



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Engenharia

Inspeção técnica e reabilitação de edifício de habitação social com recurso a fachada ventilada

Jessica Alice Fernandes Rato

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Arquitetura

(Ciclo de estudos integrado)

Orientador: Prof. Doutor João Carlos Gonçalves Lanzinha

Covilhã, outubro de 2014

Dedico esta dissertação aos meus pais, Manuel Carlos Varandas Rato e a minha mãe Glória Rodrigues Fernandes, pelo apoio incondicional ao longo destes 25 anos de vida.

Agradecimentos

Este espaço é dedicado a todos as pessoas, que contribuíram para que esta dissertação fosse realizada. A todos um obrigado sincero.

-Gostaria de destacar o papel desempenhado pelo meu orientador, Prof. João Lanzinha por toda a sua dedicação e apoio ao longo destes meses, pela paciência e cordialidade com que sempre me recebeu.

-Um agradecimento especial e com muito carinho ao meu namorado, colega de curso e amigo Alexandre Da Costa por me apoiar nos bons e nos maus momentos desta vida académica.

-Deixo também um agradecimento a todos os professores ao longo de 20 anos de estudo, em especial ao professor Alexandre Gadanho, por me ter inculcido o gosto pelas Artes e também à professora Anabela Silvestre, pelo apoio dado na minha dissertação.

-Aos meus pais que sempre acreditaram em mim e sempre me deram forças para nunca desistir dos meus sonhos.

-A todos que de uma forma ou de outra fizeram parte do meu percurso académico.

Obrigado a todos

Resumo

O estado de conservação dos edifícios de habitação sofre com a ação dos agentes exteriores, traduzindo-se na sua degradação ao longo dos anos. Então é cada vez mais importante garantir as condições mínimas de conforto e habitabilidade aos seus ocupantes.

O objetivo deste trabalho é a inspeção técnica e reabilitação da envolvente exterior de um edifício de habitação social. Para que esta ficasse bem estruturada surgiu a necessidade de fazer um estudo prévio da história e evolução técnica da fachada.

A fachada é um dos elementos mais importantes no que diz respeito ao desempenho energético dos edifícios ao longo da evolução técnica da construção, sendo necessário melhorar continuamente o edificado menos recente em Portugal, de forma a obter melhorias na eficiência energética e até mesmo da própria estética, que é muito importante para salubridade das cidades. Pretende-se então na parte inicial desta dissertação abordar a evolução das paredes exteriores, a sua variedade no que diz respeito a materiais, a sua função perante a sua envolvente e toda a informação que se achou relevante perante o tema.

Depois do estudo da fachada pretende-se então desenvolver um modelo de inspeção técnica e descrever a utilidade da inspeção técnica dos edifícios. A elaboração de um diagnóstico das principais patologias do edifício permitirá fazer um levantamento geral das suas características e também das suas condições de conservação. Nesta parte prática para além de se fazer o levantamento das características e do respetivo enquadramento do edifício em estudo, pretende-se inspecionar o estado de conservação e avaliar a qualidade das fachadas com base em exigências de qualidade. Isto é desenvolver grelhas de níveis de qualidade segundo o coeficiente de transmissão térmica de cada elemento que irá ser alvo de estudo.

Por fim pretende-se propor uma solução de reabilitação através da utilização da técnica de fachada ventilada de um edifício do parque habitacional da Covilhã, Boidobra, com justificação técnica da proposta, execução de peças desenhadas e realização de 3D, com objetivo de conseguir obter uma ilustração das alterações que o edifício irá sofrer a nível estético.

Antes de dar início a solução de reabilitação é explicado no que consiste a fachada ventilada, a sua diversidade, tipo soluções atuais e quais os materiais existentes no mercado. A escolha da fachada ventilada, é por este ser um método funcional, ter um potencial valor estético e também térmico.

Deste modo reabilitação é cada vez mais importante, de modo a preservar a construção envelhecida e evitando ao máximo as demolições. A fachada ventilada proposta será o elemento que irá valorizar as condições do edifício em estudo.

Palavras-chave

Fachada, inspeção técnica, desempenho térmico, fachada ventilada, reabilitação.

Abstrat

The condition of the housing buildings suffers from the action of external agents, resulting in its degradation over the years. So it is increasingly important to ensure the minimum conditions of habitability and comfort to its occupants.

The objective of this work is the technical inspection and rehabilitation of the external surroundings of a building of social housing. For this to be well structured it was necessary to make a preliminary study of the historical and technical evolution of the facade.

The facade is one of the most important elements regarding the energy performance of buildings throughout the technical evolution of construction, being necessary to continuously improve the less recent built in Portugal in order to achieve improvements in energy efficiency and even the aesthetic itself, which is very important for the health of cities. It is intended in the early part of this dissertation address the evolution of the outer walls, its variety in regards to materials, its function before its surroundings and all the information that was found relevant to the topic. After studying the facade we intend to develop a model of technical inspection and describe the usefulness of technical inspection of buildings. The elaboration of a diagnosis of the major pathologies of the building will make a general survey of its features and also the conditions of its conservation. Beyond this practical part of doing a survey of the characteristics and the respective framework of the building under study, we intend to inspect the condition and assess the quality of facades based on quality requirements. This is, developing grids of quality levels according to the heat transfer coefficient of each element that will be questioned.

Finally we intend to propose a solution of rehabilitation through the use of the technique of ventilated facade of the park building housing of Covilhã, Boidobra, with technical justification of the proposal, execution drawings and 3D realization, in order to achieve an illustration of the changes that the building will suffer in an aesthetic level.

Before beginning the rehabilitation solution it is explained in what the ventilated facade consists in, its diversity, for example current solutions and the existing materials in the market. The choice of ventilated facade is because this is a functional test and has a potential heat value as well as aesthetic.

This rehabilitation mode is increasingly important in order to preserve the aged construction so as to avoid the demolitions; the ventilated facade is the element that will enhance the condition of the building under study.

Keywords:

Facade, technical inspection, thermal performance, ventilated façade, rehabilitation.

Índice

1 Introdução	3
1.1 Enquadramento	3
1.2 Importância do tema	3
1.3 Motivações	3
1.4 Objetivos	4
1.5 Metodologia e estrutura do trabalho	4
2 Conceito de fachada	9
2.1 Origem da fachada	9
2.2 Definição da fachada	10
2.3 Função	12
2.4 Componentes	15
2.5 Materiais	15
2.5.1 Terra crua	15
2.5.2 Madeira	16
2.5.3 Metal	17
2.5.4 Tijolo	17
2.5.5 Pedra	18
2.5.6 Betão	20
2.5.1 Vidro	21
2.6 Evolução da parede exterior em Portugal	23
2.7 Controlo da fachada segundo diversos agentes	26
2.7.1 Água sob todas as suas formas	26
2.7.2 Ar	26
2.7.3 Calor	27
2.7.4 Ruído	27
2.7.5 A luz e as suas vistas	27
2.7.6 Controlo dos acessos	27
2.7.7 Resistência ao fogo	28
2.7.8 Função estrutural	28
2.7.9 A função estética	28
3 Análise do caso de estudo	33
3.1 Introdução	33

3.2	Enquadramento	34
3.2.1	Espaços verdes	34
3.2.2	Acessos viários	34
3.2.3	Orientação solar	34
3.2.4	Estacionamento público.....	34
3.2.5	Dados climáticos.....	34
3.3	Proposta modelo de inspeção visual e avaliação exigencial	35
3.3.1	Introdução	35
3.3.2	Estudo inicial essencial para dar início à inspeção	35
3.3.3	Proposta do modelo de inspeção visual	38
3.3.4	Aplicação do modelo de inspeção visual	47

4 Avaliação exigencial com atribuição do nível de qualidade térmica ao edifício existente 61

4.1	Enquadramento	61
4.2	Proposta dos níveis de qualidade	62
4.2.1	Cálculo dos níveis de elementos verticais (parede).....	64
4.2.2	Cálculo dos níveis de qualidade dos vãos envidraçados	64
4.2.3	Cálculo fator solar máximos admissíveis dos vão envidraçados.....	65
4.2.4	Elementos horizontais	66
4.2.5	Ponte térmica plana	66
4.3	Tabelas finais de avaliação dos níveis de qualidade térmica.....	67
4.4	Nível de qualidade dos elementos da envolvente do edifício de habitação social ..	72
4.4.1	Elemento vertical (parede exterior)	72
4.4.2	Nível de qualidade de vãos envidraçados	73
4.4.3	Nível de qualidade de elementos horizontais (Esteira).....	75
4.4.4	Nível de qualidade de uma ponte térmica plana	76
4.4.5	Nível de qualidade do fator solar dos vãos envidraçados	78
4.4.6	Tabela síntese dos níveis de qualidade.....	79

5 Caracterização da solução proposta 83

5.1	Definição da fachada ventilada	83
5.2	Elementos que compõem a fachada ventilada	83
5.3	Vantagem da fachada ventilada	84
5.4	Descrição dos materiais disponíveis.....	86
5.4.1	Painéis de pedra natural	86
5.4.2	Painéis de betão polímero	87

5.4.3	Painéis de alumínio	88
5.4.4	Painéis cerâmicos.....	90
5.4.5	Painéis em madeira	91
5.4.6	Painéis de vidro	92
5.4.7	Painéis fenólicos.....	93
5.5	Estimativa de custos	94
5.6	Proposta para a reabilitação de edifício de habitação social.....	95
5.6.1	Seleção do material de revestimento para o caso de estudo.....	95
5.6.2	Seleção do Isolamento	97
5.6.3	Proposta de novas janelas	98
5.6.4	Sistema de fixação e outros elementos importantes da solução proposta	99
5.6.5	Melhorias do nível de qualidade térmica.....	102
5.6.6	Orçamento estimativo	109
6 Conclusões finais		115
Referências		117

Anexo I - Desenhos técnicos

Anexo II - Fotos edifício existente | 3D proposta

Anexo III - Fotos de anomalias no interior

Lista de Figuras

Figura 1 - Evolução da técnica construtiva [1]	9
Figura 2 - Cabana primitiva [2]	10
Figura 3 - Esquema com definição da fachada segundo diferentes agentes, adaptado de ADEME 2011	11
Figura 4 - Arquitetura da cidade de Lisboa [35].....	12
Figura 5 - Arquitetura da cidade de Barcelona [36]	12
Figura 6- Esquema das seis funções da fachada, adaptado da empresa Petrone Architecture	14
Figura 7- Componentes da fachada	14
Figura 8 - Esquema de alguns materiais existentes na conceção da fachada	15
Figura 9 - Compilação de construções em terra [37]	16
Figura 10 - Obra com vários elementos em madeira, Taliesin Oeste, Frank Lloyd Wright [38]	16
Figura 11- Obra com fachada metálica, Clinica Lou Ruvo Center, Frank Gehry [39].....	17
Figura 12- Pirâmides de Gizé e o Taj Mahal [41].....	19
Figura 13 - Obra arquitetónica em betão, Igreja Jubileu, Richard Meier [42]	21
Figura 14- Conjunto de obras arquitetónicas, com base na transparência do vidro [43]	22
Figura 15 - Esquema tipo de vidros	23
Figura 17 - Evolução da parede segundo diferentes técnicas [11]	24
Figura 16 - Técnica de alvenaria antigas em Portugal [11].....	24
Figura 18 - Agentes que atuam na fachada [15].....	29
Figura 19- Foto do edifício em estudo	33
Figura 20 - Implantação do edifício de habitação social (Google earth).....	33
Figura 21 - Localização da Covilhã no mapa de Portugal Zonas climáticas de inverno no continente Zonas climáticas no verão.	34
Figura 22 - Elementos da envolvente.....	36
Figura 23 - Decomposição da fachada.....	37
Figura 24 - Classificação das anomalias	37
Figura 25 - Gráfico de classificação global	57
Figura 26 - Ficha de cálculo do coeficiente térmico superficial da parede, U, em (W/(m ² . °C))	72
Figura 27 - Ficha do coeficiente térmico superficial segundo as características dos vãos, U, em (W/(m ² . °C)).	73
Figura 28 - Ficha do coeficiente térmico superficial segundo as características da cobertura, U, em (W/(m ² . °C))	75
Figura 29 - Ficha do coeficiente térmico superficial segundo as características do pavimento sobre espaço não útil, U, em (W/(m ² . °C)).....	76
Figura 30 - Ficha do coeficiente térmico superficial segundo as características da ponte térmica da parede, U, em (W/(m ² . °C)).	77
Figura 31 - Foto original	80
Figura 32 - Zona de ensaio de termografia alçado posterior.....	80
Figura 33 - Gráfico referente à linha p1	80
Figura 34 - Escala de temperatura.....	80
Figura 35 - Gráfico de temperatura da zona de ensaio (quarto)	80
Figura 36 - Composição da fachada ventilada	84
Figura 37- Vantagens das fachadas ventiladas [34]	85
Figura 38 - Vantagens das fachadas ventiladas [34]	85
Figura 39 - Acabamentos em granito, calcário e mármore [25]	86
Figura 40 - Composição da fachada em painéis de betão polímero [25]	87

