>$E_{total}: 0,31m$</p> <p>$U_{value}: 0,52 W/m^2 \cdot ^\circ C$</p> |

| | | |
|--|----------------------------|---|
| | <p>Laje Esteira</p> | <p>PAV2</p>  <p>Estrutura em vigas de madeira isolada pelo exterior, protegida por betonilha e revestida em ambas as faces com tabuado de madeira</p> <p>$E_{total}: 0,31m$</p> <p>$U_{value}: 0,37 W/m^2 \cdot ^\circ C$</p> |
|--|----------------------------|---|

Rua das Farinhas, 1-3

Tabela A.2 - Coeficientes de Transmissão térmica dos diversos elementos construtivos do edifício da Rua das Farinhas 1-3

| | Tipo de Elemento | Solução Construtiva | |
|-----------------|---------------------------|---|--|
| ORIGINAL | Paredes Exteriores | <p style="text-align: center;">PE1</p>  <p style="text-align: center;">Alvenaria de pedra rebocada em ambas as faces $E_{total}: 0,75m$ $U_{value}: 1,45 W/m^2 \cdot ^\circ C$</p> | <p style="text-align: center;">PE2</p>  <p style="text-align: center;">Alvenaria de pedra rebocada em ambas as faces $E_{total}: 0,45m$ $U_{value}: 1,95 W/m^2 \cdot ^\circ C$</p> |
| | Paredes Interiores | <p style="text-align: center;">PI1</p>  <p style="text-align: center;">Alvenaria de pedra rebocada em ambas as faces $E_{total}: 0,70m$ $U_{value}: 1,30 W/m^2 \cdot ^\circ C$</p> | <p style="text-align: center;">PI2</p>  <p style="text-align: center;">Alvenaria de pedra rebocada em ambas as faces $E_{total}: 0,45m$ $U_{value}: 1,65 W/m^2 \cdot ^\circ C$</p> |
| ORIGINAL | Paredes Interiores | <p style="text-align: center;">PI3</p>  <p style="text-align: center;">Alvenaria de pedra rebocada em ambas as faces $E_{total}: 0,20m$ $U_{value}: 2,00 W/m^2 \cdot ^\circ C$</p> | <p style="text-align: center;">PI4</p>  <p style="text-align: center;">Frontal: composto por elementos de madeira preenchido por alvenaria de pedra miúda $E_{total}: 0,20m$ $U_{value}: 1,25 W/m^2 \cdot ^\circ C$</p> |
| | | <p style="text-align: center;">PI5</p>  <p style="text-align: center;">Tabique: parede de madeira rebocada $E_{total}: 0,12m$ $U_{value}: 1,60 W/m^2 \cdot ^\circ C$</p> | |

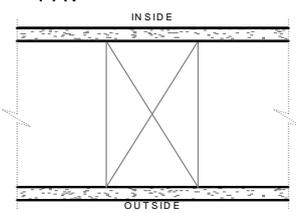
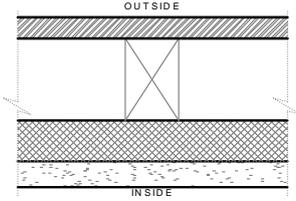
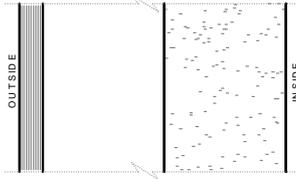
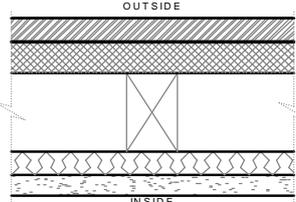
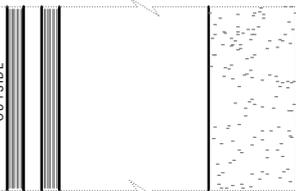
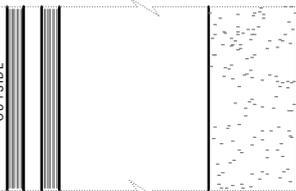
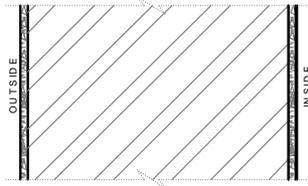
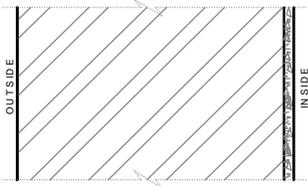
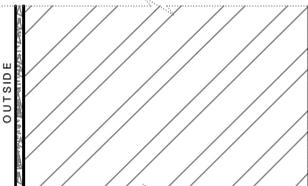
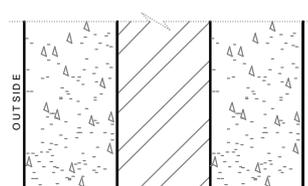
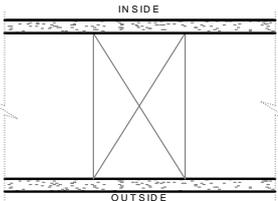
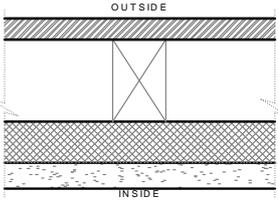
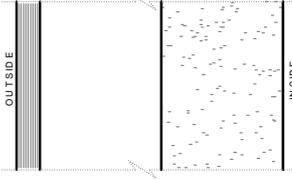
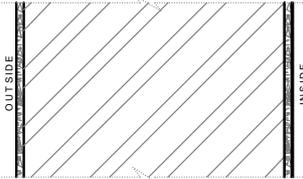
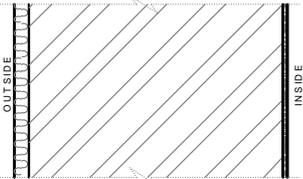
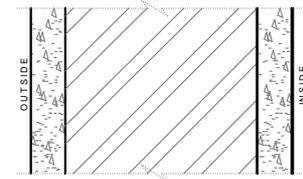
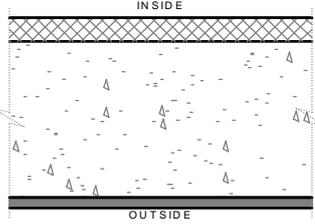
| | | |
|--------------------|------------------|--|
| | Pavimento | <p>PAV</p>  <p>Estrutura em vigas de madeira revestida em ambas as faces com tabuado de madeira</p> <p>$E_{total}: 0,20m$ $U_{value}: 1,20 W/m^2.°C$</p> |
| | Cobertura | <p>C1</p>  <p>Estrutura de madeira com revestimento interior de tabuado e exterior de telha cerâmica de canudo</p> <p>$E_{total}: 0,20m$ $U_{value}: 2,20 W/m^2.°C$</p> |
| | Vãos | <p>V1P</p>  <p>Caixilharia de madeira com vidro simples e portadas também de madeira pelo interior</p> <p>$U_{value}: 4,30 W/m^2.°C$</p> |
| REABILITADO | Cobertura | <p>C2</p>  <p>Estrutura de madeira com isolamento térmico, revestimento interior de madeira e exterior de telha cerâmica de canudo</p> <p>$E_{total}: 0,23m$ $U_{value}: 0,65 W/m^2.°C$</p> |
| | Vãos | <p>V2P</p>  <p>Caixilharia de madeira com vidro duplo e portadas também de madeira pelo interior</p> <p>$U_{value}: 2,90 W/m^2.°C$</p> |
| PROPOSTA | Vãos | <p>V2P</p>  <p>Caixilharia de madeira com vidro duplo e portadas também de madeira pelo interior</p> <p>$U_{value}: 2,90 W/m^2.°C$</p> |

Tabela A.3- Coeficientes de Transmissão térmica dos diversos elementos construtivos do edifício da Rua da Mouraria 8-16

| | Tipo de Elemento | Solução Construtiva | |
|----------|--------------------|---|--|
| ORIGINAL | Paredes Exteriores | <p>PE1</p>  <p>Alvenaria de pedra rebocada em ambas as faces $E_{total}: 0,70m$ $U_{value}: 1,50 W/m^2 \cdot ^\circ C$</p> | <p>PE2</p>  <p>Alvenaria de pedra, rebocada pelo interior e revestida por chapa asturiana pelo exterior $E_{total}: 0,60m$ $U_{value}: 1,60 W/m^2 \cdot ^\circ C$</p> |
| | Paredes Interiores | <p>PI1</p>  <p>Frontal: composto por elementos de madeira preenchido por alvenaria de pedra miúda $E_{total}: 0,20m$ $U_{value}: 2,00 W/m^2 \cdot ^\circ C$</p> | <p>PI2</p>  <p>Tabique: parede de madeira rebocada $E_{total}: 0,12m$ $U_{value}: 1,60 W/m^2 \cdot ^\circ C$</p> |
| | Pavimento | <p>PAV1</p>  <p>Estrutura em vigas de madeira revestida em ambas as faces com tabuado de madeira $E_{total}: 0,20m$ $U_{value}: 1,20 W/m^2 \cdot ^\circ C$</p> | |
| | Cobertura | <p>C1</p>  <p>Estrutura de madeira com revestimento interior de tabuado e exterior de telha cerâmica marselha $E_{total}: 0,20m$ $U_{value}: 2,20 W/m^2 \cdot ^\circ C$</p> | |

| | | | |
|-------------|--------------------|---|--|
| ORIGINAL | Vãos | <p style="text-align: center;">V1P</p>  <p style="text-align: center;">Caixilharia de madeira com vidro simples e portadas também de madeira pelo interior</p> <p style="text-align: center;">$U_{\text{value}}: 4,30 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$</p> | |
| | Paredes Exteriores | <p style="text-align: center;">PE3</p>  <p style="text-align: center;">Alvenaria de pedra reforçada por injecções de betão e rebocada em ambas as faces</p> <p style="text-align: center;">$E_{\text{total}}: 0,74\text{m}$</p> <p style="text-align: center;">$U_{\text{value}}: 1,45 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$</p> | <p style="text-align: center;">PE4</p>  <p style="text-align: center;">Alvenaria de pedra reforçada por injecções de betão, rebocada pelo interior, isolada com lã de rocha pelo exterior e posteriormente revestida por chapa asturiana</p> <p style="text-align: center;">$E_{\text{total}}: 0,67\text{m}$</p> <p style="text-align: center;">$U_{\text{value}}: 0,76 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$</p> |
| REABILITADO | | Paredes Interiores | <p style="text-align: center;">PI3</p>  <p style="text-align: center;">Pano de tijolo rebocado em ambas as faces</p> <p style="text-align: center;">$E_{\text{total}}: 0,12\text{m}$</p> <p style="text-align: center;">$U_{\text{value}}: 1,72 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$</p> |
| | Pavimento | <p style="text-align: center;">PAV 2</p>  <p style="text-align: center;">Estrutura de betão rebocada inferiormente e revestida superiormente por soalho de madeira</p> <p style="text-align: center;">$E_{\text{total}}: 0,20\text{m}$</p> <p style="text-align: center;">$U_{\text{value}}: 2,50 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$</p> | |

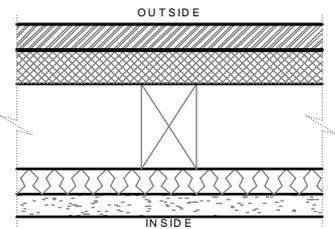
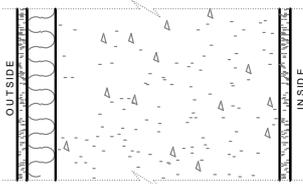
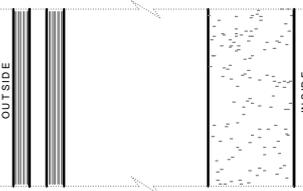
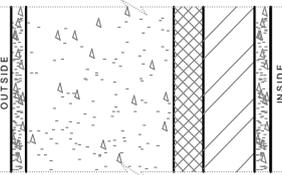
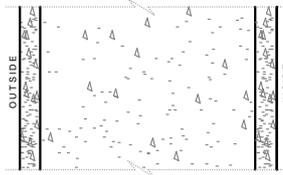
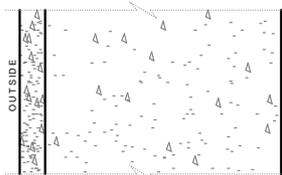
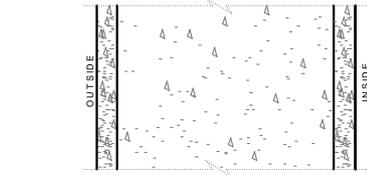
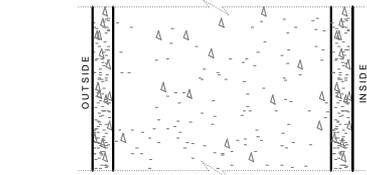
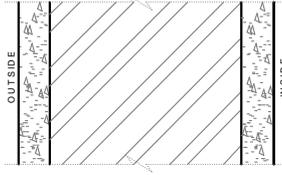
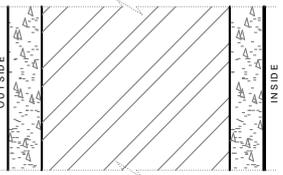
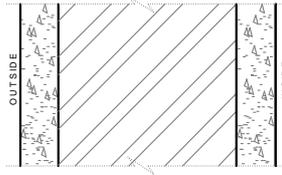
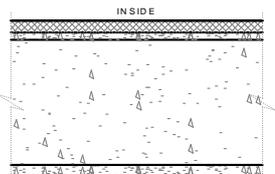
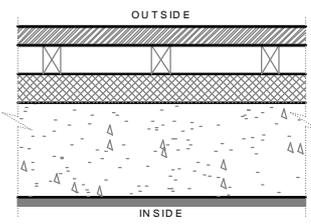
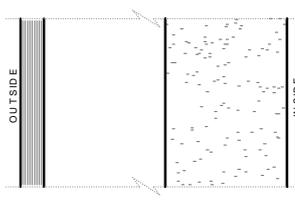
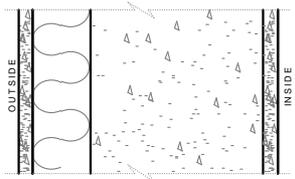
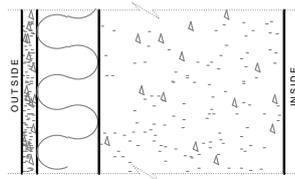
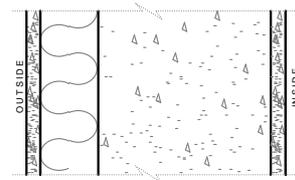
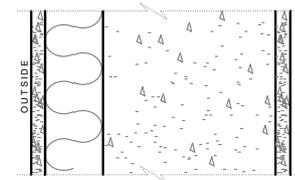
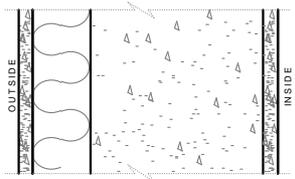
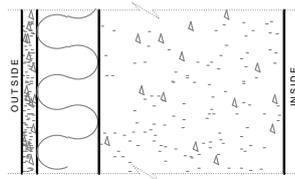
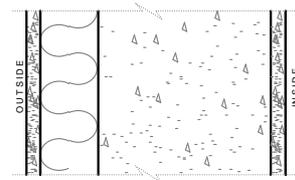
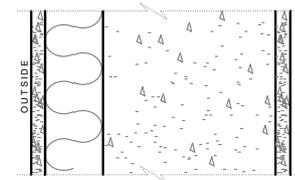
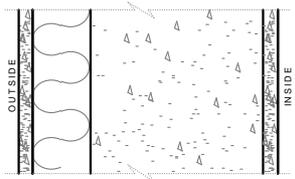
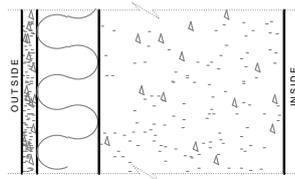
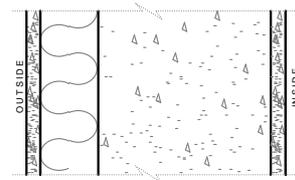
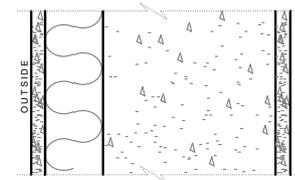
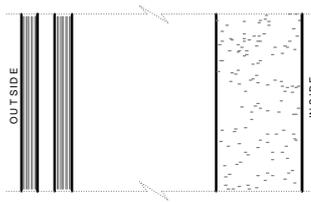
| | | |
|------------------------|----------------------------------|---|
| | <p>Cobertura</p> | <p>C2</p>  <p>Estrutura de madeira com isolamento térmico, revestimento interior de gesso cartonado e exterior de telha cerâmica marselha</p> <p>$E_{total}: 0,23m$</p> <p>$U_{value}: 0,65 W/m^2 \cdot ^\circ C$</p> |
| <p>PROPOSTA</p> | <p>Paredes Interiores</p> | <p>PI5</p>  <p>Pano de betão isolado exteriormente e rebocado em ambas as faces</p> <p>$E_{total}: 0,28m$</p> <p>$U_{value}: 0,94 W/m^2 \cdot ^\circ C$</p> |
| | <p>Vãos</p> | <p>V2P</p>  <p>Caixilharia de madeira com vidro duplo e portadas também de madeira pelo interior</p> <p>$U_{value}: 2,90 W/m^2 \cdot ^\circ C$</p> |

Tabela A.4- Coeficientes de Transmissão térmica dos diversos elementos construtivos do edifício da Rua João do Outeiro 6-14

| | Tipo de Elemento | Solução Construtiva | | |
|----------|--------------------|---|---|--|
| | Paredes Exteriores | <p>PE1</p>  <p>Parede dupla constituída por panos de betão e tijolo, poliestireno extrudado entre ambos, e rebocada de ambos os lados</p> <p>$E_{total}: 0,35m$ $U_{value}: 0,71 W/m^2.°C$</p> | <p>PE2</p>  <p>Pano de betão rebocado de ambos os lados</p> <p>$E_{total}: 0,25m$ $U_{value}: 3,08 W/m^2.°C$</p> | <p>PE3</p>  <p>Pano de betão rebocado de um dos lados</p> <p>$E_{total}: 0,20m$ $U_{value}: 2,67 W/m^2.°C$</p> |
| ORIGINAL | Paredes Interiores | <p>PI1</p>  <p>Pano de betão rebocado de ambos os lados</p> <p>$E_{total}: 0,25m$ $U_{value}: 2,41 W/m^2.°C$</p> | | <p>PI2</p>  <p>Pano de betão rebocado de ambos os lados</p> <p>$E_{total}: 0,20m$ $U_{value}: 2,67 W/m^2.°C$</p> |
| | | <p>PI3</p>  <p>Pano de tijolo rebocado de ambos os lados</p> <p>$E_{total}: 0,20m$ $U_{value}: 1,40 W/m^2.°C$</p> | <p>PI4</p>  <p>Pano de tijolo rebocado de ambos os lados</p> <p>$E_{total}: 0,15m$ $U_{value}: 1,72 W/m^2.°C$</p> | <p>PI5</p>  <p>Pano de tijolo rebocado de ambos os lados</p> <p>$E_{total}: 0,10m$ $U_{value}: 2,05 W/m^2.°C$</p> |
| | | <p>PAV1</p>  <p>Laje de betão revestida superior e inferiormente por tabuado de madeira e reboco respectivamente</p> <p>$E_{total}: 0,20m$ $U_{value}: 2,50 W/m^2.°C$</p> | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|--|--|---|---|
| | <p>Cobertura</p> | <p>C1</p>  <p>Laje de betão com poliestireno extrudado e telha canudo pelo exterior e reboco pelo interior</p> <p>$E_{total}: 0,20m$ $U_{value}: 0,99 W/m^2.°C$</p> | | | | |
| <p>ORIGINAL</p> | <p>Vãos</p> | <p>V1P</p>  <p>Caixilharia de madeira com vidro simples e portadas também de madeira pelo interior</p> <p>$U_{value}: 4,30 W/m^2.°C$</p> | | | | |
| <p>PROPOSTA</p> | <p>Paredes Exteriores</p> | <table border="1"> <tr> <td data-bbox="472 909 943 1283"> <p>PE4</p>  <p>Pano de betão isolado exteriormente e rebocado de ambos os lados</p> <p>$E_{total}: 0,25m$ $U_{value}: 0,57 W/m^2.°C$</p> </td> <td data-bbox="943 909 1410 1283"> <p>PE5</p>  <p>Pano de betão isolado exteriormente e rebocado de um dos lados</p> <p>$E_{total}: 0,20m$ $U_{value}: 0,58 W/m^2.°C$</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="472 1283 943 1657"> <p>PI6</p>  <p>Pano de betão isolado exteriormente e rebocado de ambos os lados</p> <p>$E_{total}: 0,25m$ $U_{value}: 0,54 W/m^2.°C$</p> </td> <td data-bbox="943 1283 1410 1657"> <p>PI7</p>  <p>Pano de betão isolado exteriormente e rebocado de ambos os lados</p> <p>$E_{total}: 0,20m$ $U_{value}: 0,55 W/m^2.°C$</p> </td> </tr> </table> | <p>PE4</p>  <p>Pano de betão isolado exteriormente e rebocado de ambos os lados</p> <p>$E_{total}: 0,25m$ $U_{value}: 0,57 W/m^2.°C$</p> | <p>PE5</p>  <p>Pano de betão isolado exteriormente e rebocado de um dos lados</p> <p>$E_{total}: 0,20m$ $U_{value}: 0,58 W/m^2.°C$</p> | <p>PI6</p>  <p>Pano de betão isolado exteriormente e rebocado de ambos os lados</p> <p>$E_{total}: 0,25m$ $U_{value}: 0,54 W/m^2.°C$</p> | <p>PI7</p>  <p>Pano de betão isolado exteriormente e rebocado de ambos os lados</p> <p>$E_{total}: 0,20m$ $U_{value}: 0,55 W/m^2.°C$</p> |
| <p>PE4</p>  <p>Pano de betão isolado exteriormente e rebocado de ambos os lados</p> <p>$E_{total}: 0,25m$ $U_{value}: 0,57 W/m^2.°C$</p> | <p>PE5</p>  <p>Pano de betão isolado exteriormente e rebocado de um dos lados</p> <p>$E_{total}: 0,20m$ $U_{value}: 0,58 W/m^2.°C$</p> | | | | | |
| <p>PI6</p>  <p>Pano de betão isolado exteriormente e rebocado de ambos os lados</p> <p>$E_{total}: 0,25m$ $U_{value}: 0,54 W/m^2.°C$</p> | <p>PI7</p>  <p>Pano de betão isolado exteriormente e rebocado de ambos os lados</p> <p>$E_{total}: 0,20m$ $U_{value}: 0,55 W/m^2.°C$</p> | | | | | |
| | <p>Vãos</p> | <p>V2P</p>  <p>Caixilharia de madeira com vidro duplo e portadas também de madeira pelo interior</p> <p>$U_{value}: 2,90 W/m^2.°C$</p> | | | | |

ANEXO B – Tabelas de Cálculo dos Coeficientes de Transmissão Térmica dos Casos de
Estudo

Largo da Achada, 2

Tabela B.1 – Tabela de Cálculo dos Coeficientes de Transmissão Térmica do edifício Largo da Achada 2

| | Rebocos | | | Alvenaria | | | Madeira | | | Isolamento | | | Betonilha | | | U | e |
|------|-------------|------|------|-------------|--------|------|-------------|------|------|-------------|------|------|-------------|------|------|---------|------|
| | λ_1 | e1 | R1 | λ_2 | e2 | R2 | λ_3 | e3 | R3 | λ_4 | e4 | R4 | λ_5 | e5 | R5 | | |
| PE1 | | | | | | | | | | | | | | | | 1.60* | 0.60 |
| PE2 | | | | | | | | | | | | | | | | 1.60* | 0.35 |
| PE3 | | | | | | | | | | | | | | | | 2.00* | 0.25 |
| PE4 | | | | | | | | | | 0.04 | 0.06 | 1.62 | | | | 0.49** | |
| PE5 | | | | | | | | | | 0.04 | 0.06 | 1.62 | | | | 0.52** | |
| PI1 | | | | | | | | | | | | | | | | 2.00* | 0.20 |
| PI2 | 0.80 | 0.08 | 0.10 | | | | 0.15 | 0.04 | 0.27 | | | | | | | 1.60 | 0.12 |
| PI3 | 0.80 | 0.04 | 0.05 | | 0.10** | 0.23 | 0.15 | 0.06 | 0.40 | | | | | | | 1.06 | 0.20 |
| PAV | | | | | | | | | | | | | | | | 1.20* | 0.20 |
| PAV2 | | | | | | | | | | 0.04 | 0.06 | 1.62 | 1.30 | 0.05 | 0.04 | 0.37** | |
| C1 | | | | | | | | | | | | | | | | 2.20* | 0.20 |
| C2 | | | | | | | | | | 0.04 | 0.06 | 1.62 | | | | 0.43** | 0.26 |
| V1 | | | | | | | | | | | | | | | | 5.10*** | |
| V1P | | | | | | | | | | | | | | | | 4.30*** | |
| V2P | | | | | | | | | | | | | | | | 3.30*** | |

Rua das Farinhas, 1-3

Tabela B.2 – Tabela de Cálculo dos Coeficientes de Transmissão Térmica do edifício Rua das Farinhas 1-3

| | Rebocos | | | Madeira | | | Isolamento | | | | | | | | | U | e |
|-----|---------|------|-------------|---------|------|-------------|------------|------|-------------|----|----|-------------|-------------|----|----|---------|------|
| | e1 | R1 | λ_2 | e2 | R2 | λ_3 | e3 | R3 | λ_4 | e4 | R4 | λ_5 | λ_5 | e5 | R5 | | |
| PE1 | | | | | | | | | | | | | | | | 1.45* | 0.75 |
| PE2 | | | | | | | | | | | | | | | | 1.95* | 0.45 |
| PI1 | | | | | | | | | | | | | | | | 1.30* | 0.70 |
| PI2 | | | | | | | | | | | | | | | | 1.65* | 0.45 |
| PI3 | | | | | | | | | | | | | | | | 2.00* | 0.20 |
| PI4 | | | | | | | | | | | | | | | | 2.00* | 0.20 |
| PI5 | 0.80 | 0.08 | 0.10 | 0.15 | 0.04 | 0.27 | | | | | | | | | | 1.60 | 0.12 |
| PAV | | | | | | | | | | | | | | | | 1.20* | 0.20 |
| C1 | | | | | | | | | | | | | | | | 2.20* | 0.20 |
| C2 | | | | | | | 0.04 | 0.03 | 0.81 | | | | | | | 0.65** | 0.23 |
| V1P | | | | | | | | | | | | | | | | 4.30*** | |
| V2P | | | | | | | | | | | | | | | | 2.90*** | |