Figura 41 - Detalhes de junta e remates Edifício com sistema de fachada ventilada com alumínio perfilado [14]	88
Figura 42 - Corte de um painel tricamada de alumínio Edifício da Peugeot com sistema de fachada ventilada com alumínio perfilado Detalhes corte vertical e corte horizontal [14] .	90
Figura 43 - Detalhes do sistema de fixação, invisível e visível Edifício com sistema de fachada ventilada em cerâmica [14]	90
Figura 44 - Diferentes colocações das lâminas de madeira [27].....	92
Figura 45 - Fixação de revestimentos em vidro [24]	93
Figura 46 - Constituição painéis fenólicos.....	93
Figura 47 - Fixações painéis fenólicos [24]	94
Figura 48 - Quatro exemplos de aplicação de Silverwood de cor metalizada.....	95
Figura 49 - Aplicação de lâminas de madeira de cor metalizada Silverwood	95
Figura 50 - Aplicação de lâminas de madeira de cor metalizada Silverwood	96
Figura 51 - Densidade da lã Constituintes da fibra da lã A lã como material biodegradável	98
Figura 52 - Ficha de cálculo do coeficiente térmico superficial da parede + fachada ventilada, U, em (W/(m ² . °C))	103
Figura 53 - Ficha de cálculo do coeficiente térmico superficial da cobertura, U, em (W/(m ² . °C))	104
Figura 54 - Ficha do coeficiente térmico superficial segundo as características do pavimento sobre espaço não útil, U, em (W/(m ² . °C)).....	105
Figura 55 - Ficha de cálculo do coeficiente térmico superficial da ponte térmica plana, U, em (W/(m ² .°C))	106
Figura 56 -Orçamento efetuado no site da Eurocaixilho.....	111

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Dimensões normalizadas do tijolo segundo a norma NP 834 [8].....	18
Tabela 2 - Características principais das paredes de pedra [8].....	20
Tabela 3 - Exemplo de tabela de classificação.....	38
Tabela 4 - Identificação do proprietário.....	38
Tabela 5 - Identificação do técnico.....	38
Tabela 6 - Registo do local do edifício.....	39
Tabela 7 - Dados do edifício.....	39
Tabela 8 - Descrição do sistema estrutural.....	40
Tabela 9 - Classificação do grau de anomalia da estrutura.....	40
Tabela 10 - Descrição da fachada.....	41
Tabela 11 - Classificação do grau de anomalia da fachada.....	41
Tabela 12 - Descrição da cobertura.....	42
Tabela 13 - Classificação do grau de anomalia da cobertura.....	42
Tabela 14 - Descrição dos elementos salientes.....	43
Tabela 15 - Classificação do grau de anomalia dos elementos salientes.....	43
Tabela 16 - Descrição dos acessos exteriores e portas.....	43
Tabela 17 - Classificação do grau de anomalia dos acessos exteriores e portas.....	43
Tabela 18 - Descrição caixilharias e envidraçados.....	44
Tabela 19 - Classificação do grau de anomalia das caixilharias e envidraçados.....	44
Tabela 20 - Descrição estores.....	45
Tabela 21 - Classificação do grau de anomalia dos estores.....	45
Tabela 22 - Descrição revestimento exterior.....	45
Tabela 23 - Classificação do grau de anomalia do revestimento exterior.....	46
Tabela 24 - Descrição rede drenagem de águas pluviais.....	46
Tabela 25 - Classificação do grau de anomalia da rede drenagem de águas pluviais.....	47
Tabela 26 - Classificação final das anomalias de cada elemento exterior da envolvente.....	47
Tabela 27 - Dados do edifício.....	48
Tabela 28 - Descrição do sistema estrutural.....	48
Tabela 29 - Classificação do grau de anomalia da estrutura.....	48
Tabela 30 - Descrição da fachada.....	49
Tabela 31 - Classificação do grau de anomalia da fachada.....	50
Tabela 32- Descrição da cobertura.....	50
Tabela 33 - Classificação do grau de anomalia da cobertura.....	50
Tabela 34 - Descrição dos elementos salientes.....	51
Tabela 35- Classificação do grau de anomalia de elementos salientes.....	51
Tabela 36 - Descrição dos acessos exteriores e portas.....	52
Tabela 37 -Classificação do grau de anomalia dos acessos exteriores e portas.....	52
Tabela 38 - Descrição caixilharias e envidraçados.....	53
Tabela 39 - Classificação do grau de anomalia das caixilharias e envidraçados.....	53
Tabela 40 - Descrição dos estores.....	54
Tabela 41 - Classificação do grau de anomalia dos estores.....	54
Tabela 42 - Descrição revestimento exterior.....	55
Tabela 43 - Classificação do grau de anomalia do revestimento exterior.....	55
Tabela 44 - Descrição da rede drenagem de águas pluviais.....	56
Tabela 45 - Classificação do grau de anomalia da rede de drenagem de águas pluviais.....	56
Tabela 46 - Classificação final das anomalias de cada elemento exterior da envolvente.....	57

Tabela 47 - Diferentes exigências a considerar para os elementos da envolvente [20]	63
Tabela 48 - Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos de referência de elementos verticais (parede) em contacto com exterior, U_{ref} e $U_{máx}$ ($W/m^2 \cdot ^\circ C$).....	64
Tabela 49 - Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos de referência dos vãos envidraçados U_{ref} e $U_{máx}$ ($W/(m^2 \cdot ^\circ C)$)	64
Tabela 50 - Fatores solares máximos admissíveis dos vãos envidraçados, $g_{t máx}$ em função da inércia....	65
Tabela 51 - Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos de referência de elementos horizontais em contato com exterior U_{ref} e $U_{máx}$ ($W/(m^2 \cdot ^\circ C)$).....	66
Tabela 52 - Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos das pontes térmicas $U_{máx}$ ($W/m2 \cdot ^\circ C$).....	66
Tabela 53 - Níveis de qualidade térmica para os elementos verticais da envolvente, para cada zona do país.....	67
Tabela 54 - Níveis de qualidade térmica para os vãos envidraçados para cada zona climática do país....	68
Tabela 55 - Níveis de qualidade térmica para os elementos opacos horizontais	69
Tabela 56 - Níveis de qualidade térmica para as pontes térmicas planas (exterior)	70
Tabela 57 - Níveis de qualidade térmica para o fator solar admissível.....	71
Tabela 58 - Coeficientes de transmissão de vãos envidraçados verticais com caixilharia metálica sem corte térmico, U , em ($W/(m^2 \cdot ^\circ C)$)	74
Tabela 59 - Coeficientes de transmissão térmica de coberturas sem corte térmico, U ,	75
Tabela 60 - Fator solar de alguns tipos de vidros, U , em ($W/(m^2 \cdot ^\circ C)$)	78
Tabela 61 - Níveis de qualidades dos elementos da fachada exixtente.....	79
Tabela 62- Classificação dos níveis de qualidade térmica dos elementos da envolvente	79
Tabela 63 - Preço por m^2 dos materiais referidos anteriormente.....	94
Tabela 64 - Ficha técnica das lâminas Silverwood	96
Tabela 65 - Materiais propostos para a reabilitação da fachada.....	99
Tabela 66 - Resistência térmica espaços não-ventilados R_{ar} ($W/(m^2 \cdot ^\circ C)$)	102
Tabela 67 - Fator solar de alguns tipos de vidros, U , em ($W/(m^2 \cdot ^\circ C)$)	107
Tabela 68 - Níveis de qualidade térmica de alguns elementos da fachada sem a solução proposta e com solução proposta segundo os valores que entrarão em vigor dia 1 de Janeiro de 2016	108
Tabela 69 -Classificação dos níveis de qualidade térmica da proposta	108
Tabela 70 - Níveis de qualidade térmica segundo a regulamentação atual, e níveis de qualidade segundo regulamentação que entrará em vigor em 31 de Dezembro 2015.....	109

Lista de Acrónimos

REH - Regulamentação de desempenho Energético dos edifícios de Habitação

ITE - Inspeção Térmica de Edifícios

LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil

ETICS - External Thermal Insulation Composite System

RCCTE - Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

HPL- High Pressure Laminates

MDF - Medium Density Fiberboard

OSB - Oriented Strand Board

UBI - Universidade da Beira Interior

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

ÍNDICE

1.1	Enquadramento	3
1.2	Importância do tema.....	3
1.3	Motivações	3
1.4	Objetivos.....	4
1.5	Metodologia e estrutura do trabalho.....	4

1 Introdução

1.1 Enquadramento

Numa fase inicial desta dissertação pretende-se propor uma inspeção técnica visual para os elementos em contacto com exterior, e a sua respetiva aplicação no caso de estudo para avaliar o seu estado de degradação. Após esta classificação visual, pretende-se desenvolver grelhas de avaliação dos níveis de qualidade térmica.

Posteriormente, classificar-se-á cada elemento da envolvente com um nível de qualidade, através do cálculo dos coeficientes térmicos, segundo regulamentação em vigor à data. Na sequência pretende-se desenvolver o conceito de fachada ventilada como condutor de reabilitação, com explicação teórica de quais os seus elementos constituintes e das respetivas melhorias térmicas que o edifício vai obter. Não se pretende mudar apenas o aspeto estético mas sim propor uma solução que demonstre as melhorias que o edifício irá obter.

1.2 Importância do tema

É cada vez mais relevante na nossa sociedade a consciencialização para a necessidade de reabilitar os edifícios degradados, a fim de melhorar o aspeto das nossas cidades. É importante desenvolver mecanismos/propostas de reabilitação com objetivo de travar o crescente envelhecimento do parque habitacional social.

A falta de meios económicos, a tão aclamada crise não veio ajudar nesse domínio, mas sim dificulta cada vez mais a intervenção sobre edifícios que precisam com urgência de intervenção.

É importante para nós enquanto futuros arquitetos estarmos conscientes da situação em que se encontra parte dos edifícios de habitação social e propor soluções com base no conhecimento técnico e científico.

1.3 Motivações

Um das motivações para a escolha deste tema foi devido a ter feito um estágio em França, que me despertou a curiosidade sobre a reabilitação. Este estágio incidia principalmente em realizar desenhos técnicos (fachada ventilada) em edifícios que apresentavam um alto consumo de energia e com uma imagem deteriorada, não estando consciente das razões e explicações para justificar as escolhas realizadas.

Outra das motivações na escolha deste tema, é de uma certa forma poder contribuir com uma proposta de reabilitação concreta para um edifício do parque habitacional da Covilhã, que se apresenta bastante degradado.

E ainda com desenvolvimento desta proposta para além de alargar o conhecimento nesta temática, pretende-se chamar atenção para os benefícios que esta técnica (fachada ventilada) tem e que venha a ser cada vez mais utilizada pelos arquitetos e construtores em Portugal.

1.4 Objetivos

Pretende-se com esta dissertação compreender a arquitetura e exigências técnicas da envolvente dos edifícios e a sua relação natural que tem com os agentes do seu ambiente exterior. Para além de desenvolver o tema da fachada, pretende-se desenvolver um caso de estudo na cidade da Covilhã, com finalidade de propor um método de inspeção técnica, e a sua respetiva aplicação.

É objetivo principal da proposta proporcionar novas condições de habitabilidade do edificado. O conhecimento intrínseco pelo caso de estudo, permitirá definir soluções devidamente fundamentadas, avançando assim para uma solução de reabilitação através do diagnóstico e enquadramento feito ao edifício.

Para a concretização projetual da reabilitação, far-se-á recurso ao sistema de fachada ventilada que permite criar planos perfeitos de forma a corrigir defeitos, alterando a estética e melhorando as características térmicas. No mercado português ainda é pouco frequente a reabilitação através da fachada ventilada, e por essa razão esta dissertação constitui um ponto de partida para análise das suas vantagens, aos níveis económico, estético e térmico.

1.5 Metodologia e estrutura do trabalho

Com intuito de alcançar os objetivos enunciados, organizou-se a dissertação em seis capítulos. O presente capítulo destina-se a explicar importância do tema as suas motivações e apresentar os objetivos alcançar.

No capítulo 2, para além de se desenvolver o conceito de fachada classifica-se a fachada, a sua origem e apresenta-se a sua evolução da fachada desde os anos 40. Descrevem-se quais os principais materiais para construir as fachadas, dando exemplos através de algumas fotos. Por fim refere-se a utilidade da preservação das fachadas em Portugal.

No capítulo 3, interpretam-se todos os elementos do caso de estudo. É importante perceber a envolvente, espaços verdes existentes, quais os acessos viários, estacionamento público e exposição solar que tem um papel relevante, no que diz respeito ao comportamento térmico no espaço interior do edifício. Ainda neste capítulo desenvolver-se-á um modelo de inspeção técnica e respetiva aplicação.

No capítulo 4, tem como principal finalidade desenvolver grelhas avaliação de níveis de qualidade térmica, segundo o coeficiente de transmissão térmico de alguns elementos da fachada em estudo, com recurso a regulamentação em vigor.

Esta avaliação de qualidade térmica é importante pois dá-nos um diagnóstico do edifício em objeto de estudo.

No capítulo 5, caracteriza-se a fachada ventilada como condutor da reabilitação e descrevem-se as vantagens que a fachada ventilada irá proporcionar ao edifício. Neste capítulo também se descrevem todas soluções propostas, as melhorias do nível de qualidade e apresenta-se uma estimativa de custos.

No último capítulo (capítulo 6) apresentam-se as conclusões finais do trabalho efetuado e, em anexo, os pormenores construtivos concebidos para a proposta de reabilitação.

Capítulo 2

CONCEITO DE FACHADA

ÍNDICE

2.1	Origem da fachada	9
2.2	Definição da fachada	10
2.3	Função	12
2.4	Componentes	15
2.5	Materiais	15
2.6	Evolução da parede exterior em Portugal.....	23
2.7	Controlo da fachada segundo diversos agentes	26

2 Conceito de fachada

2.1 Origem da fachada

É interessante fazer uma pesquisa sobre as principais mudanças do *habitat* do ser humano. Ao longo dos tempos esta transformação está fortemente ligada às alterações de necessidades do homem e do surgimento de novos materiais e de técnicas que lhe são associadas. Ao longo dos séculos, o indivíduo da antiguidade, o homem primitivo não habitava num lugar construído, mas sim em abrigos naturais, tal como a gruta e as cavernas. Estas proteções nas rochas protegiam-no das intempéries, dos animais selvagens, garantindo um lugar em que pudessem descansar e estar em segurança.

Este *habitat* marcou profundamente a história do homem, pois até aos dias de hoje este conceito de cabana primitiva continua atualizado. Esta tendência foi bastante marcada no anos noventa pela tendência *cocooning*¹. [1]

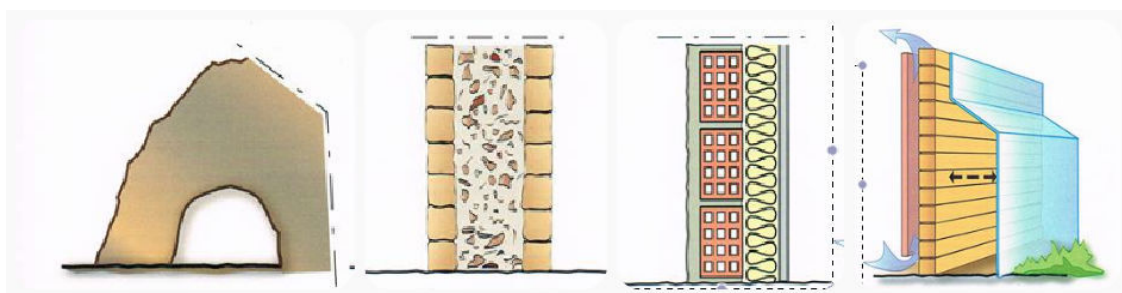


Figura 1- Evolução da técnica construtiva [1]

Os humanos ao contrário dos outros animais irracionais sempre tiveram grande aptidão em usar as mãos, e assim começaram a erguer murros, com pedras, madeiras, e telhados feitos com ramos de árvores, e a cada década que passava as técnicas foram-se aperfeiçoando.

O célebre engenheiro militar romano Vitruvius Pollio, escreveu o manuscrito, “Dez livros de arquitetura”, na qual fazia uma conexão arquitetura à natureza.

Citações de Vitruvius que testemunham a evolução do habitat:

“E como os homens são por natureza imitadores e dóceis, fizeram alarde das suas invenções, mostravam uns aos outros as melhorias das suas edificações, exercitando assim o seu engenho foram degrau a degrau melhorando os seus gostos”

¹ Cocooning- Termo em inglês que significa encasulamento. É uma tendência na construção de cabanas na montanha ou no meio de uma floresta, que é destinada a descansar, bem longe da poluição, dos barulhos da cidade e até mesmo do contacto com o homem.

“Ao princípio plantam troncos, e entrelaçando-as com ramos levantaram paredes que cobriram com barro”

“Outros edificaram, com torrões e troncos secos, sobre os quais colocaram paus cruzados, cobrindo tudo com canas e ramos secos para resguardar-se das chuvas e do calor. No entanto, para que semelhantes abrigos pudessem resistir às chuvas inverniais rematam-nas nos extremos e cobriam-nas com barro para que, na mercê dos tetos inclinados, resvasse a água”

“Da construção de madeira à pedra, com o que reafirmava como a ideia de estrutura em linha, com origem direta da arquitetura entendida não como construção mas como arte” [2]

Pode-se então concluir que a evolução histórica da fachada do edifício, está naturalmente associada ao conceito de cabana primitiva.

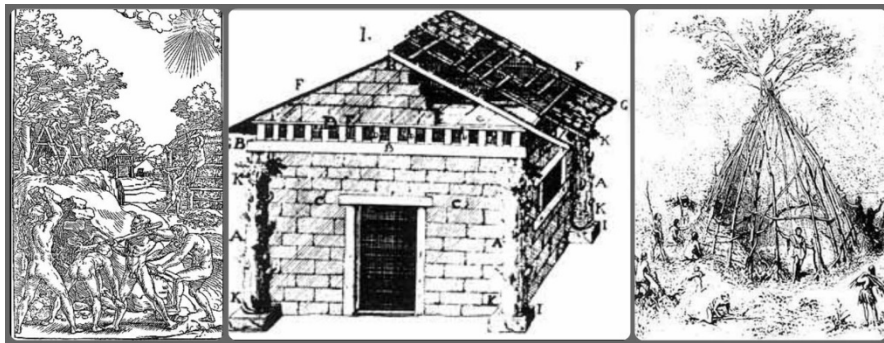


Figura 2- Cabana primitiva [2]

2.2 Definição da fachada

A fachada é um elemento arquitetónico que tem evoluído bastante ao longo dos séculos, tanto a nível das técnicas construtivas como também a nível estético. A fachada ou parede exterior é um elemento da paisagem urbana, que assume diversas funções no conjunto do edifício, assumindo um papel de estabilidade estrutural e aspeto, assegurando a imagem do objeto arquitetónica.

É importante fazermos uma reflexão sobre a evolução desde os seus primórdios, por ser importante para o entendimento do desenvolvimento das diferentes técnicas e tecnologias que foram postas em prática no decorrer da história da evolução construtiva.

Para quem a habita assegura proteção, intimidade, sendo uma barreira entre o interior e o exterior.

Cada arquiteto ao conceber uma fachada tem uma ideia, desenha e conduz para a realidade com a combinação de uma diversidade de materiais e soluções construtivas, e é pela pele exterior que o visitante se recordará de todo o conjunto de elementos que a compõe.

Para assegurar toda a funcionalidade, estado de conservação e durabilidade, a fachada tem que sofrer regularmente um processo de manutenção de forma a manter as características citadas anteriormente. [3]

Na Figura 3 podemos ver a definição de fachada para seis intervenientes na habitação: legislador, engenheiro, técnico de térmica, habitante, o responsável de obra e por fim o arquiteto.

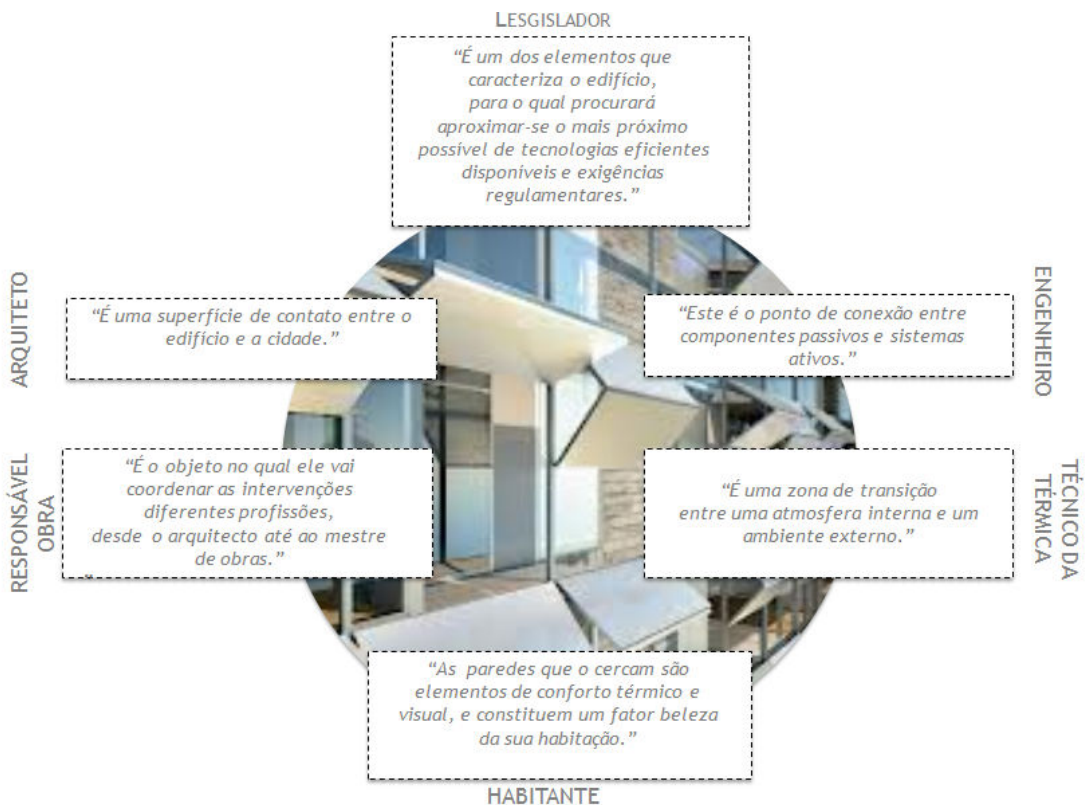


Figura 3- Esquema com definição da fachada segundo diferentes agentes, adaptado de ADEME 2011

"De modo geral, a fachada do edifício é portanto um local de junção ente múltiplos fatores, que reúne inúmeros intervenientes ao ato de construir. O objetivo comum de todos eles é conseguirem alcançar todas as otimizações do conjunto de funções que ela deve assumir." [4]

O conjunto de fachadas numa cidade contribui para a caracterização das mesmas, fazendo com que muitas delas sejam inesquecíveis pelas suas características singulares, como por exemplo a cidade de Barcelona e também a de Lisboa como podemos ver na Figura 4 e 5.