NOTAS

Unidades: λ [W/(m.°C)], e [m]; R [(m².°C)/W]; U [W/(m².°C)]

* valor obtido directamente através do ITE54 (Santos e Rodrigues, 2009)

** valor calculado a partir do ITE54 (Santos e Rodrigues, 2009) e ITE50 (Santos e Matias, 2006)

*** valor obtido directamente através do ITE50 (Santos e Matias, 2006)

Rua da Mouraria, 8-16

Tabela B.3 – Tabela de Cálculo dos Coeficientes de Transmissão Térmica do edifício Rua da Mouraria 8-16

| | Rebocos | | | Alvenaria | | | Betão | | | Madeira | | | Isolamento | | | U | e |
|------|-------------|------|------|-------------|------|------|-------------|------|------|-------------|------|------|-------------|------|------|---------|------|
| | λ_1 | e1 | R1 | λ_2 | e2 | R2 | λ_3 | e3 | R3 | λ_4 | e4 | R4 | λ_5 | e5 | R5 | | |
| PE1 | | | | | | | | | | | | | | | | 1.50* | 0.70 |
| PE2 | | | | | | | | | | | | | | | | 1.60* | 0.60 |
| PE3 | | | | | | | 2.00 | 0.04 | 0.02 | | | | | | | 1.45** | 0.70 |
| PE4 | | | | | | | 2.00 | 0.04 | 0.02 | | | | | | | 0.76** | 0.60 |
| PI1 | | | | | | | | | | | | | | | | 2.00* | 0.20 |
| PI2 | 0.80 | 0.08 | 0.10 | | | | | | | 0.15 | 0.04 | 0.27 | | | | 1.60 | 0.12 |
| PI3 | 0.80 | 0.04 | 0.05 | | 0.11 | 0.27 | | | | | | | | | | 1.72 | 0.15 |
| PI4 | 0.80 | 0.04 | 0.05 | 2.50 | 0.21 | 0.08 | | | | | | | | | | 2.54 | 0.25 |
| PI5 | 0.80 | 0.04 | 0.05 | 2.50 | 0.21 | 0.08 | | | | | | | 0.05 | 0.03 | 0.67 | 0.94 | 0.28 |
| PAV1 | | | | | | | | | | | | | | | | 1.20 | 0.20 |
| PAV2 | | | | | | | | | | | | | | | | 2.50 | 0.20 |
| C1 | | | | | | | | | | | | | | | | 2.20* | 0.20 |
| C2 | | | | | | | | | | | | | 0.04 | 0.03 | 0.81 | 0.65** | 0.23 |
| V1P | | | | | | | | | | | | | | | | 4.30*** | |
| V2P | | | | | | | | | | | | | | | | 2.90*** | |

Rua João do Outeiro, 6-14

Tabela B.4– Tabela de Cálculo dos Coeficientes de Transmissão Térmica do edifício Rua João do Outeiro 6-14

| | Rebocos | | | Alvenaria | | | Betão | | | Isolamento | | | U | e | | | |
|-----|-------------|------|------|-------------|------|------|-------------|------|------|-------------|------|------|---|---|-------------|---------|------|
| | λ_1 | e1 | R1 | λ_2 | e2 | R2 | λ_3 | e3 | R3 | λ_4 | e4 | R4 | | | λ_5 | e5 | R5 |
| PE1 | 0.80 | 0.04 | 0.05 | | 0.07 | 0.19 | 2.00 | 0.20 | 0.10 | 0.05 | 0.04 | 0.89 | | | | 0.71 | 0.35 |
| PE2 | 0.80 | 0.04 | 0.05 | | | | 2.00 | 0.21 | 0.11 | | | | | | | 3.08 | 0.25 |
| PE3 | 0.80 | 0.02 | 0.03 | | | | 2.00 | 0.18 | 0.09 | | | | | | | 3.51 | 0.20 |
| PE4 | 0.80 | 0.04 | 0.05 | | | | 2.00 | 0.21 | 0.11 | 0.04 | 0.06 | 1.43 | | | | 0.57 | 0.31 |
| PE5 | 0.80 | 0.02 | 0.03 | | | | 2.00 | 0.18 | 0.09 | 0.04 | 0.06 | 1.43 | | | | 0.58 | 0.26 |
| PI1 | 0.80 | 0.04 | 0.05 | | | | 2.00 | 0.21 | 0.11 | | | | | | | 2.41 | 0.25 |
| PI2 | 0.80 | 0.02 | 0.03 | | | | 2.00 | 0.18 | 0.09 | | | | | | | 2.67 | 0.20 |
| PI3 | 0.80 | 0.05 | 0.06 | | 0.15 | 0.39 | | | | | | | | | | 1.40 | 0.20 |
| PI4 | 0.80 | 0.04 | 0.05 | | 0.11 | 0.27 | | | | | | | | | | 1.72 | 0.15 |
| PI5 | 0.80 | 0.03 | 0.04 | | 0.07 | 0.19 | | | | | | | | | | 2.05 | 0.10 |
| PI6 | 0.80 | 0.04 | 0.05 | | | | 2.00 | 0.21 | 0.11 | 0.04 | 0.06 | 1.43 | | | | 0.54 | 0.25 |
| PI7 | 0.80 | 0.02 | 0.03 | | | | 2.00 | 0.18 | 0.09 | 0.04 | 0.06 | 1.43 | | | | 0.55 | 0.26 |
| PAV | | | | | | | | | | | | | | | | 2.5*** | 0.2 |
| C1 | | | | | | | | | | | | | | | | 0.99*** | 0.2 |
| V1P | | | | | | | | | | | | | | | | 4.30*** | |
| V2P | | | | | | | | | | | | | | | | 2.90*** | |

NOTAS

Unidades: λ [W/(m.°C)], e [m]; R [(m².°C)/W]; U [W/(m².°C)]

* valor obtido directamente através do ITE54 (Santos e Rodrigues, 2009)

** valor calculado a partir do ITE54 (Santos e Rodrigues, 2009) e ITE50 (Santos e Matias, 2006)

*** valor obtido directamente através do ITE50 (Santos e Matias, 2006)

ANEXO C – Peças Desenhadas dos Casos de Estudo

Largo da Achada, 2

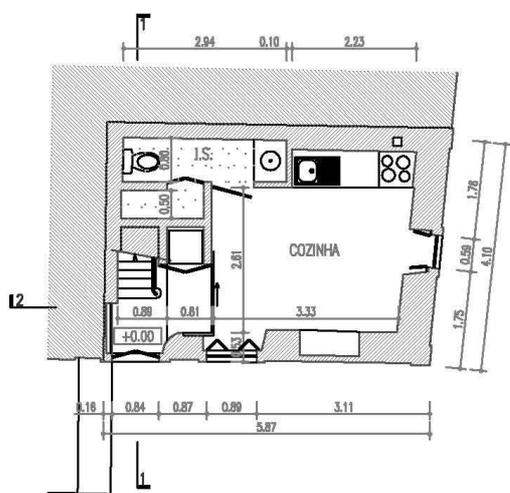


Figura C.1– Planta Piso 0 do edifício do Largo da Achada, 2 (fonte: EPUL, 2007)

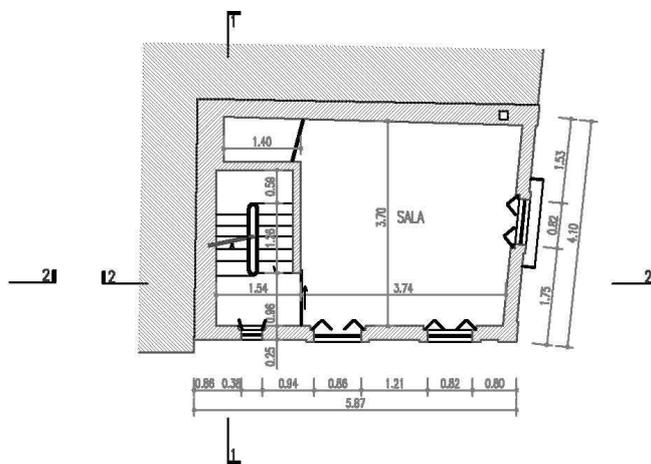


Figura C.2– Planta Piso 1 do edifício do Largo da Achada, 2 (fonte: EPUL, 2007)

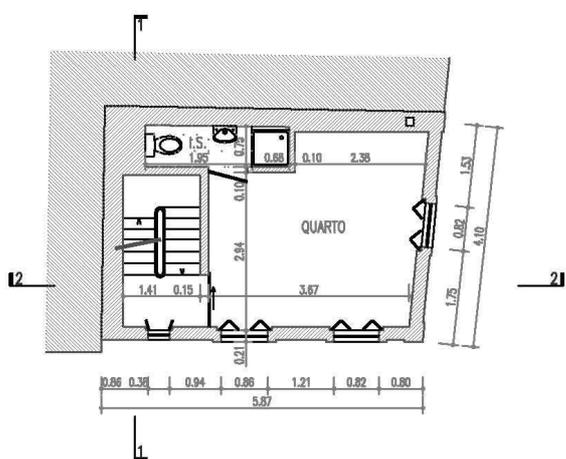


Figura C.3– Planta Piso 2 do edifício do Largo da Achada, 2 (fonte: EPUL, 2007)

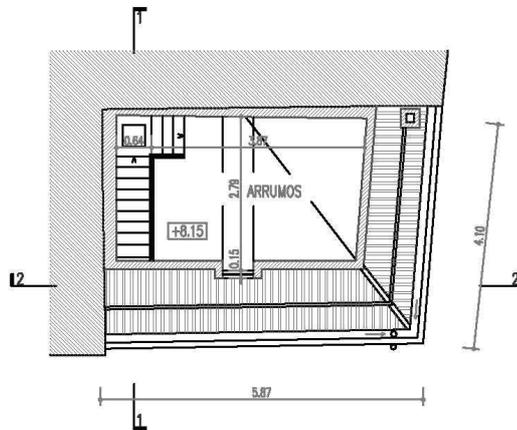


Figura C.4– Planta Piso 3 do edifício do Largo da Achada, 2 (fonte: EPUL, 2007)

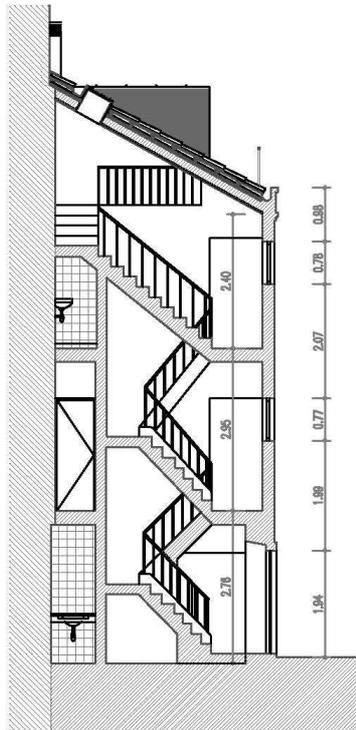


Figura C.5- Corte 1 do edifício do Largo da Achada, 2 (fonte: EPUL, 2007)

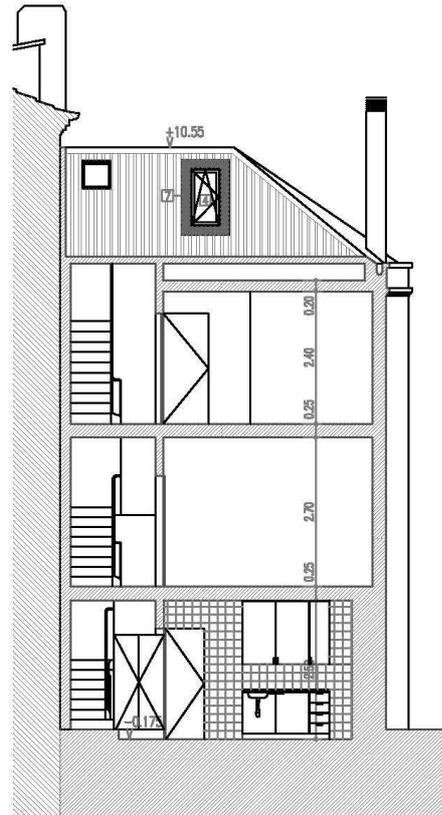


Figura C.6- Corte 2 do edifício do Largo da Achada, 2 (fonte: EPUL, 2007)

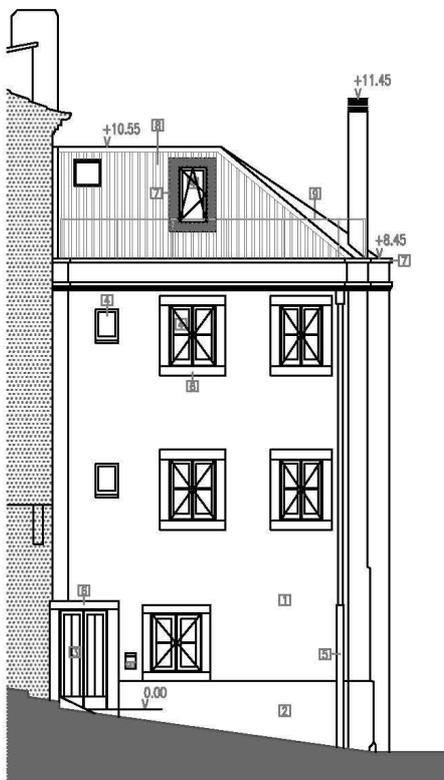


Figura C.7- Alçado Principal do edifício do Largo da Achada, 2 (fonte: EPUL, 2007)