Figura 4- Arquitetura da cidade de Lisboa [35]



Figura 5- Arquitetura da cidade de Barcelona [36]

2.3 Função

A fachada assume diferentes funções essenciais para o seu ocupante e para benefício do edifício. Esta suporta e transmite as cargas às fundações (peso da construção) e resiste também às ações das sobrecargas (peso dos equipamentos, mobiliário, ocupantes, eventual neve, ação do vento).

Esta função não é de todo sistemática, pois as fachadas em vidro não transmitem as cargas, essas têm estruturas de suporte concebidas para o efeito.

A empresa *Petrone Architecture*, sediada no Canadá, estipulou seis funções a desempenhar pela fachada, e que são as seguintes:

- Revestimento interior
- Estrutural

- Barreira de vapor
- Barreira de ar
- Isolamento térmico
- Revestimento exterior

Estas seis funções quase que podem ser confundidas como materiais, mas não é isso que é pretendido. Descrevem-se de seguida a utilidade relativa a cada uma das funções estipuladas pela empresa, sendo apresentado um esquema ilustrativo das mesmas na Figura 6.

- Revestimento interior
Esta função é realizada pelo material de revestimento que está aparente no interior das nossas habitações. Serve para as diferentes necessidades da envolvente interior e também do gosto de cada indivíduo.
- Estrutura
Esta função é realizada pelo material que servirá de suporte a todo o edifício. Os seus componentes devem resistir a pressões do vento, ação da neve e a cargas como equipamentos, mobiliários entre outros.
- Barreira do vapor
Esta função é realizada por um material, ou pelo conjunto deles que fará diminuir /retardar a passagem de humidade na fachada do edifício. Exige-se que o material tenha de resistir ao envelhecimento da edificação durante os seus longos anos de vida.
- Barreira do ar
Esta função é realizada por um material, ou pelo conjunto deles que fará diminuir /retardar a passagem do ar na fachada do edifício.
- Isolamento térmico
Esta função é realizada por materiais que reduzem as perdas de calor ou a passagem de calor ou de frio para o interior, impedindo que haja pontes térmicas.
- Revestimento exterior
Esta função é realizada por materiais que irão proteger todos os outros componentes, para que não haja deterioração pelos elementos da natureza (sol, água, neve, vento entre outros). [5]



Figura 6- Esquema das seis funções da fachada, adaptado da empresa Petrone Architecture



Figura 7- Componentes da fachada

2.4 Componentes

As fachadas são compostas por ritmos, por cheios e vazios, de planos e saliências que a caracterizam. Os seus efeitos podem ainda ser salientados através da utilização de diferentes cores e texturas. As variedades de cores são dadas pelos materiais empregados ou pelas pinturas e revestimentos. As fachadas também podem ter outros elementos decorativos que asseguram outras funções: as cornijas, balcões e guardas de proteção que permitem usufruírem dos espaços exteriores sem que haja perigos.

Com o decorrer dos anos, as fachadas envelhecem e são submetidas a inúmeras agressões: poluição, intempéries, grafitis entre outras. Devem ser regularmente tratadas de forma a manter um bom aspecto e não apresentarem degradação. Na figura 7 identificam-se as principais componentes de uma fachada. [3]

2.5 Materiais

Os materiais construtivos são inúmeros como se vê no esquema a seguir, não se pretende com esta descrição fazer uma listagem exhaustiva de todos, mas sim um guia sucinto dos inúmeros materiais empregados na concepção das fachadas.



Figura 8 - Esquema de alguns materiais existentes na concepção da fachada

2.5.1 Terra crua

A terra foi um material muito utilizado em tempos, em paredes espessas, no enchimento dos mesmos, a chamada técnica em taipa. Estes muros são sensíveis ao clima húmido. As técnicas empregadas podem ser várias segundo as características de cada terra. Depois de um quase abandono dessa técnica, tem reaparecido na construção graças à sensibilidade perante uma sociedade cada vez mais preocupada com a sua envolvente ambiental.

É um dos materiais mais abundantes e as particularidades que mais se destacam são o facto de ser um recurso natural, ecológico, reciclável e sustentável.

“Considera-se que um terço da população mundial, que habita em particular em regiões rurais, vive em estruturas construídas em terra.”

É um material que tem muita facilidade de manuseamento. A terra pode ser escavada, empilhada, modelada, prensada, amassada, recortada, extraída. Esta difere dos outros materiais pela capacidade térmica, enquanto no verão, retém o fresco do interior, no inverno conserva o calor do interior. Pode-se considerar o material mais acessível e económico do mundo. É uma fonte inesgotável e de emprego simples. Deste modo a terra faz o equilíbrio entre o passado e o presente facilita uma interação essencial na sequência do desenvolvimento cultural. [6]



Figura 9 - Compilação de construções em terra [37]

2.5.2 Madeira

A madeira é um material que já era utilizado nos tempos pré- históricos como elemento de construção. Tem facilidade de manuseamento, fez com que as civilizações mais antigas a empregassem mesmo com poucos recursos disponíveis na altura. [7]

As suas características são inigualáveis: durabilidade, barreira térmica, boa resistência a cargas, armazenamento do calor, absorção e restituição da humidade, livre circulação do vapor de água e armazenamento do CO². Trata-se de um elemento arquitetónico que traz imenso conforto às nossas habitações, pela sensação agradável de calor que ela transmite. Verifica-se a sua empregabilidade já vários milhões de anos em coberturas, estrutura, em revestimentos exteriores e interiores, móveis, elemento de apoio à construção (ex. andaimes) entre outras. [1 e 8]



Figura 10 - Obra com vários elementos em madeira, Taliesin Oeste, Frank Lloyd Wright [38]

2.5.3 Metal

Os dois metais mais usados na arquitetura são o aço e o alumínio. O aço é um metal muito usado em fachadas, e muitas vezes substitui-se a alvenaria tradicional por uma estrutura metálica. O fabrico de aço a partir de minerais de ferro, é um procedimento que consome muita energia e polui o nosso ambiente. É muito utilizado em vigas, armadura para o betão, rampas, portas e no suporte de fachadas ventiladas.

Um dos metais mais utilizados é o alumínio pois são vastas as suas vantagens: leve, maleável, resistente às intempéries, tem aspeto prateado, pode-se encontrar com grande facilidade na crosta terrestre. Tem uma rapidez de montagem, através de sistemas industrializados, o que trás rapidez e qualidade nas obras. É comum encontrar-se o alumínio em janelas, portas, coberturas e fachadas. Enquanto que o aço é mais utilizado como elemento estrutural. [1 e 8]



Figura 11 - Obra com fachada metálica, Clínica Lou Ruvo Center, Frank Gehry [39]

2.5.4 Tijolo

O tijolo cerâmico de barro vermelho é atualmente um dos produtos mais usados na construção portuguesa, e é o material de construção empregue na habitação social. O tijolo tem exigências e normas de referência e a qualidade depende de uma realização correta de todos os passos de fabrico. A sua produção implica uma série de operações obrigatórias, que depois irá cozer ao forno através de temperaturas contínuas entre 800 e 1000 °C. Todo o trabalho de preparação do tijolo, desde o tipo de argila até à paletização é essencial ser de qualidade, para assim o resultado final cumprir todas as características a que os tijolos devem obedecer.

Podem ser diferenciados em três tipos segundo a norma NP 80:

- Tijolo maciço
- Tijolo furado
- Tijolo perfurado

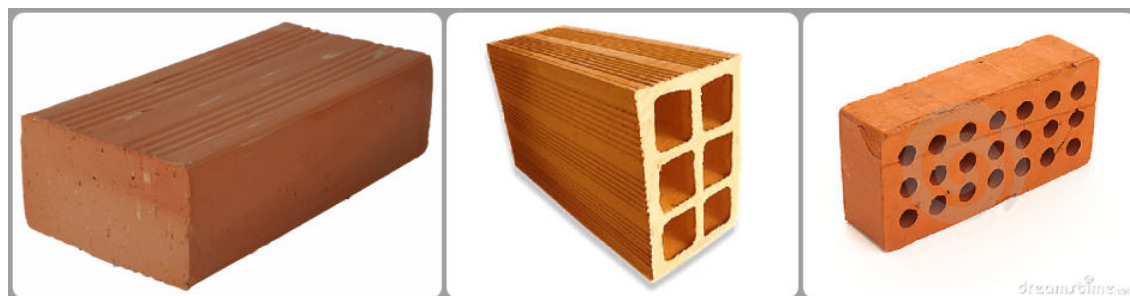


Figura 7- Tijolo maciço, tijolo furado e tijolo perfurado [40]

As dimensões também seguem uma norma, tabela 1, a fim de normalizar os tamanhos do tijolo produzido no nosso país e as respetivas permissões de fabrico. [8]

Ao longo de décadas este material tem vindo a ser alvo de desenvolvimento de forma a construir alvenarias resistentes, apenas compostos de barro vermelho, mas também componentes granulares que gaseificam durante o processo de cozedura do tijolo, permitindo diminuir o peso do mesmo.


Designação	Conformação	Dimensões nominais (mm)		
		Comprimento	Largura	Altura
30 × 20 × 22		295	220	190
30 × 20 × 15		295	150	190
30 × 20 × 11		295	110	190
30 × 20 × 7		295	70	190
22 × 11 × 7		220	107	70

Tabela 1-Dimensões normalizadas do tijolo segundo a norma NP 834 [8]

2.5.5 Pedra

A pedra é um material que se encontra pelo mundo fora, em obras arquitetónicas com milhares de anos, como por exemplo, as Pirâmides de Gizé e o Taj Mahal como se pode ver na figura 12.

A pedra é um material utilizado desde os tempos pré-históricos, e apresenta características únicas tal como a durabilidade e a sua resistência às agressões dos agentes atmosféricos, na tabela 2 apresentam-se as características de diferentes paredes em pedra.



Figura 12- Pirâmides de Gizé e o Taj Mahal [41]

Antigamente a função da pedra na arquitetura era preferencialmente estrutural, enquanto hoje em dia é utilizada sobretudo como material de revestimento.

A rocha mais utilizada na construção é a rocha ígnea. A sua origem vem do arrefecimento e solidificação do magma existente no interior da terra. A pedra natural com uma utilização considerável é a granítica.

Outras rochas que derivam de depósitos minerais transportados pela água, devido ao desgaste das rochas ígneas, chamadas rochas sedimentares de que são exemplo o grés, o xisto e o calcário. E por último existe mais um tipo de rocha denominadas rochas metamórficas de origem sedimentar ou ígnea, que são formadas através da transformação da sua estrutura após serem submetidas a temperaturas elevadas ou pressões. O mármore é um exemplo de rocha metamórfica que resulta do calcário exposto a altas temperaturas.

Podemos encontrar na natureza uma diversidade de pedras naturais, mas nem todas podem ser empregadas na prática de construção civil. Antes de ser utilizada na construção tem que ser submetida a testes de resistência mecânica de modo a saber se obedece a requisitos mínimos estipulados, para a dureza, facilidade de manuseamento, de porosidade, de durabilidade e de aparência, etc. [1 e 8]

Tabela 2- Características principais das paredes de pedra [8]

Tipo de parede	Coefficiente de transmissão térmica	Isolamento ao ruído	Resistência ao fogo	Estanquidade à água
Granito com 20cm de espessura sem isolamento térmico específico, sem aberturas e de faces aparentemente talhadas	4.4 Demasiado elevado. Necessita de correção térmica.	Satisfaz as exigências de referência mínimas.	Satisfaz as exigências de referência mínimas.	Não possui a espessura mínima necessária. Será necessária a colocação de um isolamento não hidrófilo pelo interior
Granito com 40 cm de espessura sem isolamento térmico específico, sem aberturas e de faces aparentemente talhadas	3.4 Demasiado elevado. Necessita de correção térmica.	Satisfaz as exigências de referência mínimas.	Satisfaz as exigências de referência mínimas.	Possui a espessura necessária
Granito com 35 cm de espessura com aparelho tosco, sem isolamento térmico específico, sem aberturas e rebocado em ambas as faces	3.2 Demasiado elevado. Necessita de correção térmica.	Satisfaz as exigências de referência mínimas.	Satisfaz as exigências de referência mínimas.	Possui a espessura necessária.
Granito com 30 cm de espessura com aparelho tosco, sem isolamento térmico específico, sem aberturas e rebocado de ambas as faces	3.4 Demasiado elevado. Necessita correção térmica.	Satisfaz as exigências de referência mínimas.	Satisfaz as exigências de referência mínimas.	Não possui a espessura mínima necessária. Será necessária a colocação de um isolamento não hidrófilo pelo interior

2.5.6 Betão

A técnica do betão armado envolve materiais simples, tal como betão e aço. Devido à sua resistência tem sido mundialmente aplicado em construções contemporâneas com sucesso. O betão é um proveniente de uma mistura, com quantidade adequadas de cada um dos componentes aplicados, cimento, brita e areia.