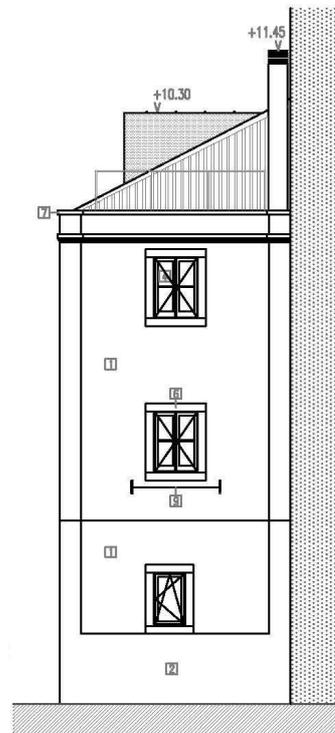


Figura C.8- Alçado Lateral do edifício do Largo da Achada, 2 (fonte: EPUL, 2007)

Rua das Farinhas, 1-3

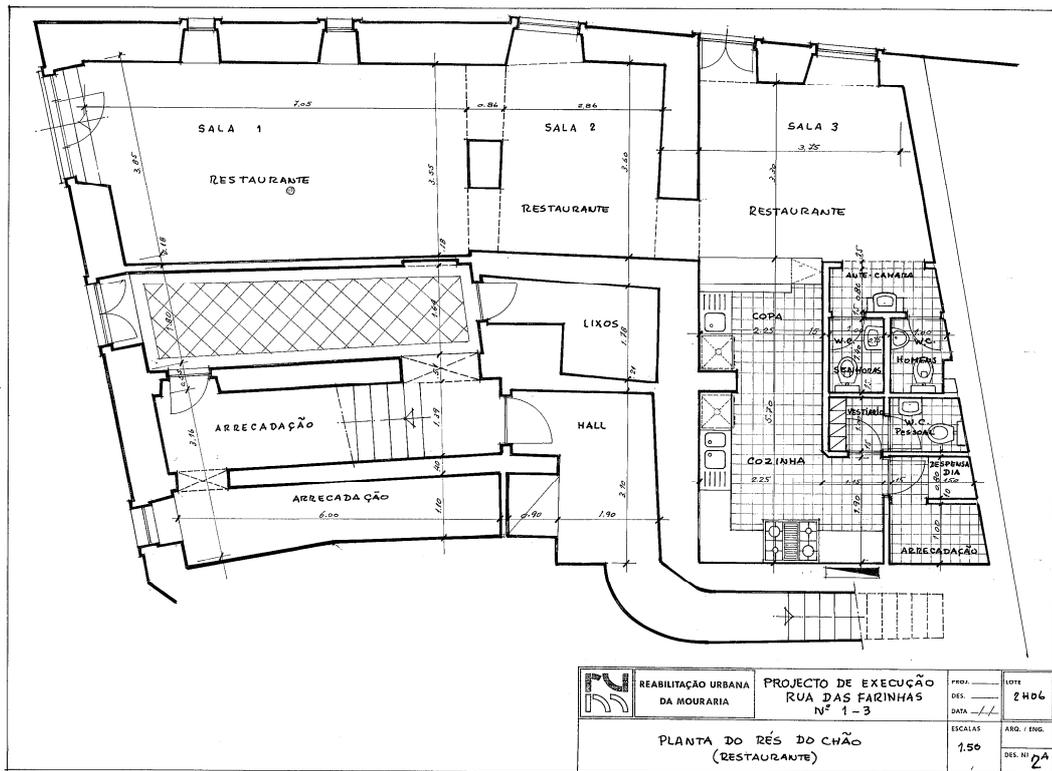


Figura C.9 - Planta Piso 0 do edifício da Rua das Farinhas 1-3 (fonte: Unidade de Projecto da Mouraria, 2007)

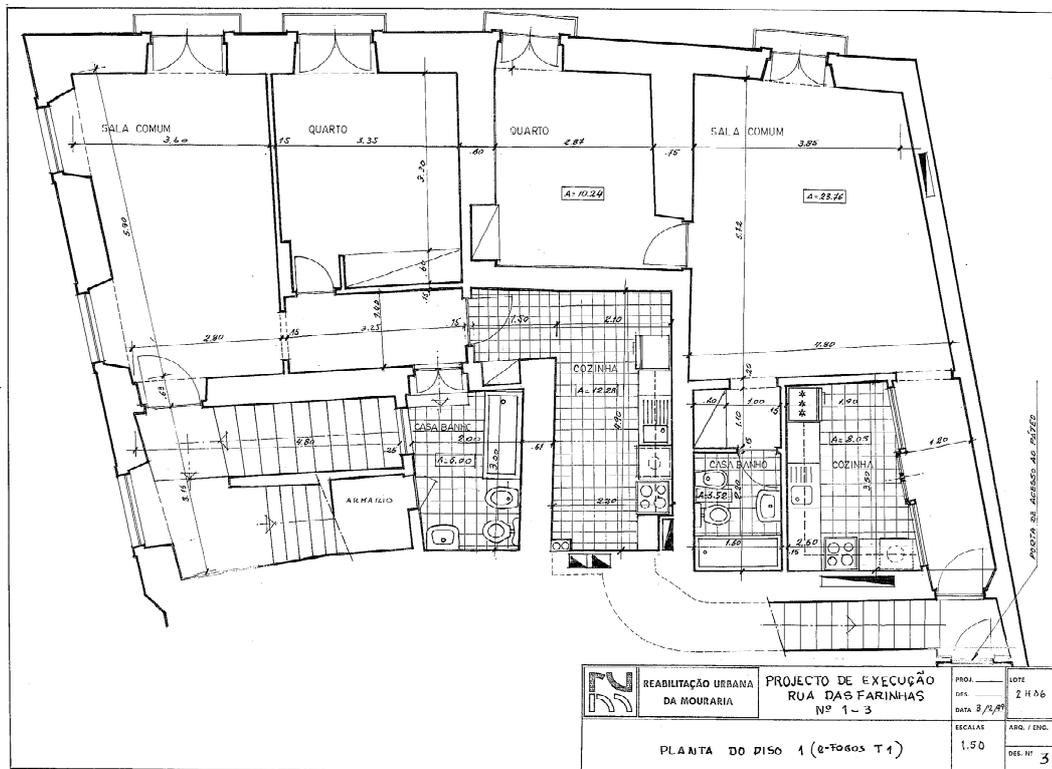


Figura C.10- Planta Piso 1 do edifício da Rua das Farinhas 1-3 (fonte: Unidade de Projecto da Mouraria, 2007)

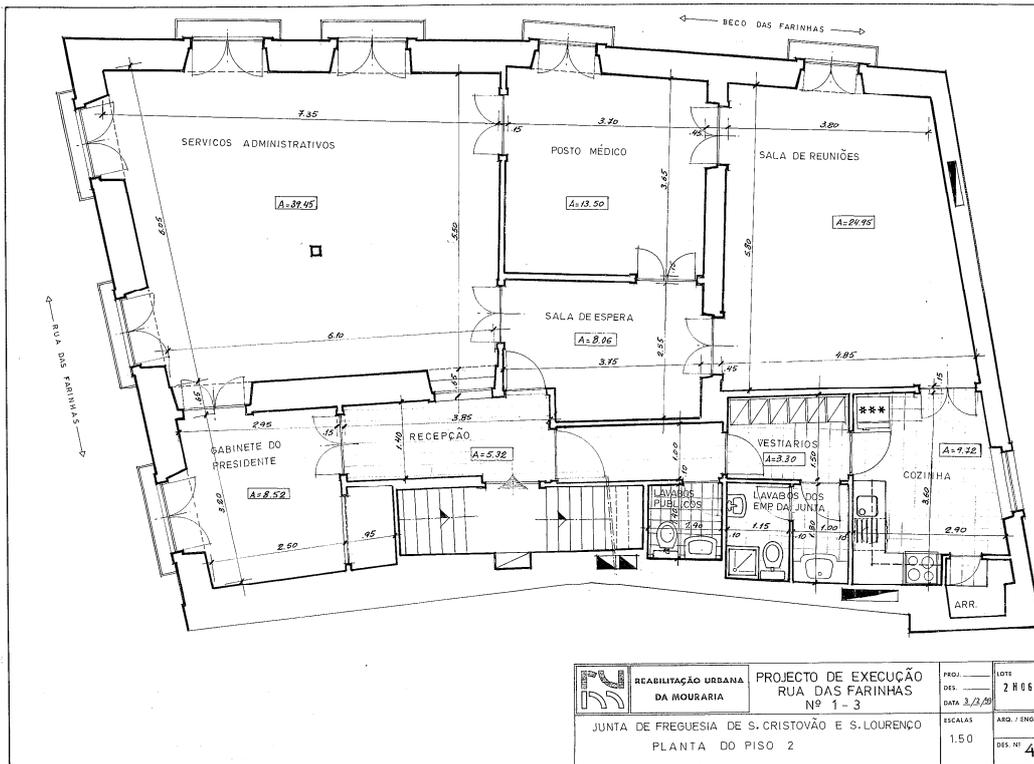


Figura C.11- Planta Piso 2 do edifício da Rua das Farinhas 1-3 (fonte: Unidade de Projecto da Mouraria, 2007)

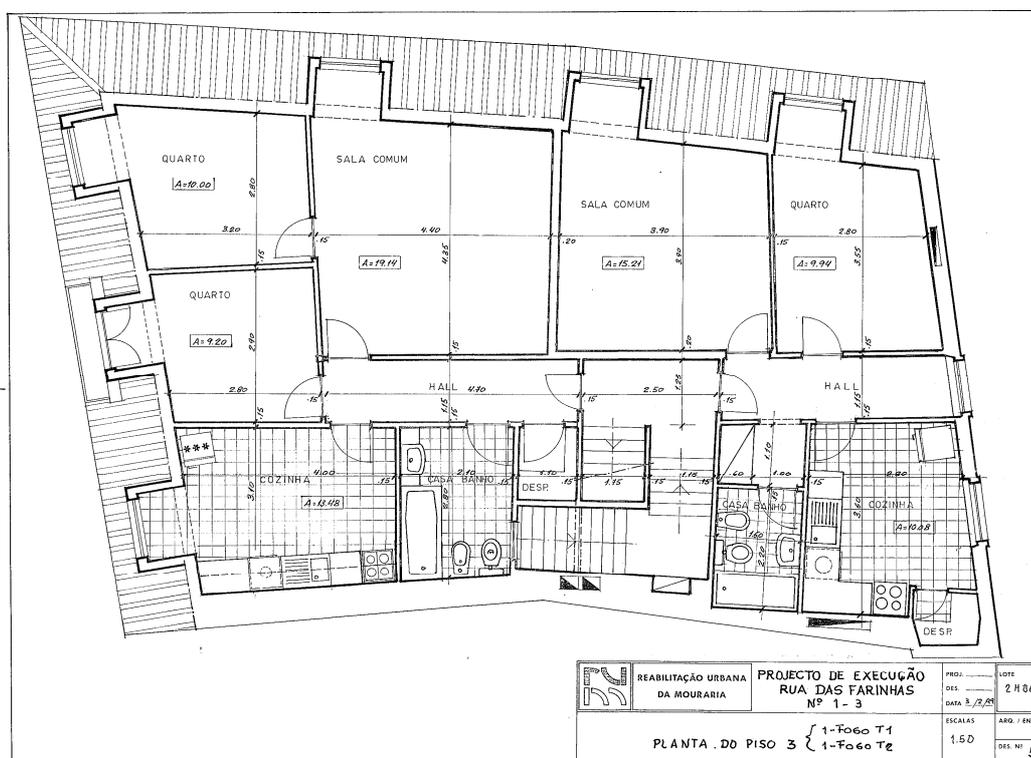


Figura C.12- Planta Piso 3 do edifício da Rua das Farinhas 1-3 (fonte: Unidade de Projecto da Mouraria, 2007)