É um material que necessita de uma quantidade elevada de mão de obra, cuja a qualidade final influencia de forma direta o produto final.

Pode ser usado em projetos de execução, através de estruturas de betão simples, betão armado e betão pré-esforçado.

No que diz respeito à fabricação passa por duas fases no desempenho de funções estruturais, betão fresco e betão endurecido. [11]

Existem também blocos de betão, embora estes sejam pouco utilizados na construção de paredes exteriores. Na figura 13 podemos ver uma obra arquitetónica em betão.



Figura 13-Obra arquitetónica em betão, Igreja Jubileu, Richard Meier [42]

2.5.1 Vidro

“ O vidro existe há mais de 4000 anos, sendo justamente considerado como um material tradicional. Contudo só a partir do início do século XX começou a verdadeira evolução e desenvolvimento no que respeita à suas capacidades e potencialidades.” [9]

O vidro tem sido um material usado ao longo de séculos de história da construção. O vidro tem muitas qualidades, mas quando este tem um uso desapropriado pode causar problemas.

Este material é empregado cada vez mais em edifícios inovadores e arrojados.

Nos dias de hoje o vidro é um dos símbolos de modernismo e um dos maiores benefícios é o facto de ser translúcido. Podemos ver na figura 14 um conjunto de obras com base na translucidez.

As primeiras aplicações tiveram origem em janelas e a sua função era obter o máximo de luminosidade no interior das habitações. Embora o vidro proteja contra o vento, diferenças de temperatura não se pode considerar-se um material verdadeiramente estrutural.

O vidro tem sido usado há muitos anos como elemento fulcral na conceção da fachada e com o passar dos anos progrediu-se de simples janelas para fachadas completas sem que o principal elemento é o vidro. [10]

Alberto Campo Baeza, menciona que a luz dos vidros ,

“ É a única capaz de fazer com que os espaços definidos pelas formas construídas com material denso flutuem, levitem. Ela faz voar desaparecer a gravidade. Vence-a. O insuportável peso da matéria inevitável e imprescindível só pode ser vencido pela luz”.



Figura 14- Conjunto de obras arquitetónicas, com base na transparência do vidro [43]

O vidro tem diferentes vantagens:

- Elemento estético da fachada;
- Elemento para fins decorativos e ornamentais tanto para exteriores como interiores;
- Condutor da iluminação, retenção de calor e economia de energia ;
- Transmite uma sensação de harmonia, fazendo relação entre o exterior e interior;
- Impermeável;
- Difícil corrosão;
- Reciclável;
- Versátil e variado;
- Proteção acústica.

Apresenta, num entanto, algumas desvantagen:

- É dispendioso, aumentando os custos de construção;
- Frágil não recomendado para zonas sísmicas;
- Dificuldade de manipulação;
- Alta manutenção. [10]

A composição e os tipos de vidro são algo diversificados. Na Figura 15 são identificados alguns tipos existentes.



Figura 15 - Esquema tipo de vidros

2.6 Evolução da parede exterior em Portugal

Em Portugal a técnica mais utilizada pelos construtores ao longo dos tempos foi alvenaria: aglomerado de pequenas dimensões (pedras, tijolos ou blocos) sobrepostos e unidos, ligadas ou não por argamassa, formando paredes, pontes e muros. Quando todo esse conjunto define toda estrutura do edifício denomina-se por alvenaria estrutural. [11]

As alvenarias de antigamente eram principalmente de pedra ou de tijolo cerâmico, muitas vezes reforçado por uma estrutura em madeira. Pode-se encontrar uma variedade de constituições internas, dependendo da época dos costumes e do local de construção.

A Figura 17 mostra-nos como as soluções construtivas foram adaptadas ao longo do século XX. A pedra foi um dos primeiros materiais a ser usado pelas civilizações portuguesas por ser muito abundante em várias regiões do país e é um dos recursos de construção mais acessíveis. As paredes com este material apresentavam grandes espessuras com boas características de resistência. Este material foi muito utilizado até aos anos 40.

Com a evolução de técnicas desenvolveu-se nos anos 50 a parede alvenaria em tijolo, de forma a melhorar o conforto nas habitações e também reduzir os custos. São desta época paredes de alvenaria em pedra com menor espessura, aglomerada a uma parede em alvenaria em tijolo pelo interior.

Na década de 60 houve a forte preocupação em aligeirar as paredes. A pedra foi substituída pelo tijolo, criando paredes duplas de alvenaria em tijolo com o pano exterior mais espesso. Esta técnica de aligeiramento foi levado ao extremo nos anos 70, constituída por parede dupla de dois panos de pequena espessura, mas logo caiu em desuso devido a várias anomalias de fendas no pano exterior.

Nos anos 80 surgem as reais preocupações perante as perdas de energia, faz-se introdução de materiais de isolamento térmico, ocupando totalmente ou parcialmente a caixa-de-ar das paredes duplas.

Por fim, nos anos 90, emerge o isolamento pelo exterior sem caixa-de-ar. Com a entrada em vigor do RCCTE, na década de 90, assistiu-se a um grande interesse no tratamento de pontes térmicas. Nessa mesma época surge a fachada ventilada constituída pela parede suporte + isolamento + caixa-de-ar + estrutura de fixação + pano de revestimento. Esta técnica será estudada de forma mais aprofundada no capítulo 5, de forma a aplicá-la da melhor maneira na proposta de reabilitação do caso de estudo.

Na Europa foram-se aperfeiçoando as técnicas com o intuito de melhorar a eficiência térmica das paredes opacas, através de:

- Mais isolamento térmico nos panos internos dos edifícios;
- Aplicação de painéis ou blocos tendo estes menor condutibilidade que os materiais tradicionais;
- Aplicação de isolamento térmico pelo exterior;
- A primeira hipótese de aperfeiçoamento logo foi excluída, devido há existência de pontes térmicas. Então, a aplicação de painéis ou blocos parecem a solução mais adequada para evitar as tais pontes térmicas, mas nem tudo foram vantagens pois devido a complicações a nível de resistência mecânica e até mesmo por parte dos projetistas que não estavam habituados a este tipo de modelos estruturais. A terceira hipótese foi a que predominou perante as anteriores. O isolamento pelo exterior foi considerada a opção mais fiável para combater as pontes térmicas.

As vantagens do isolamento pelo exterior são as seguintes:

- Elimina quase na totalidade as pontes térmicas;
- O tempo de vida da fachada é maior (resistência a variações de temperatura);
- Aumenta o conforto térmico [13] [14].

2.7 Controlo da fachada segundo diversos agentes

A fachada tem que proteger o edifício perante uma série de agentes climáticos da envolvente ambiental, de forma que haja uma boa estrutura e harmonia da mesma.

Quando o arquiteto inicia o projeto de arquitetura, deve ter em conta o clima local, pois este pode influenciar a implantação do edifício e a sua arquitetura. Assim a fachada tem que proteger o espaço interior de todas variações climáticas existentes na natureza. Ao projetar uma fachada deve-se ter em conta a orientação solar, as tipologias, as dimensões das aberturas, das janelas e caso seja necessário proteções solares. Cada vez mais a escolha dos materiais, o isolamento térmico, a orientação solar, etc, tem um papel crucial, para uma boa eficiência energética. [15]

2.7.1 Água sob todas as suas formas

A infiltração de água deve ser completamente evitada pela fachada e todos os seus constituintes.

A neve e o gelo, em zonas onde a neve e o gelo é frequente, devem-se ter certas precauções na estrutura, na escolha de materiais de modo a que estes sejam resistentes ao frio. Mas o que é verdade, se houver água infiltrada na parede, pode originar danos sérios à fachada.

O vapor de água e a temperatura, nos edifícios na estação de inverno são mais elevadas no interior, principalmente nas zonas da cozinha e casa de banho. Assim na composição dos constituintes da fachada tem que se ter em conta a transferência de humidade do interior para o exterior de forma correta, isto é de modo a que a humidade não fique acumulada na parede interior ou mesmo na parede exterior. De forma a evitar essa situação tem que se ter um bom sistema de ventilação, de forma impedir a condensação, e por conseguinte evitar a degradação do edifício. [15]

2.7.2 Ar

Relativamente ao ar, devemos ter alguns cuidados de forma a evitar desperdícios térmicos.

Os defeitos mais comuns que podem ser encontrados são:

- A nível da vedação das juntas entre parede e telhado;
- A nível das portas;
- Ausência de barreira de ar;
- Ausência de acabamentos.

É muito importante conceber uma fachada que seja o mais estanque possível ao ar, por motivos de higiene e até mesmo de conforto.

Como foi referido anteriormente no tópico de água sobre todas as suas formas é importante ter um sistema de ventilação adequado permanente que seja eficaz. [15]

2.7.3 Calor

O edifício tem que ter toda a sua estrutura adaptada de modo a evitar o mínimo de perdas de energia no inverno e proteger no verão da radiação solar. De modo a prevenir perdas térmicas, deve-se utilizar isolamentos térmicos nas paredes verticais, horizontais ou inclinadas, a todas que estão sujeitas a condições climatéricas exteriores, ou que estão em contacto com espaços de ambiente frio, como por exemplo a garagem. Assim, o isolamento térmico tem um papel preponderante na “vida” do edifício. A luz solar, chega até o interior dos edifícios através das paredes translúcidas/janelas existentes na fachada. [15]

2.7.4 Ruído

O ruído pode vir de diferentes agentes: avião, carros, comboios, pessoas entre muitos outros, e cada um deles é caracterizado por diferentes intensidades e frequências.

Do ponto de vista da tonalidade pode-se dizer que cada agente emite um ruído com diferentes características, por exemplo: tráfico com circulação rápida, não tem a mesma tonalidade de um autocarro, ou de um tráfico urbano mais lento.

O controlo do ruído é feito em função do contexto de cada atividade, do local e até das próprias necessidades de atenuar o ruído. Para que haja uma boa atenuação dos ruídos exteriores, a fachada deve ser primeira uma barreira. Três sistemas podem ser concebidos para atenuar a penetração dos ruídos no edifício: ter uma estrutura significativa, integrar armadilhas ao som e ter numa fachada diferentes camadas sem haver contacto entre elas.

A conceção do edifício tem um papel decisivo para atenuação dos ruídos exteriores: todas as passagens de ar (janelas, portas e todas as juntas) são prejudiciais no que respeita à transmissão do ruído. [15]

2.7.5 A luz e as suas vistas

Ao conceber arquitetura de uma fachada tem que se controlar a entrada da luz e da sua difusão no *habitat*, e também do controlo das vistas seja interior/ exterior como exterior/interior. Estas são duas vertentes a ter em conta na conceção de uma fachada, de forma a obter uma boa funcionalidade. As entradas de luz têm grande influência na imagem do edifício. As janelas são aberturas translúcidas que deixam a luz entrar criando condições de vida variadas no interior do edifício. [15]

2.7.6 Controlo dos acessos

O principal motivo que levou o homem a construir abrigos mais definitivos, foi por motivos de segurança. A fachada oferece-lhe essa proteção. Mas por necessidade surgiram os acessos, mas estes tem de ser controlados de forma a impedir que hajam agressões a partir do

exterior. Estes elementos têm que ser suficientemente sólidos de forma a resistirem a qualquer tentativa de acesso sem autorização do proprietário. [15]

2.7.7 Resistência ao fogo

Todo o edifício ao ser construído tem que ser concebido para que seja resistente ao fogo, isto é, que impeça que em caso de incêndio num dos pisos, se propague para os pisos seguintes, ou para edifícios vizinhos. Isso implica que os materiais utilizados na execução das paredes tenham uma reação aceitável ao fogo, existindo normas que definem a performance base que esta deve ter ao fogo. [15]

2.7.8 Função estrutural

No que diz respeito à função estrutural é a capacidade que a fachada tem em resistir às cargas internas ou externas. Exemplo de cargas a que está sujeita: peso da cobertura, das paredes, de todos elementos que constituem a estrutura, as cargas exteriores: neve, vento, água, as vibrações sísmicas, de tráfego e ainda as cargas interiores que dizem respeito às cargas de utilização. [15]

2.7.9 A função estética

A fachada com todos os seus componentes, telhado, aberturas entre muitos outros, que foram referidos anteriormente, caracteriza a arquitetura do edifício. Através da sua volumetria e elementos contribui para a sua integração na envolvente, sendo o principal componente da formação das cidades.

Aos longos das décadas de construção, a imagem da fachada tem sofrido mudanças devido a melhorias nas técnicas de conforto e de estrutura. Para cada local é necessário escolher as opções corretas de materiais, para que a imagem da fachada não se degrade de forma prematura. [15]

Na imagem seguinte podem-se analisar alguns agentes que foram referidos anteriormente.

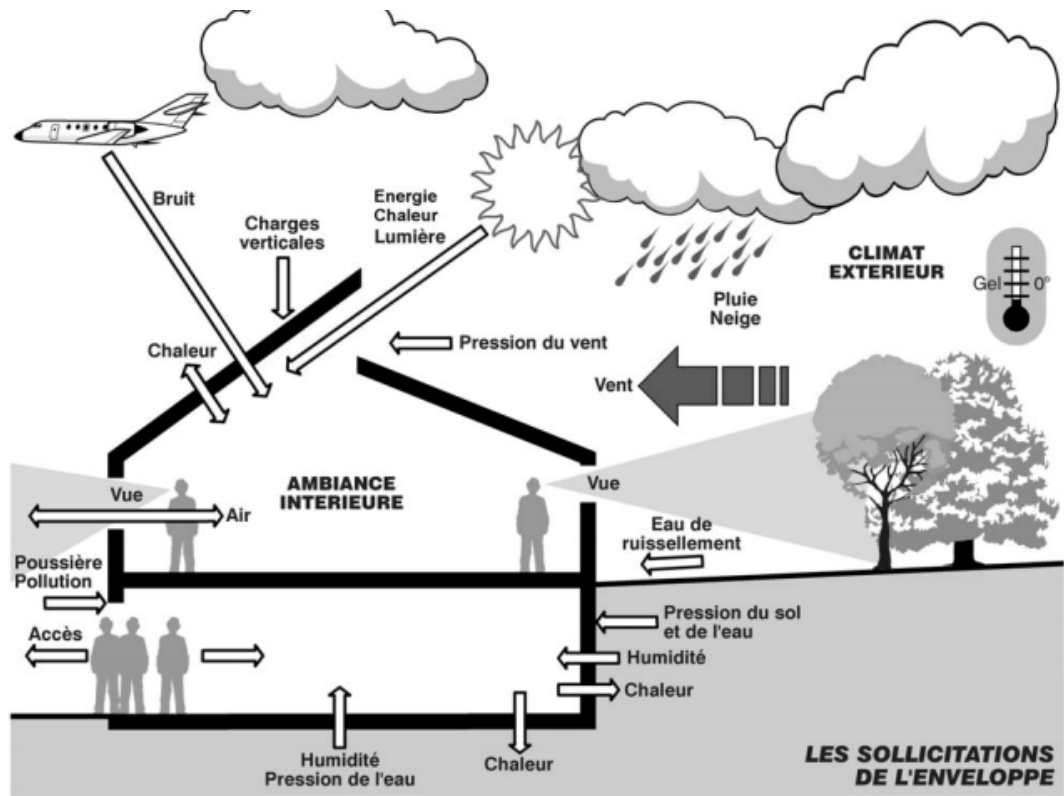


Figura 18 -Agentes que atuam na fachada [15]

Capítulo 3

ANÁLISE DO CASO DE ESTUDO

ÍNDICE

3.1	Introdução	33
3.2	Enquadramento	34
3.3	Proposta modelo de inspeção visual e avaliação exigencial	35
3.4	Estudo inicial essencial para dar início à inspeção	35
3.5	Proposta e aplicação do modelo de inspeção visual e avaliação exigencial	38
3.6	Aplicação do modelo de inspeção técnica	47

3 Análise do caso de estudo

3.1 Introdução

O caso de estudo localiza-se na Quinta da Alâmpada, Lote 24-28 , na freguesia da Boidobra, concelho da Covilhã, distrito de Castelo Branco, com data de final de construção 1993. Na figura 19 podemos ver uma fotografia do caso de estudo.



Figura 19- Foto do edifício em estudo

No que diz respeito à sua tipologia, estes cinco lotes são denominados como edifícios coletivos de habitação social. Cada lote tem 3 pisos (piso do rés-do-chão destinado a comércio, piso 1 e 2 destinados a habitação), sendo os cinco lotes dispostos em banda. Em cada lote temos 2 T2 ao nível do piso 1 e 2 T3 (duplex) ao nível do piso 2. A área total de implantação dos 5 lotes é de 809 m². A Figura 20 mostra a implantação do edifício alvo de estudo.



Figura 20 - Implantação do edifício de habitação social (Google earth)

3.2 Enquadramento

3.2.1 Espaços verdes

Ao redor do edifício não há jardins destinados ao lazer dos habitantes. Em frente aos cinco lotes existem apenas alguns canteiros ajardinados. Nas traseiras do edifício existe também um pequeno terreno não tratado.

3.2.2 Acessos viários

O acesso viário de maior importância ao edifício é estrada municipal 507, situada em frente ao edifício, e assinalada a amarelo na imagem anterior. Pode-se ainda verificar um caminho sem saída no seu lado esquerdo, e na parte lateral direita uma rua denominada José Saramago.

3.2.3 Orientação solar

O alçado principal do edifício está orientado a NE (nordeste) e o alçado posterior a SE (sudeste).

3.2.4 Estacionamento público

Existe um número considerável de estacionamento tanto na frente como na lateral direita do edifício

3.2.5 Dados climáticos

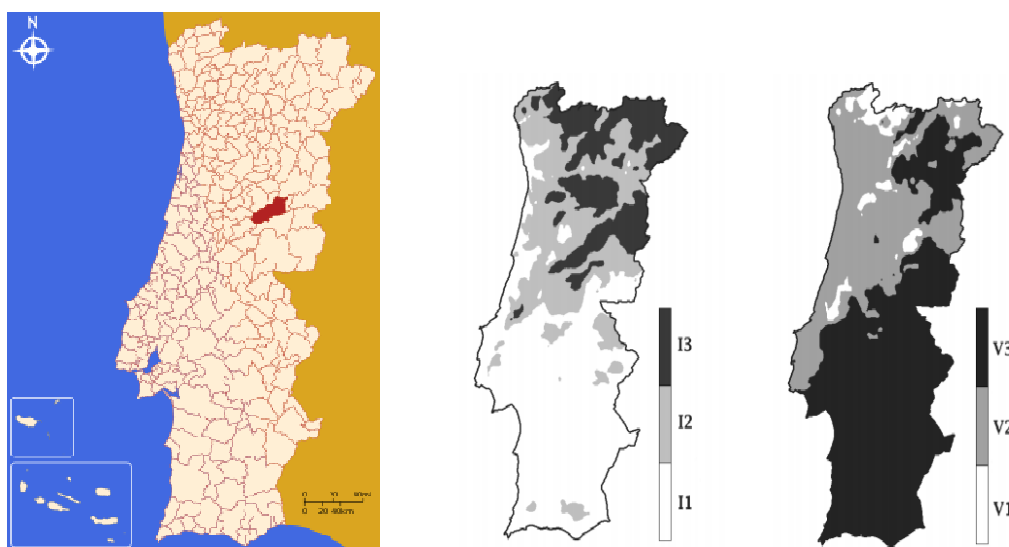


Figura 21 - Localização da Covilhã no mapa de Portugal | Zonas climáticas de inverno no continente | Zonas climáticas no verão.

A Covilhã encontra-se na zona de verão V3 e na zona de inverno I2, esta informação será útil para o próximo capítulo.

3.3 Proposta modelo de inspeção visual e avaliação exigencial

3.3.1 Introdução

Quando o objetivo é reabilitar, é necessário recorrer a técnicas de inspeção para melhor perceber o estado patológico do edifício. Deste modo o primeiro passo a dar é fazer uma análise visual de forma a conseguirmos identificar o estado de conservação de cada elemento da fachada, para que a solução de reabilitação final seja o mais eficaz possível.

Segundo Nádia Fonte, no texto “Inspeção técnica de edifícios existentes (ITE)” [17], a inspeção técnica é necessária pois durante a vida de um edifício este sofre alterações, quer a nível de aspeto visual ou até mesmo de defeitos de construção que possam afetar a estrutura pondo em risco a segurança das pessoas. A inspeção técnica é importante pois permite que haja uma avaliação / levantamento de patologias diversas que os edifícios podem apresentar em todo os seus componentes, quer sejam eles interiores ou exteriores. Nesta dissertação apenas serão abordados os exteriores.

É normal que um edifício ao longo de vários anos de existência apresente desgaste natural dos materiais. Por essa razão há técnicos qualificados para avaliar o estado físico da edificação de forma a comunicar o proprietário sobre as necessidades de reabilitação da sua propriedade.

São variados os modelos de inspeção técnica, mas o que terei como referência para o meu caso de estudo é o ITE (Inspeção Técnica de Edifícios). Este processo foi desenvolvido em Espanha inicialmente na Catalunha, devido a necessidade de fazer avaliações a edifícios que estivessem em estado de degradação e apresentassem riscos de derrocada. O ITE é um controlo técnico aprofundado, no que diz respeito a avaliação dos edifícios de habitação multifamiliar.

3.3.2 Estudo inicial essencial para dar início à inspeção

A primeira coisa a fazer quando se realiza uma inspeção de um edifício é juntar toda a informação indispensável para uma boa avaliação, de forma a que o técnico tenha o máximo de conhecimento sobre o mesmo. O edifício em estudo tem falta de informação e a documentação existente apresenta várias lacunas, o que dificultou o trabalho. De forma a facilitar o trabalho é importante que haja um modelo normalizado para auxiliar no levantamento de dados que demonstrem todas as anomalias de forma simplificada. Nesta dissertação pretende-se fazer uma adaptação do modelo de ITE, como foi referido anteriormente [17].

Para além do ITE também será tido como referência o livro do professor João Carlos Gonçalves Lanzinha "Reabilitação De Edifícios. Metodologia de diagnóstico e intervenção" [18] que tem por base propor um modelo diferente de diagnóstico exigencial, como base na definição de melhorias e estratégias para reabilitar edifícios que se encontrem degradados. Teve-se ainda como referência a dissertação da Susana de Jesus Santos "Indicadores de Avaliação da Qualidade Térmica De Edifícios De Habitação".

Com base nestas três referências, serão organizadas novos modelos de tabelas de diagnóstico para cada um dos componentes da fachada, a fim de apresentar a classificação dos componentes de forma clara.

A zona mais exposta, a fachada, protege o interior das agressões exteriores, deve ser objeto de atenção especial, de modo a satisfazer a sua função de modo adequado. Todos os edifícios têm que oferecer aos seus ocupantes condições de conforto e privacidade.