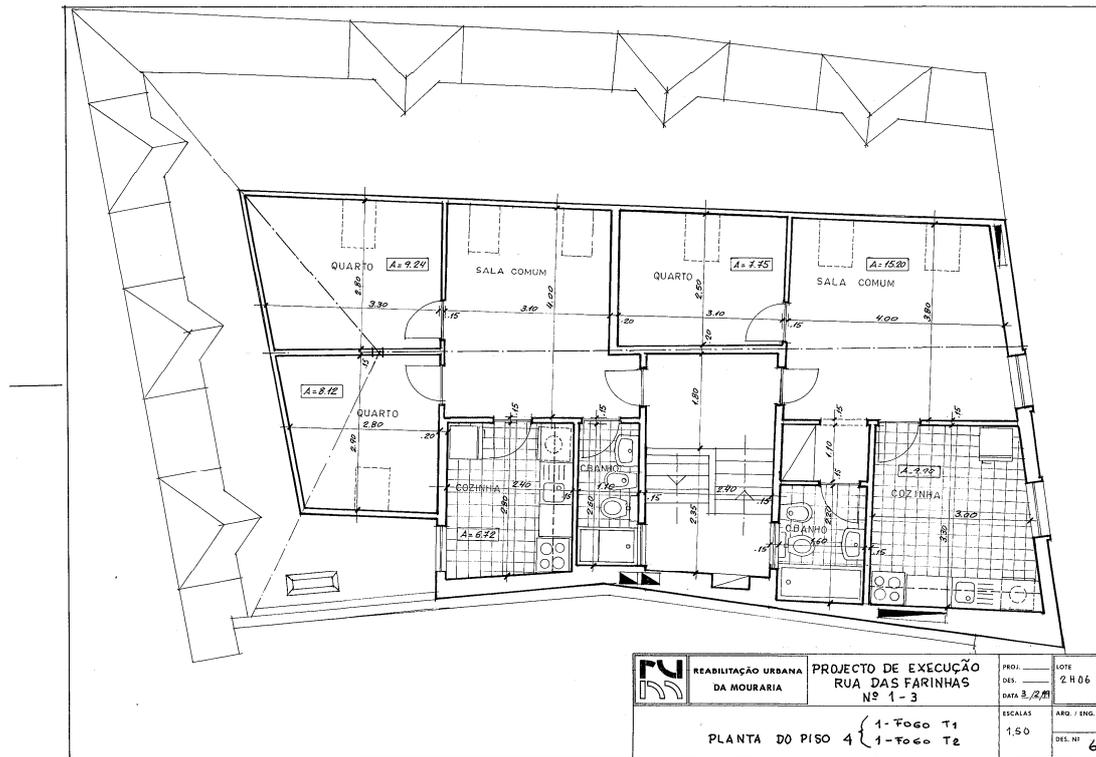


Figura C.13- Planta Piso 4 do edifício da Rua das Farinhas 1-3 (fonte: Unidade de Projecto da Mouraria, 2007)

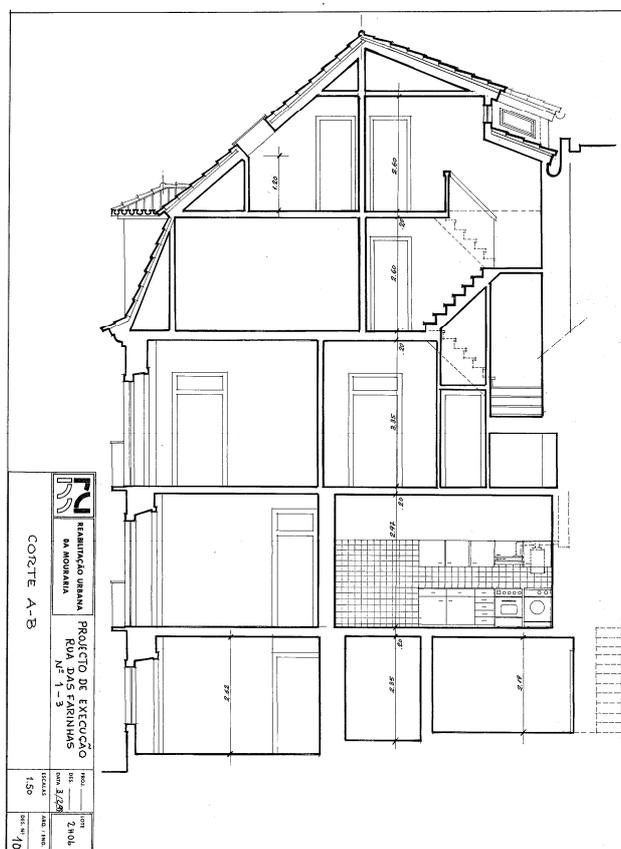


Figura C.14- Corte do edifício da Rua das Farinhas 1-3 (fonte: Unidade de Projecto da Mouraria, 2007)

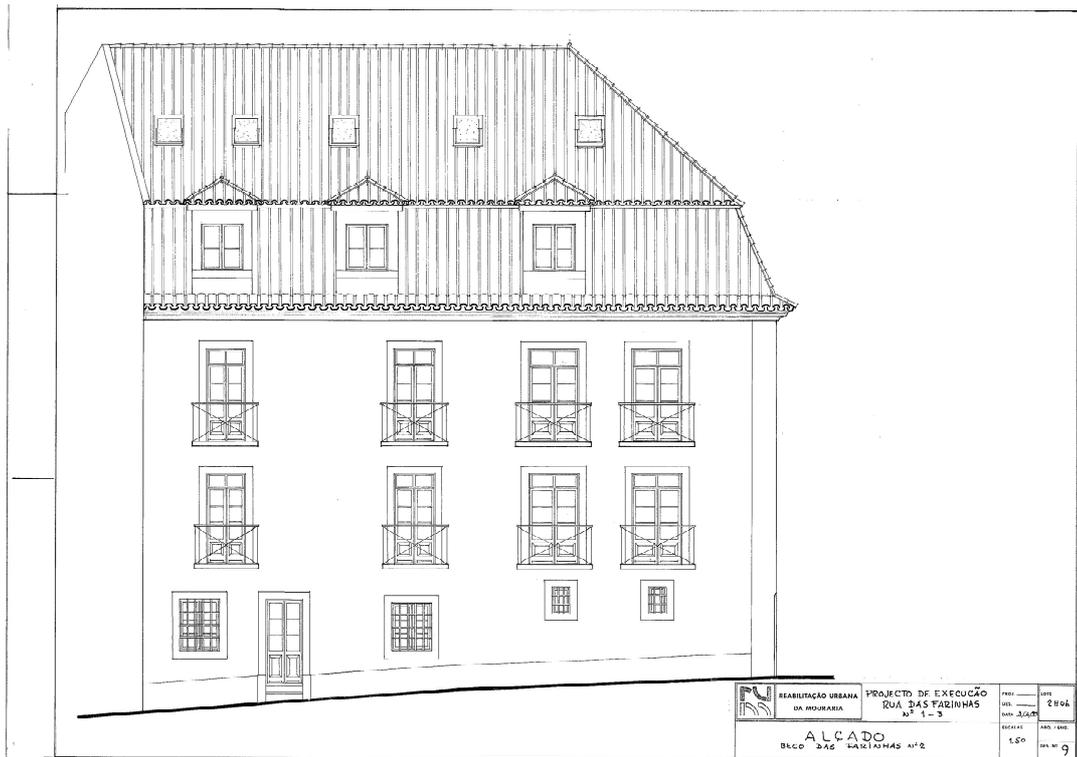


Figura C.15– Alçado Lateral do edifício da Rua das Farinhas 1-3 (fonte: Unidade de Projecto da Mouraria, 2007)



Figura C.16– Alçado Principal do edifício da Rua das Farinhas 1-3 (fonte: Unidade de Projecto da Mouraria, 2007)

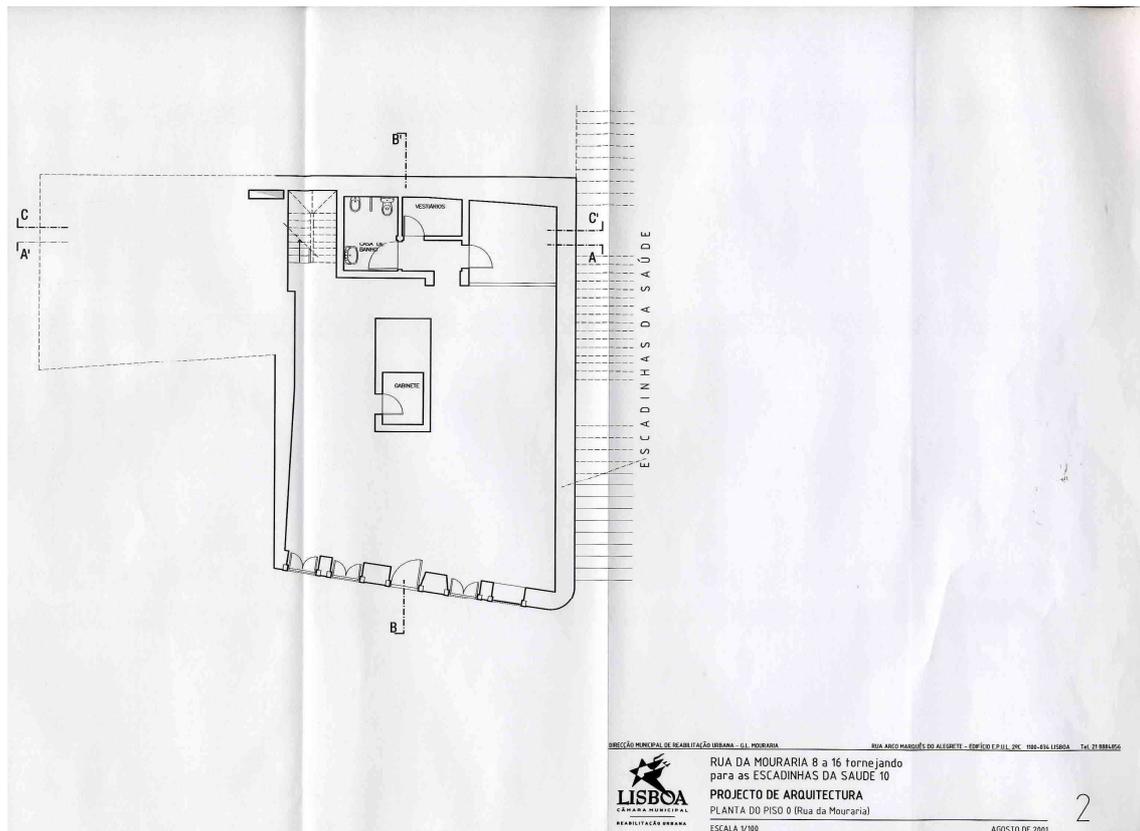


Figura C.17- Planta Piso 0 do edifício da Rua da Mouraria 8-16 (fonte: Unidade de Projecto da Mouraria, 2007)

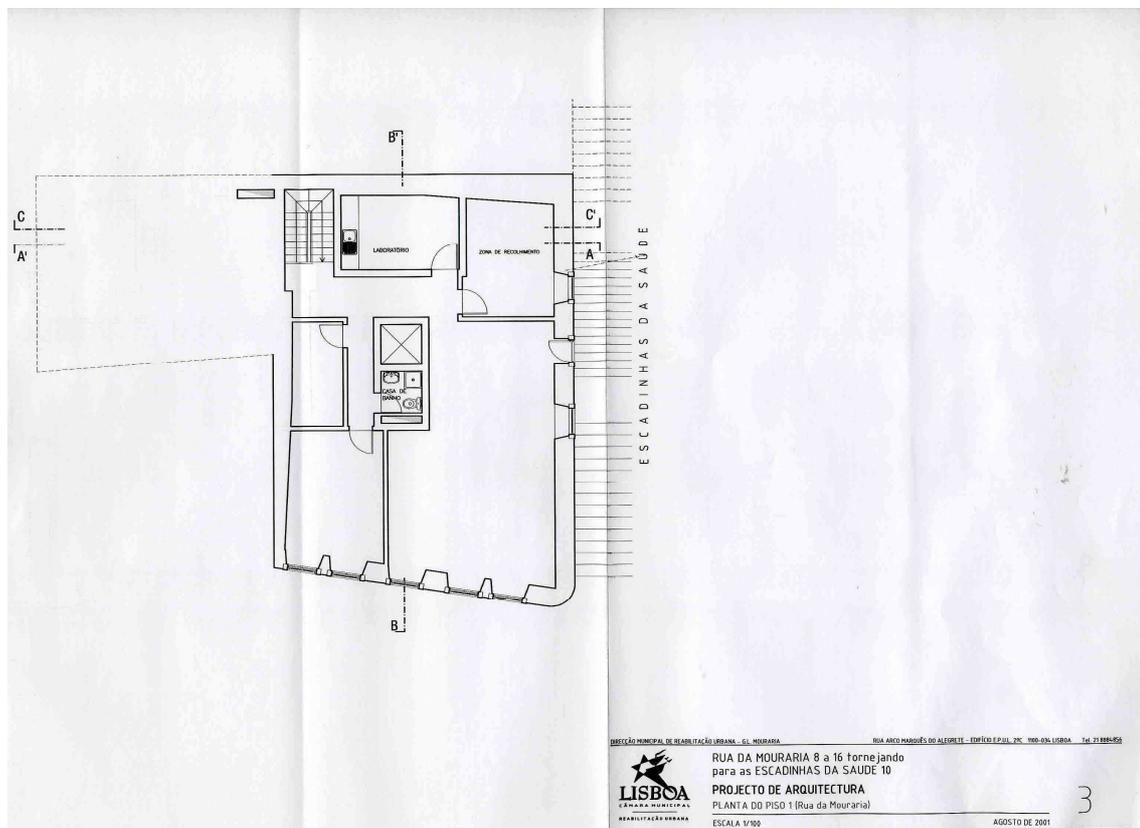


Figura C.18- Planta Piso 1 do edifício da Rua da Mouraria 8-16 (fonte: Unidade de Projecto da Mouraria, 2007)