Para o estudo inicial só se tiveram em conta elementos do exterior dos edifícios multifamiliares. E faz-se a decomposição em dois elementos: verticais e horizontais. Os verticais (parte opaca e envidraçados), os horizontais (cobertura e parte opaca), e ainda drenagem de águas pluviais e elementos salientes (Figura 22). Na Figura 23 podemos ver a decomposição da fachada, que servirá de apoio à inspeção visual e também à avaliação exigencial. [18]



Figura 22 - Elementos da envolvente

A avaliação da fachada tem que ser bem executada, de forma a permitir encontrar a melhor solução e propor uma nova que evite o surgimento de novos problemas. O tema da envolvente é muito vasto, e o método exigencial proposto incide sobre as exigências a satisfazer pelos elementos construtivos. Os elementos da fachada referidos anteriormente serão estudados segundo as exigências previstas na regulamentação em vigor.

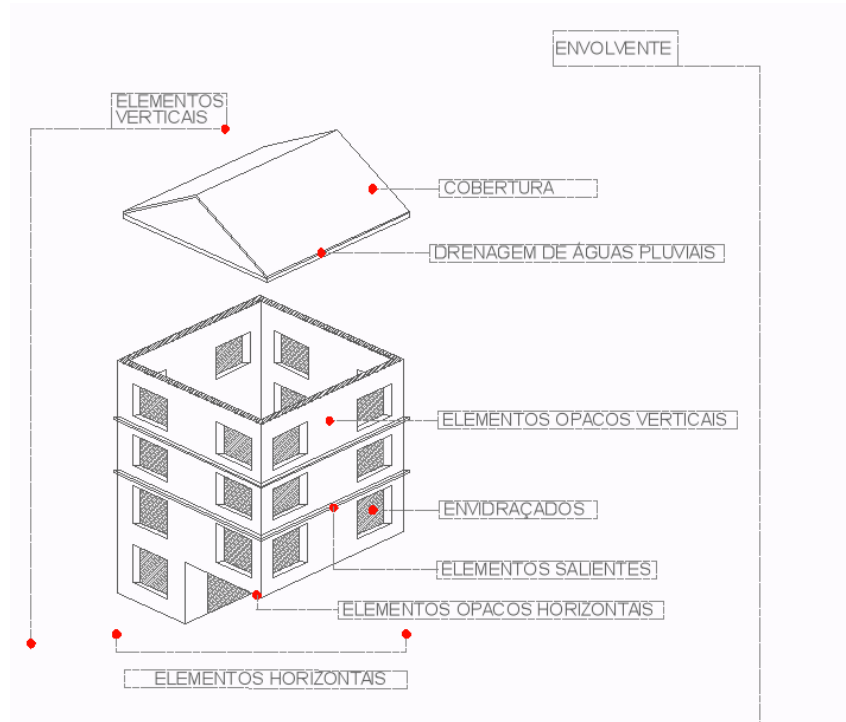


Figura 23 - Decomposição da fachada

Segundo o ITE há quatro designações para a classificação das anomalias dos elementos da fachada:

- Sem anomalias - Quando não se regista qualquer tipo de irregularidades;
- Anomalias menores - Quando o tipo de anomalias só precisam obras de manutenção;
- Anomalias graves - A importância das anomalias são significativas para proceder a reparação. Depois de descritas as anomalias têm de ser reparadas e tem que ter um prazo para o fazer. Se a segurança das pessoas não estiver assegurada, tem que estar descrito no relatório as medidas adotar antes das obras de reparação com prazo legal para fazê-lo;
- Anomalias muito graves - são aquelas que afetam a segurança das pessoas e a própria estabilidade do edifício. As medidas adotar de segurança são imediatas nesse tipo de anomalias, a solução de reparação tem que ter obrigatoriamente um prazo para fazê-lo. [17]

4	Anomalias muito graves
3	Anomalias graves
2	Anomalias menores
1	Sem anomalias

Figura 24 - Classificação das anomalias

A classificação da inspeção visual é subjetiva, por isso serão dados critérios individuais para cada elemento da fachada, como poderemos ver nas fichas de classificação. Assim a classificação será feita por cor, por grau 1 a 4 e por critérios individuais segundo o elemento. Depois de se descrever e classificar todos os elementos que se achar relevante será elaborado uma tabela final de modo a resumir o grau de anomalia. Depois de se classificarem todos os elementos que se acharem relevante será elaborado uma tabela síntese (tabela 46), de modo a obtermos o índice médio do grau de anomalia que o edifício apresenta.

Tabela 3- Exemplo de tabela de classificação

4	Estão degradação 100 % necessitando reconstrução total.
3	Reconstrução de 60 % da estrutura.
2	Necessidade de reparações mínimas 10 % elementos estruturais.
1	Estado de conservação da estrutura considerado bom.

3.3.3 Proposta do modelo de inspeção visual

A primeira tabela a ser apresentada, para o modelo de inspeção visual é a do proprietário. A ficha tem os seguintes campos a serem preenchidos: nome completo, número de BI e contactos.

Tabela 4-Identificação do proprietário

<p>1 Proprietário</p> <p>Nome Completo: _____</p> <p>Número BI : _____</p> <p>Contactos:</p> <p style="padding-left: 40px;">Telefone :</p> <p style="padding-left: 40px;">Telemóvel :</p> <p style="padding-left: 40px;">Email :</p>
--

A segunda tabela é referente aos dados do técnico que está a efetuar a inspeção. Os campos a preencher são os seguintes: nome completo, os contactos e qual a sua profissão.

Tabela 5 - Identificação do técnico

<p>2 Técnico</p> <p>Nome Completo: _____</p> <p>Profissão : _____</p> <p>Contactos:</p> <p style="padding-left: 40px;">Telefone :</p> <p style="padding-left: 40px;">Telemóvel :</p> <p style="padding-left: 40px;">Email :</p>

De seguida são apresentados os dados do edifício caso de estudo. Nesta tabela serão registados: rua, o número de lote, freguesia, localidade, concelho e o código postal.

Tabela 6- Registo do local do edifício

3 Dados relativos à morada	
Rua: _____	Nº/lote: _____
Nº apartamentos: _____	
Freguesia: _____	Concelho: _____
Código postal: _____	Localidade: _____

Na quarta ficha um dos dados que deverá constar é o ano de construção. Quando os edifícios são antigos nem sempre é fácil de se obter informação, pois geralmente não existe documentação do edifício.

Tabela 7 - Dados do edifício

4 Outros dados
Ano de construção: _____
Documentação existente:
<input type="checkbox"/> Desenhos <input type="checkbox"/> Memória descritiva e justificativa <input type="checkbox"/> Caderno de encargos <input type="checkbox"/> Livro de obra <input type="checkbox"/> Outros

Da tabela 8 até à 25 serão apresentados os modelos para registar as classificações individuais de cada elemento da fachada: estrutura, parede, cobertura, elementos salientes, acessos, portas exteriores, caixilharias, envidraçados, estores, revestimento exterior e rede drenagem de águas pluviais.

O objetivo principal destas fichas é averiguar se alguns destes elementos estão em risco, pois pode conter elementos que se degradem e se desprendam da edificação.

A vulnerabilidade de uma fachada é muito importante, pois pode por em risco as pessoas e as causas da mesma podem ser várias: deformações térmicas, higrotérmicas, excesso de carga entre outras. A instabilidade surge primeiramente através de fissuração vertical antes de se dar a derrocada. É importante agir de forma rápida nestes casos de modo a que não ponha em risco os indivíduos. Assim para avaliar o estado geral do edifício será elaborada uma tabela geral a descrever o elemento com a respetiva fotografia, e outra tabela de classificação do grau de anomalias que faz uma apreciação sucinta do seu estado de conservação a nível visual como já foi referido.

A tabela das anomalias da estrutura é muito importante pois é neste elemento que geralmente se apresentam as anomalias mais graves. Quanto melhor o técnico conseguir descrever o edifício mais fácil depois é classificar o grau de anomalias.

3.3.3.1 Inspeção do sistema estrutural

Tabela 8 - Descrição do sistema estrutural

5 Sistema estrutural (Fotografia do local)	
	Descrição:

As anomalias habitualmente detetadas são as fissuras, deformações, assentamentos e todos aqueles que sejam vistas a olho nu. É importante salientar que os critérios de classificação são subjetivos tal como os restantes apresentados anteriormente.

Tabela 9 - Classificação do grau de anomalia da estrutura

4	Estado de degradação 100 % necessitando reconstrução total.
3	Reconstrução de 60 % da estrutura.
2	Necessidade de reparações mínimas 10 % elemento estruturais.
1	Estado de conservação da estrutura considerado bom.

3.3.3.2 Inspeção da fachada

Tabela 10 - Descrição da fachada

6 Fachada (Fotografia do local)	
	Descrição:

A inspeção da classificação das anomalias da fachada incide nos seguintes aspetos:

- Existência de fissuras (verticais, horizontais, inclinadas a 45 %, formando arcos de descarga);
- Acumulação anómala de sujidade;
- Descoloração dos materiais de acabamento;
- Assentamento do edifício;
- Destacamento do material de revestimento;
- Deformação das paredes / elementos de revestimento;
- Degradação ou erosão de materiais;
- Manchas de humidade;
- Manchas de humidade devido à condensação.

Tabela 11 - Classificação do grau de anomalia da fachada

4	Estado de degradação 100 % necessitando reconstrução total.
3	Reconstrução de 60 % da fachada.
2	Necessidade de reparações mínimas 10 % no revestimento.
1	Estado de conservação da fachada considerado bom.

3.3.3.3 Inspeção da cobertura

Tabela 12 - Descrição da cobertura

7 Cobertura (Fotografia do local)	
	Descrição:

As principais anomalias encontradas nas coberturas são telhas danificadas que comprometem a estanquidade a 100 %. Quando essa não é garantida pode trazer problemas devido há entrada de água. Os problemas encontrados nas coberturas são:

- Anomalias devido a variações térmicas e higrotérmicas por falta de isolamento;
- Problemas de estanquidade, pois a ligação das telhas não está feita de forma correta;
- Telhas danificadas que tornam a cobertura vulnerável.

Tabela 13 - Classificação do grau de anomalia da cobertura

4	Substituição total da cobertura + isolamento.
3	Reconstrução de 60 % da cobertura e 60 % elementos de suporte + isolamento.
2	Necessidade de reparações mínimas 10 % elemento de revestimento + isolamento.
1	Estado de conservação considerado bom.

3.3.3.4 Inspeção dos elementos salientes

Tabela 14 - Descrição dos elementos salientes

8 Elementos Salientes (Fotografia do local)	
	Descrição:

Tabela 15 - Classificação do grau de anomalia dos elementos salientes

4	Infiltrações muito graves de água, colocando em risco a segurança do edifício. Riscos elétricos. Reparação generalizada.
3	Infiltração grave de água. Reparação de grande importância pontual e localizada.
2	Reparação fácil.
1	Sem evidência de infiltrações de água.

3.3.3.5 Inspeção dos acessos exteriores e portas

Tabela 16 - Descrição dos acessos exteriores e portas

9 Acessos Exteriores e portas (Fotografia do local)	
	Descrição:

Tabela 17 - Classificação do grau de anomalia dos acessos exteriores e portas

4	Substituição total.
3	Necessidade de reparações até 60%.
2	Necessidade de Reparação fácil 10 %.
1	Sem evidência de necessidade reparação.

3.3.3.6 Inspeção caixilharias e envidraçados

Tabela 18 - Descrição caixilharias e envidraçados

10 Caixilharias e envidraçados (Fotografia do local)	
	Descrição:

A inspeção da classificação das anomalias das caixilharias incide nos seguintes aspetos:

- Funcionamento das fixações;
- Estanquidade da janela;
- Funcionamento de mecanismos de acionamento;
- Estado das juntas de vedação;
- Correta fixação dos vidros;
- Deformações ou desencaixes;
- Corrosão dos materiais metálicos;
- Manchas de humidades/ deterioração de materiais (ombreiras e sob os envidraçados)
- Infiltrações de água;
- Existência de condensações nos envidraçados;
- Funcionamento e estado de conservação de elementos de sombreamento.