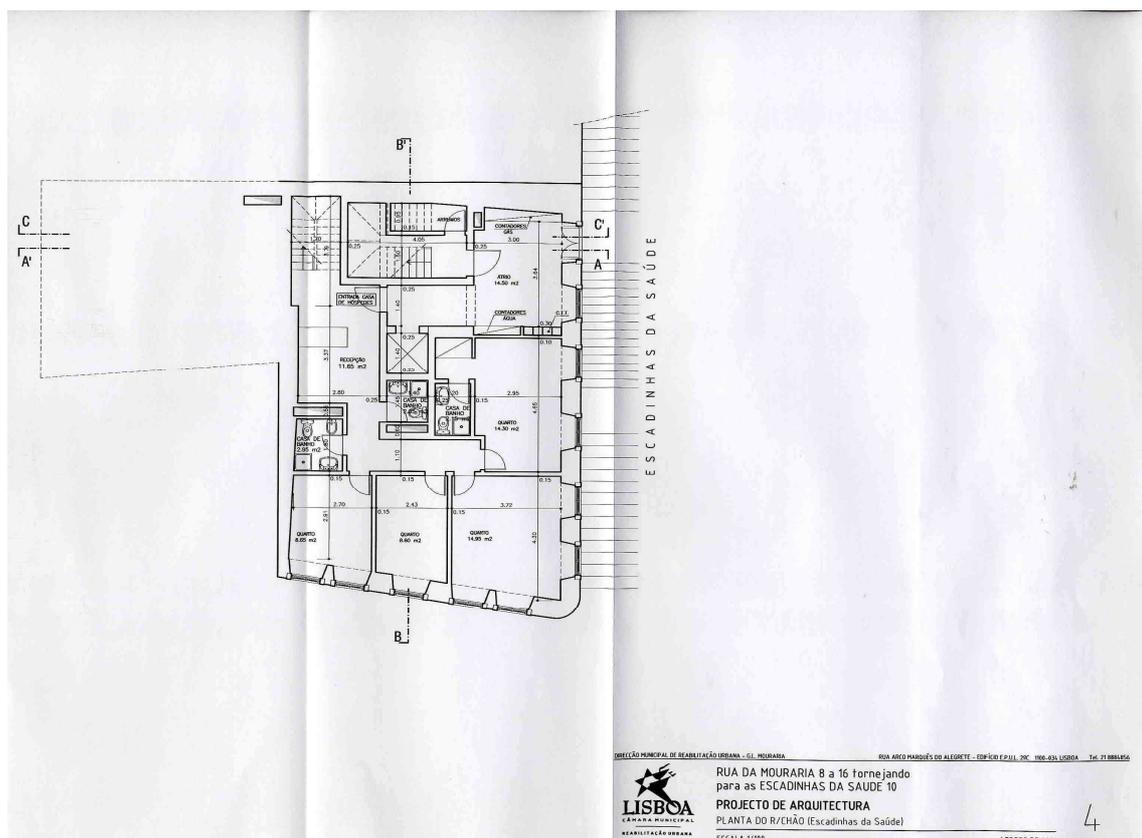


Figura C.19- Planta Piso 2 do edifício da Rua da Mouraria 8-16 (fonte: Unidade de Projecto da Mouraria, 2007)

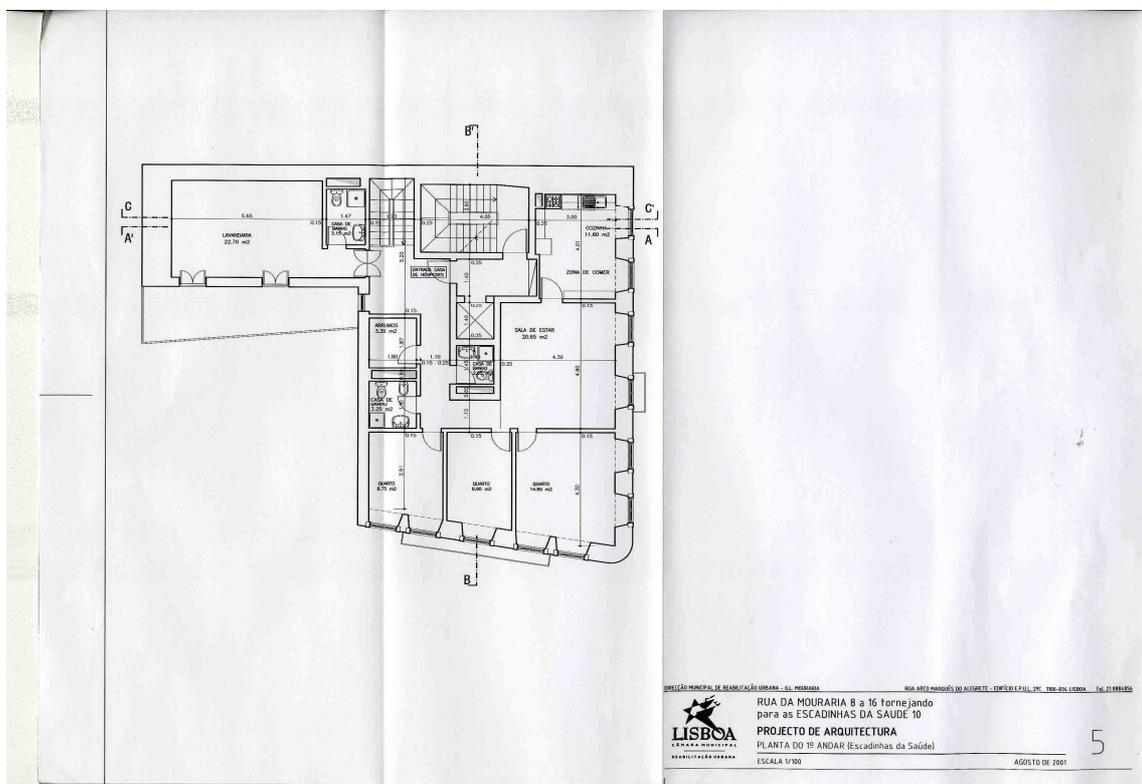


Figura C.20 - Planta Piso 3 do edifício da Rua da Mouraria 8-16 (fonte: Unidade de Projecto da Mouraria, 2007)

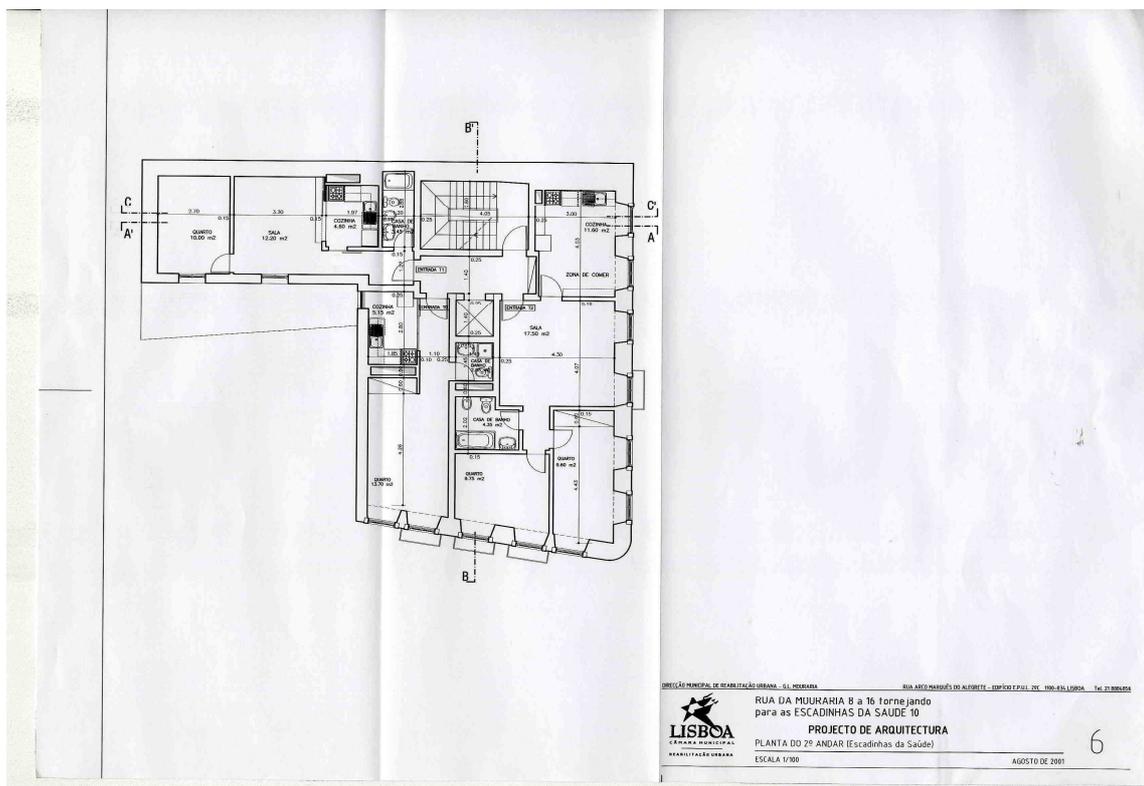


Figura C.21- Planta Piso 4 a 7 do edifício da Rua da Mouraria 8-16 (fonte: Unidade de Projecto da Mouraria, 2007)

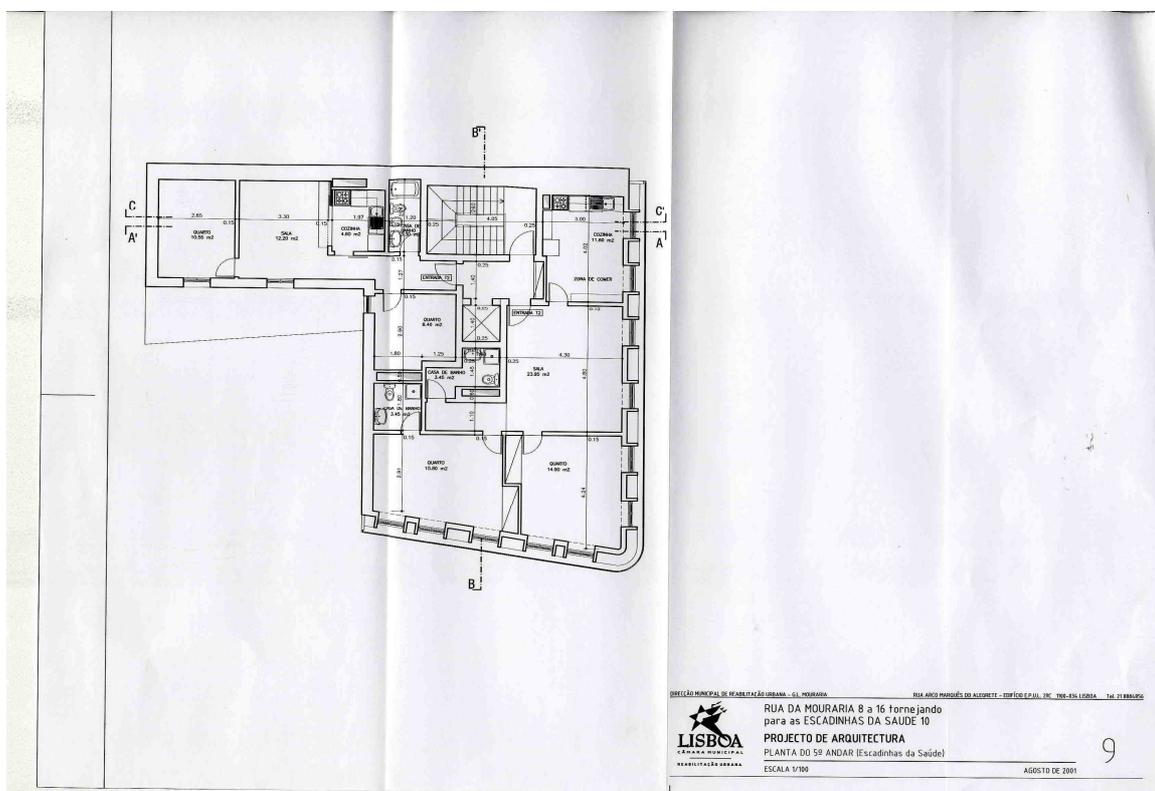


Figura C.22- Planta Piso 8 do edifício da Rua da Mouraria 8-16 (fonte: Unidade de Projecto da Mouraria, 2007)

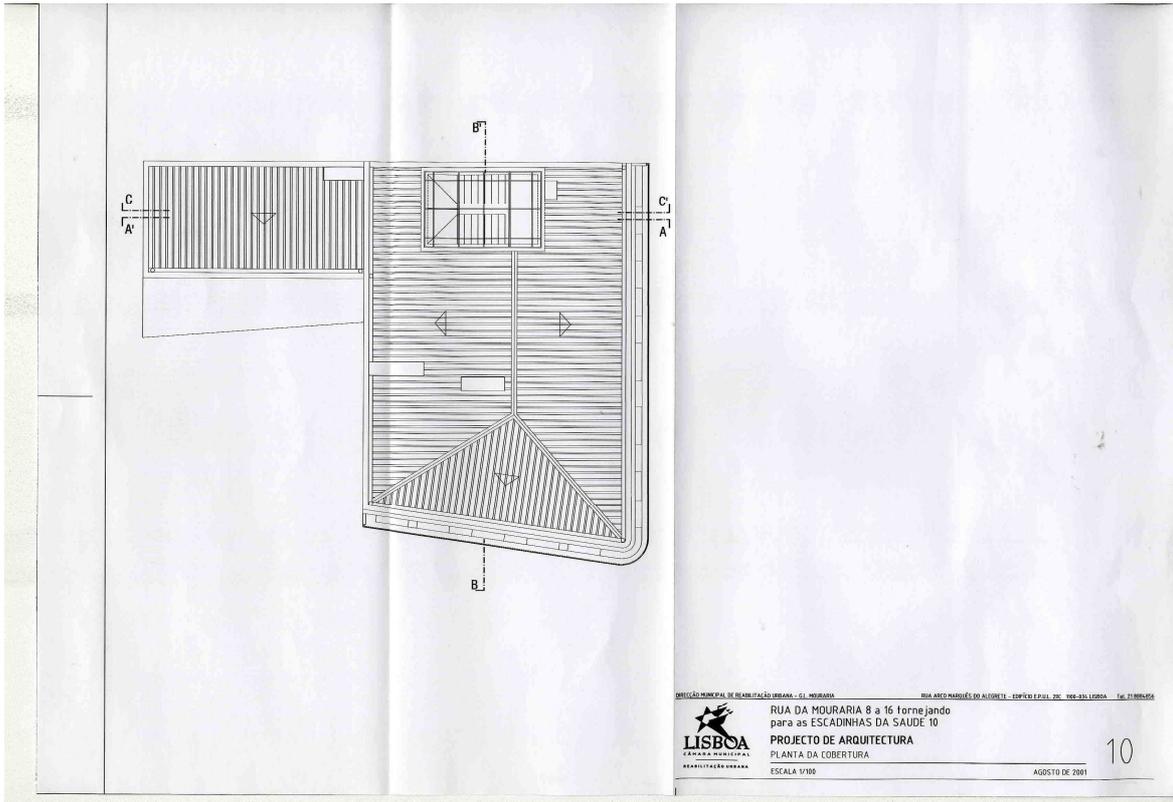


Figura C.23- Planta da Cobertura do edifício da Rua da Mouraria 8-16 (fonte: Unidade de Projecto da Mouraria, 2007)

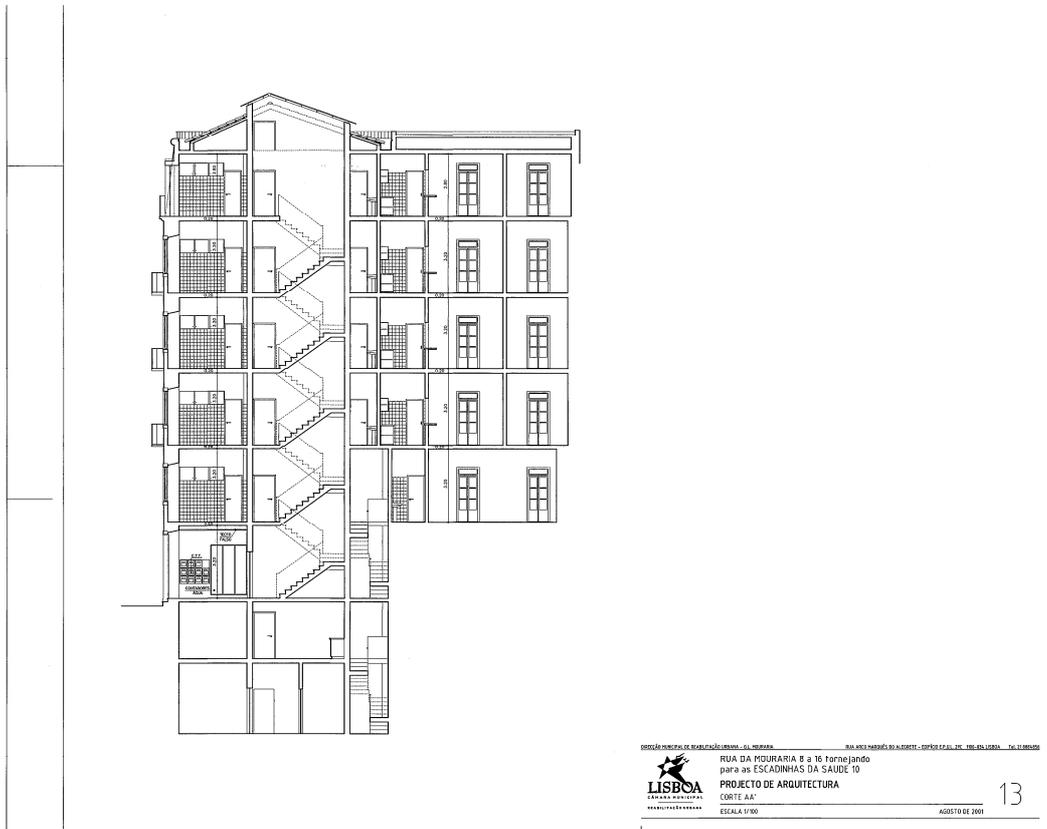


Figura C.24- Corte AA' do edifício da Rua da Mouraria 8-16 (fonte: Unidade de Projecto da Mouraria, 2007)

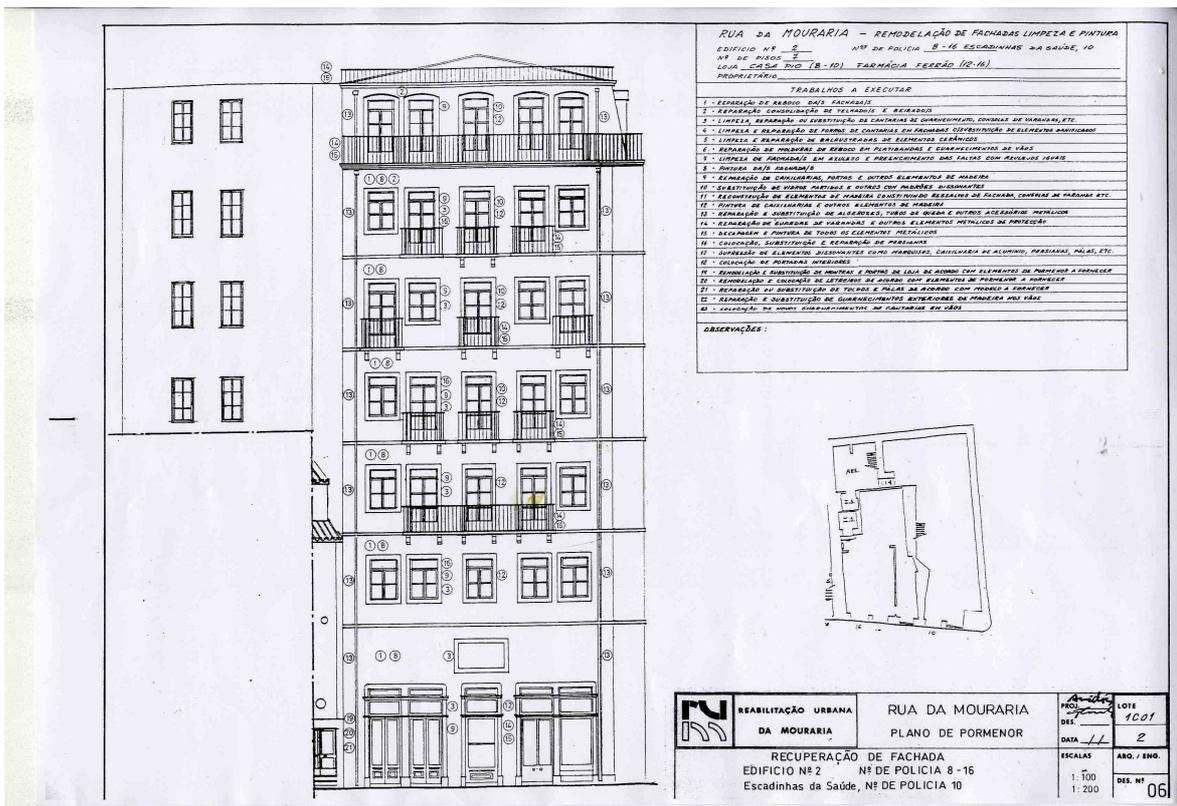


Figura C.25- Alçado Frontal do edifício da Rua da Mouraria 8-16 (fonte: Unidade de Projecto da Mouraria, 2007)

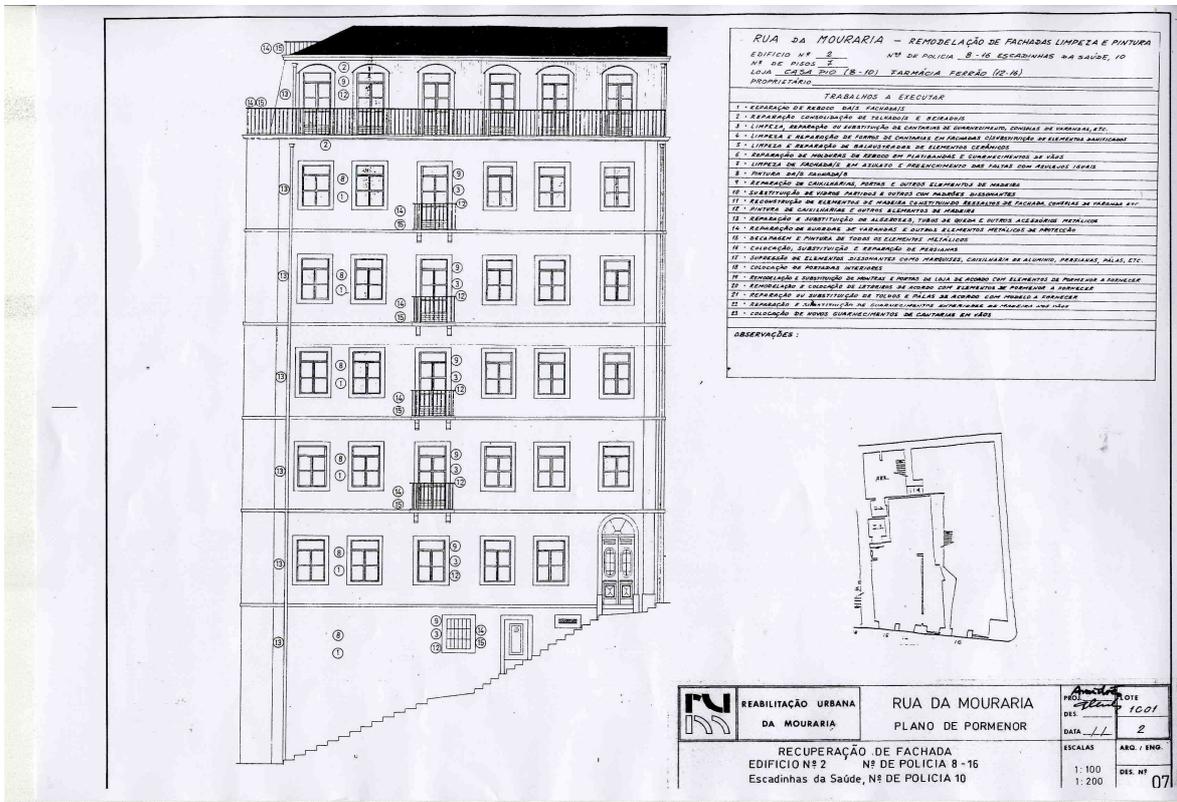


Figura C.26 - Alçado Lateral do edifício da Rua da Mouraria 8-16 (fonte: Unidade de Projecto da Mouraria, 2007)

Rua João do Outeiro, 6-14

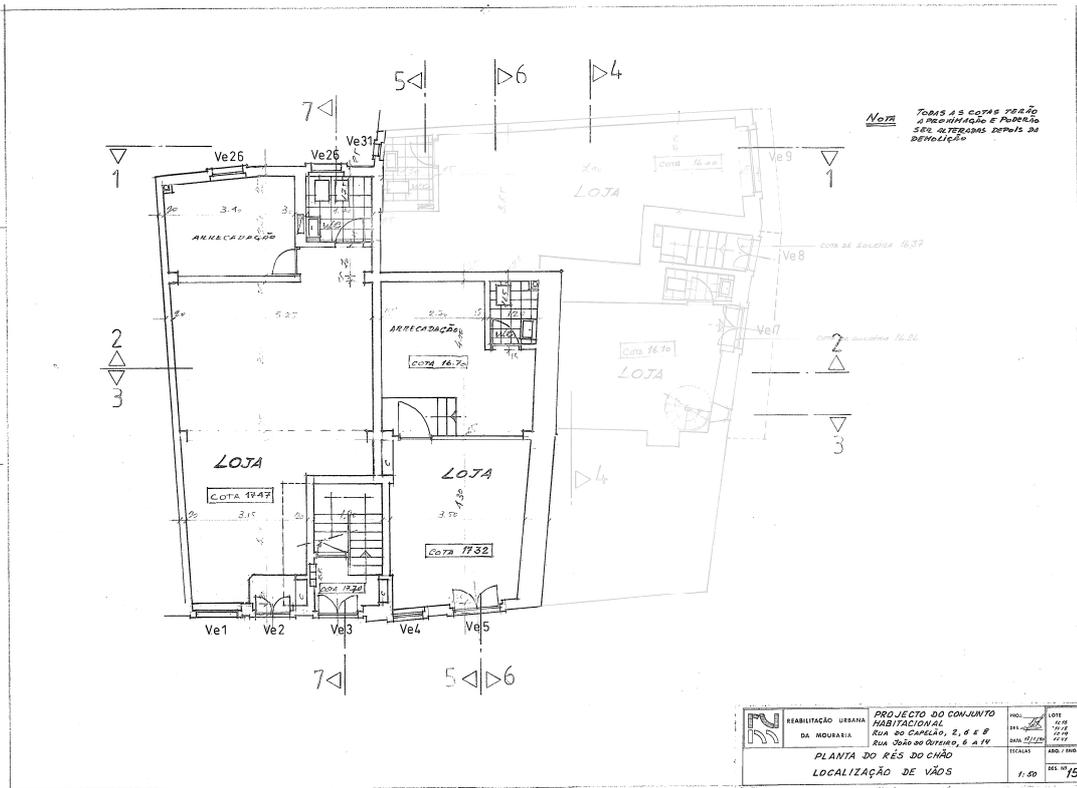


Figura C.27 - Planta do Piso 0 do edifício da Rua João do Outeiro 6-14 (fonte: Unidade de Projecto da Mouraria, 2007)

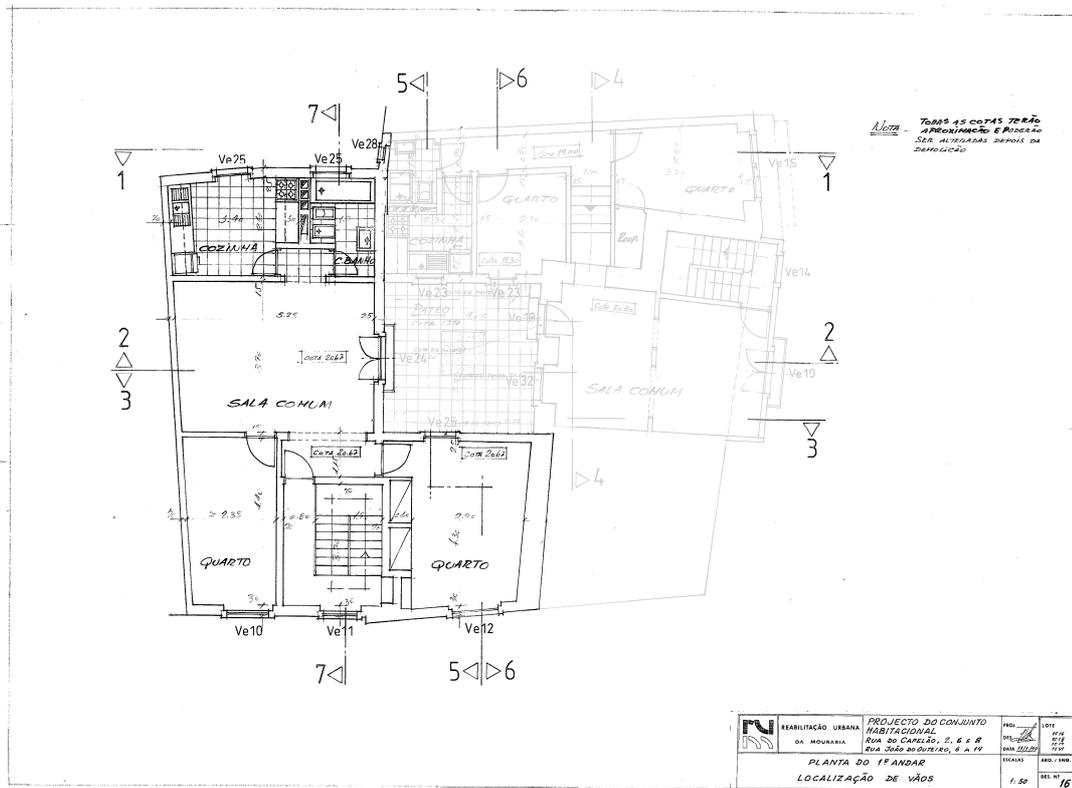


Figura C.28- Planta dos Pisos 1 a 3 do edifício da Rua João do Outeiro 6-14 (fonte: Unidade de Projecto da Mouraria, 2007)

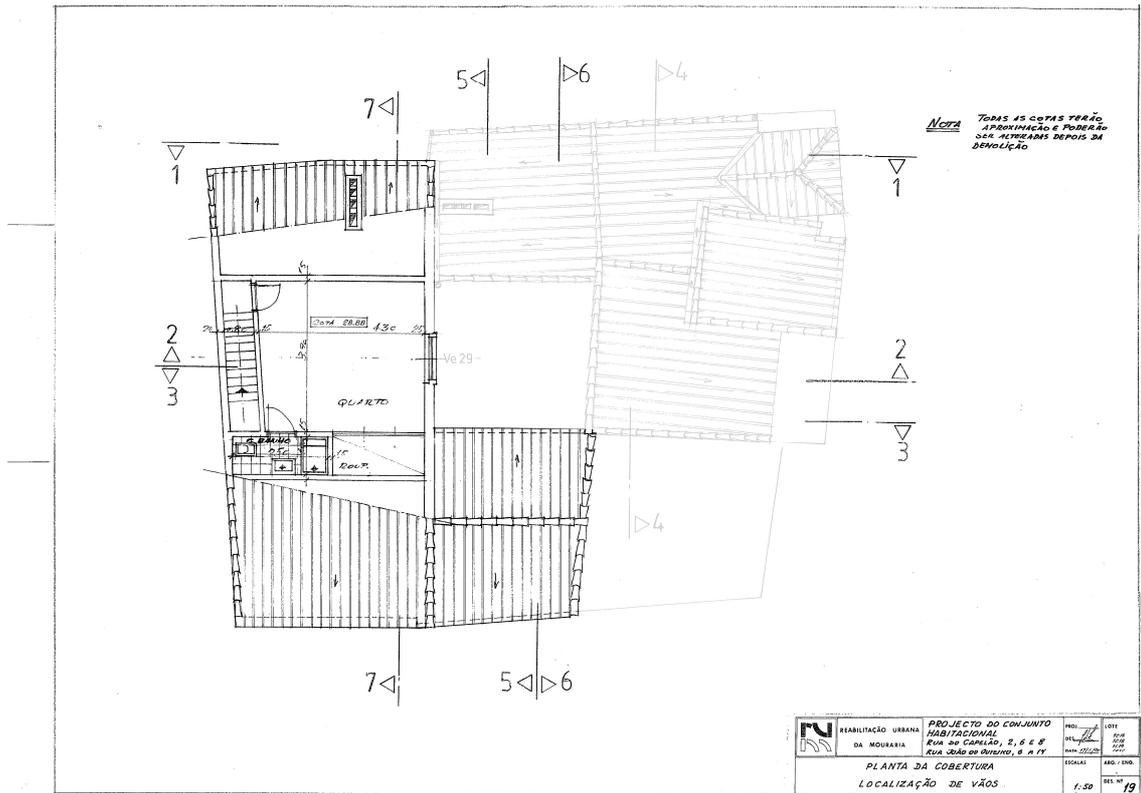


Figura C.29- Planta da Cobertura do edifício da Rua João do Outeiro 6-14 (fonte: Unidade de Projecto da Mouraria, 2007)



Figura C.30- Corte 2-2' do edifício da Rua João do Outeiro 6-14 (fonte: Unidade de Projecto da Mouraria, 2007)

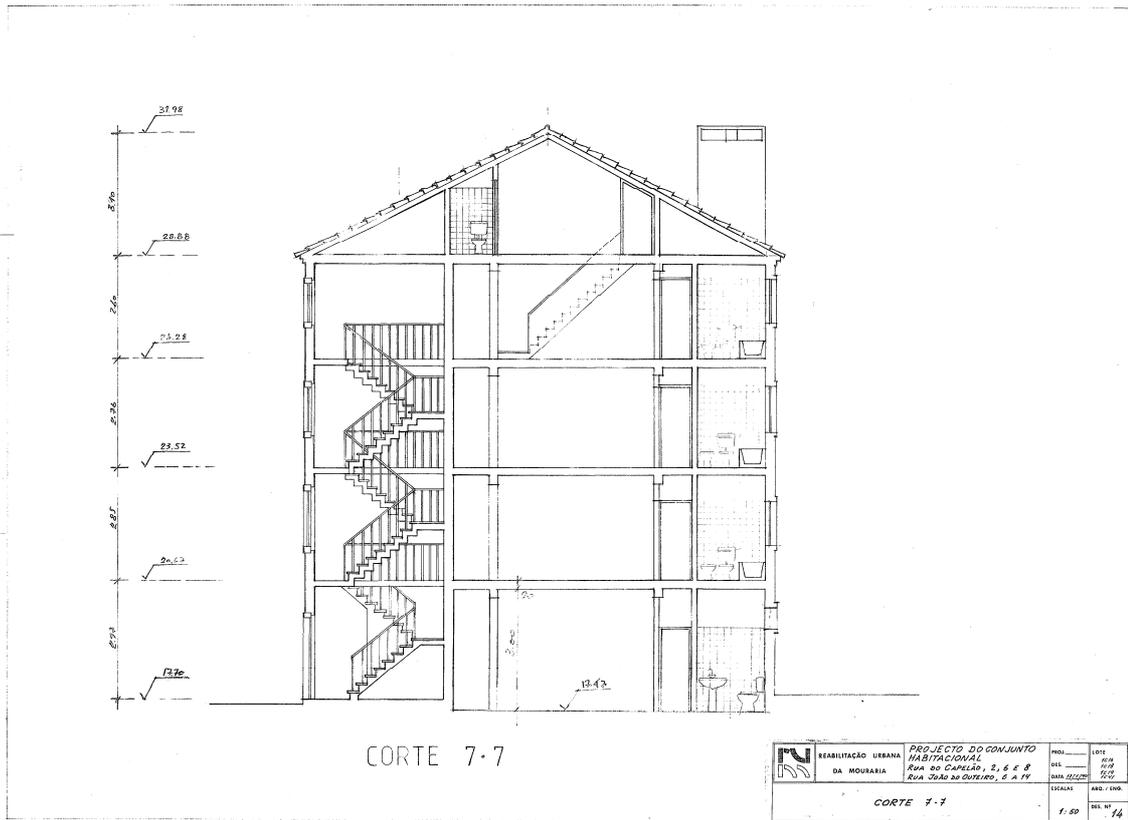


Figura C.31- Corte 7-7' do edifício da Rua João do Outeiro 6-14 (fonte: Unidade de Projecto da Mouraria, 2007)



Figura C.32- Alçado Principal do edifício da Rua João do Outeiro 6-14 (fonte: Unidade de Projecto da Mouraria, 2007)

ANEXO D – Orientações solares dominantes na Mouraria

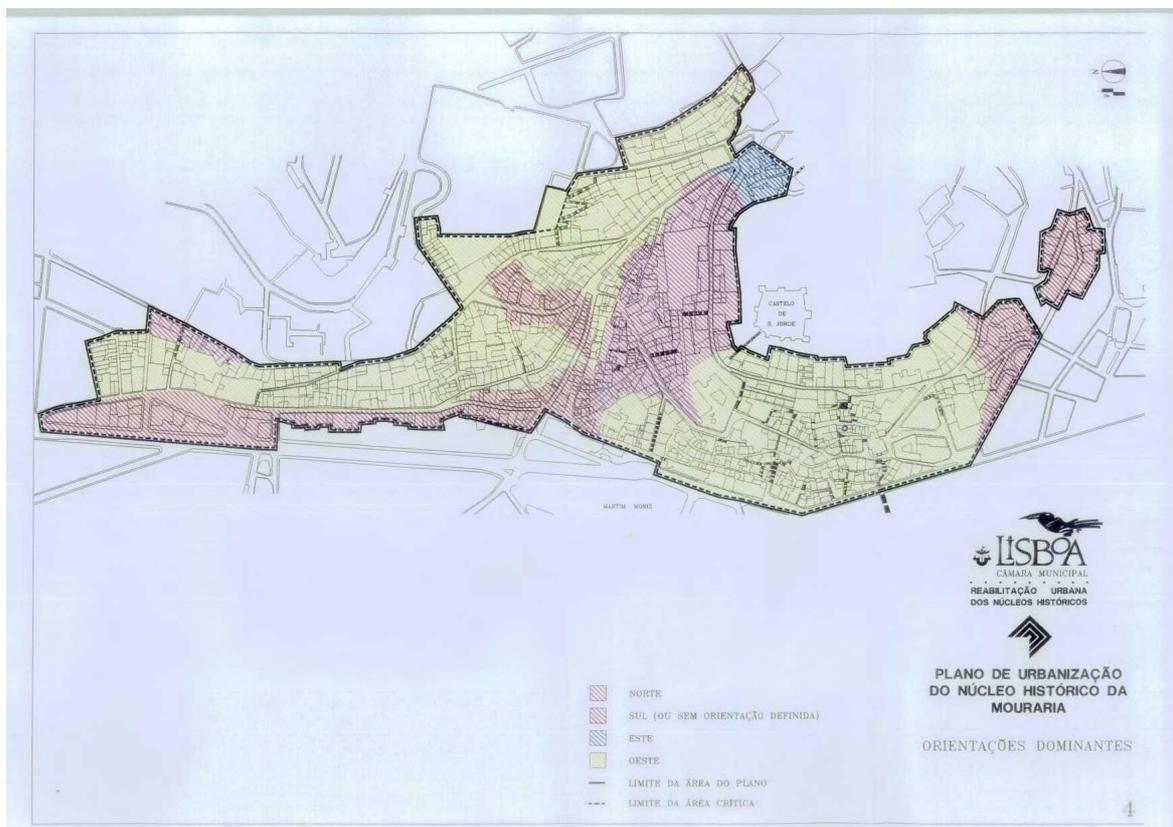


Figura D.1 - Orientações solares dominantes na Mouraria (fonte: AA. VV., 1996)

ANEXO E - Gráfico Temperaturas Médias Máximas e Mínimas



Figura E.1 - Gráfico temperaturas médias máximas e mínimas em Portugal (fonte: autor, 2009)