Tabela 19 - Classificação do grau de anomalia das caixilharias e envidraçados

4	Substituição total.
3	Necessidade de reparações até 60%.
2	Necessidade de reparação fácil 10 %.
1	Sem evidência de necessidade reparação.

3.3.3.7 Inspeção estores

Tabela 20 - Descrição estores

11 Estores (Fotografia do local)	
	Descrição:

Tabela 21 - Classificação do grau de anomalia dos estores

4	Substituição total.
3	Necessidade de reparações até 60 %.
2	Necessidade de reparação fácil 10 %.
1	Sem evidência de necessidade reparação.

3.3.3.8 Inspeção revestimento exterior

Tabela 22 - Descrição revestimento exterior

12 Revestimento exterior (Fotografia do local)	
	Descrição:

As causas comuns nas fachadas são o desprendimento de elementos da mesma colocando em causa a segurança das pessoas. O desabamento é comum nas fachadas principalmente por materiais de revestimento, e é através destes que as patologias conseguem ser identificadas com mais facilidade. Também são frequentes em fachadas antigas, derrocadas de elementos singulares, que tem como principal causa variações químicas que estes elementos estão sujeitos.

Outra causa comum na fachada são as fissuras, são as anomalias mais encontradas nas fachadas, por ser tão frequente são estipuladas cinco causas mais comuns para o surgimento das fissuras:

- Rutura entre o revestimento e as juntas (devido á falta de aderência entre ambos);
- Esforços de tração nas juntas, superior a que estas suportam;
- Ações mecânicas, como assentamentos e empolamentos;
- Esforços higrotérmicos (variações de temperatura e humidade);
- Erros no projeto ou na execução. [19]

Tabela 23 - Classificação do grau de anomalia do revestimento exterior

4	Substituição total.
3	Necessidade de reparações até 60%.
2	Necessidade de reparação fácil 10 %.
1	Sem evidência de necessidade reparação.

3.3.3.9 Inspeção rede de drenagem de águas pluviais

Tabela 24 - Descrição rede drenagem de águas pluviais

13 Instalação das águas pluviais (Fotografia do local)	
	Descrição:

A inspeção da classificação da rede drenagem de águas pluviais incide nos seguintes aspetos:

- Dimensionamento adequado da secção das caleiras e algerozes, em função da área a drenar;
- Inclinação mínima das caleiras e algerozes;
- Verificação das ligações entre os diversos elementos do sistema de drenagem e suas fixações aos elementos construtivos;
- Verificação do funcionamento dos ralos e do estado de conservação e limpeza do sistema;
- Dimensionamento adequado da secção dos tubos de queda em função do caudal de escoamento;

- Verificação do dimensionamento dos coletores de ligação;
- Inexistência de caleiras e algerozes na face interior de platibandas ou tubos de queda no interior de elementos construtivos, com possibilidade de inundação;

Tabela 25 - Classificação do grau de anomalia da rede drenagem de águas pluviais

4	Substituição total.
3	Necessidade de reparações até 60%.
2	Necessidade de Reparação fácil 10 %.
1	Sem evidência de necessidade reparação.

Tabela 26 - Modelo para a classificação final das anomalias de cada elemento exterior da envolvente

Anomalias dos elementos da fachada	SSem anomalias	Anomalias menores	Anomalias graves	Anomalias muito graves
	(1)	(2)	(3)	(4)
1. Sistema estrutural				
2. Fachada				
3. Cobertura				
4. Elementos salientes				
5. Acessos exteriores e portas				
6. Caixilharias				
7. Estores				
8. Revestimento exterior				
9. Rede drenagem de águas pluviais				

3.3.4 Aplicação do modelo de inspeção visual

Pretende-se agora proceder ao preenchimento das fichas anteriormente criadas para a inspeção técnica do caso de estudo. É de referir que a proposta de modelo de inspeção pode ser utilizado para qualquer edifício que pretenda ser inspecionado, podendo sempre ser alterado consoante as necessidades. Não se achou relevante apresentar as três primeiras tabelas, referentes ao proprietário, técnico e local de edifício.

Tabela 27 - Dados do edifício

Outros dados	
Ano de construção: 1993	
Documentação existente:	
	<input checked="" type="checkbox"/> Desenhos
	<input type="checkbox"/> Memória descritiva e justificativa
	<input type="checkbox"/> Caderno de encargos
	<input type="checkbox"/> Livro de obra
	<input type="checkbox"/> Outros:

Nota: Por falta de documentação escrita e técnica, houve alguma dificuldade em conhecer o existente.

3.3.4.1 Inspeção do sistema estrutural

Tabela 28 - Descrição do sistema estrutural


Sistema Estrutural (Fotografia do local)	
	Descrição:
	As componentes estruturais estão em boas condições, são estes: o sistema porticado, constituído por lajes aligeiradas e vigas, pilares e sapatas em betão armado.

Tabela 29 - Classificação do grau de anomalia da estrutura

4	Estão degradação 100 % necessitando reconstrução total.
3	Reconstrução de 60 % da estrutura.
2	Necessidade de reparações mínimas 10 % elemento estruturais.
1	Estado de conservação da estrutura considerado bom.

3.3.4.2 Inspeção da fachada

Tabela 30 - Descrição da fachada

<p>Fachada (Fotografia do local)</p>	
	<p>Descrição:</p> <p>As paredes de alvenaria são constituídas por : reboco exterior de 1,5 cm, tijolo de 15 cm, caixa-de-ar de 3 cm, tijolo de 9 cm e reboco interior de 1,5 cm, o que dá um total de 30 cm de espessura de parede.</p> <p>As principais anomalias em termos de fachada da proposta são as ligações entre elementos salientes, Na tabela 35 será averiguado o grau de anomalia deste componente individualmente, para depois se proceder a uma solução de reabilitação.</p>

As anomalias encontradas nas paredes são várias:

- Fissuras verticais, devido a má execução na ligação dos edifícios. A ausência de juntas de dilatação criou uma fissura vertical em cada junção dos edifícios, como se pode analisar na última foto da tabela 30.
- A fenda na saliência de ligação de duas fiadas de tijolos longitudinal e transversal, as causas destas anomalias são devidas a uma flexão da viga em consola que suporta toda a saliência. A inexistência de cruzamento dos tijolos na parte da estrutura da saliência. Os deslocamentos, retração e diferenças de temperatura provocam fissuras e consequentemente a entrada de água. Nas fotos da tabela 34 (descrição elementos salientes) pode-se observar a importância da fenda.
- São evidentes também as fissuras a nível da ligação dos elementos estruturais (viga e pilar). As fissuras têm um desenvolvimento vertical (pilar) e desenvolvem-se também

fissuras horizontais (vigas) a ligação é feita com um material diferente, tendo comportamentos de retração diferentes.

Tabela 31 - Classificação do grau de anomalia da fachada

4	Estado degradação 100 % necessitando reconstrução total.
3	Reconstrução de 60 % da fachada.
2	Necessidade de reparações mínimas 10 % no revestimento.
1	Estado de conservação da estrutura considerado bom.

3.3.4.3 Inspeção da cobertura

Tabela 32- Descrição da cobertura



Cobertura (Fotografia do local)	
	<p>Descrição:</p> <p>A cobertura da edificação é inclinada, constituída por telhas cerâmicas, vigas laterais com largura coincidentes à largura dos lotes e vigotas transversais. Na primeira imagem podemos ver a sua estrutura.</p> <p>Devido á falta de isolamento há humidades nas lajes dos lotes. Forte ventilação.</p>

Tabela 33 - Classificação do grau de anomalia da cobertura

4	Substituição total da cobertura + isolamento.
3	Reconstrução de 60 %cobertura e 60 % elementos de suporte + isolamento.
2	Necessidade de reparações mínimas 10 % elemento de revestimento + isolamento.
1	Estado de conservação considerado bom.

3.3.4.4 Inspeção elementos salientes

Tabela 34 - Descrição dos elementos salientes

Elementos salientes (Fotografia do local)	
	<p>Descrição:</p> <p>Os 5 elementos salientes de o edifício prejudicam a salubridade do edifício, pois numa das saliências no alçado posterior tem uma fenda com aproximadamente 2 cm, causando infiltrações graves de água no lote em questão. Na seguinte tabela poderá analisar-se o grau de anomalia. Na foto é evidente a deterioração do interior causada por essa fenda.</p>

Esta anomalia já foi referida nas paredes, mas como a anomalia da saliência tem uma importância considerável surgiu a necessidade de fazer uma tabela análise separado das paredes.

Tabela 35- Classificação do grau de anomalia de elementos salientes

4	Infiltrações muito graves de água, colocando em risco a segurança do edifício. Riscos elétricos. Reparação generalizada.
3	Infiltração grave de água. Reparação de grande importância pontual e localizada.
2	Reparação fácil.
1	Sem evidência de infiltrações de água.

3.3.4.5 Inspeção acessos exteriores e portas

Tabela 36 - Descrição dos acessos exteriores e portas

Acessos Exteriores e portas (Fotografia do local)	
	Descrição: Em todas as entradas dos edifícios, no alçado frontal, há humidades tal ocorrência deve-se à falta de inclinação por parte da cobertura do acesso que é externo ao edifício e falta da respetiva pingadeira, e também da falta de incidência solar. A fachada principal por ter pouca radiação solar, quando a água se infiltra na fachada demora a evaporar provocando fungos. As portas dos acessos são em PVC de cor branca, com envidraçados de modo a deixar entrar a luz.

Tabela 37 -Classificação do grau de anomalia dos acessos exteriores e portas

4	Substituição total.
3	Necessidade de reparações até 60%.
2	Necessidade de Reparação fácil 10 %.
1	Sem evidência de necessidade reparação.

3.3.4.6 Inspeção de caixilharias e envidraçados

Tabela 38 - Descrição caixilharias e envidraçados


Caixilharias e Envidraçados (Fotografia do local)	
	Descrição: Janelas batentes de duas folhas. As caixilharias são em alumínio, sem corte térmico e vidro simples. Estão em razoável estado de conservação.

Tabela 39- Classificação do grau de anomalia das caixilharias e envidraçados

4	Substituição total.
3	Necessidade de reparações até 60%.
2	Necessidade de Reparação fácil 10 %.
1	Sem evidência de necessidade reparação.

3.3.4.7 Inspeção dos estores

Tabela 40 - Descrição dos estores

Estores (Fotografia do local)	
	Descrição:
	Os estores são plásticos e não apresentam sinais de degradação significativos.

Tabela 41 - Classificação do grau de anomalia dos estores

4	Substituição total
3	Necessidade de reparações até 60%
2	Necessidade de Reparação fácil 10 %
1	Sem evidência de necessidade reparação

3.3.4.8 Inpeção revestimento exterior

Tabela 42- Descrição revestimento exterior


Revestimento exterior (Fotografia do local)	
	Descrição:
	<p>Como já foi referido anteriormente nas anomalias das paredes, o principal problema é as fissuras existentes na fachada, mais propriamente no revestimento exterior.</p>

Tabela 43 - Classificação do grau de anomalia do revestimento exterior

4	Substituição total.
3	Necessidade de reparações até 60%.
2	Necessidade de Reparação fácil 10 %.
1	Sem evidência de necessidade reparação.

3.3.4.9 Inspeção rede de drenagem de águas pluviais

Tabela 44- Descrição da rede drenagem de águas pluviais


Instalação das águas pluviais (Fotografia do local)	
	Descrição:
	As redes de drenagem de águas pluviais encontram-se em boas condições, mas com a proposta de reabilitação terão que sofrer alterações.

Tabela 45 - Classificação do grau de anomalia da rede de drenagem de águas pluviais

4	Substituição total.
3	Necessidade de reparações até 60%.
2	Necessidade de Reparação fácil 10 %.
1	Sem evidência de necessidade reparação.

Tabela 46 - Classificação final das anomalias de cada elemento exterior da envolvente

Anomalias dos elementos da fachada	(1) Sem anomalias	(2) Anomalias menores	(3) Anomalias graves	(4) Anomalias muito graves
1. Sistema Estrutural	X			
2. Parede		X		
3. Cobertura		X		
4. Elementos salientes			X	
5. Acessos exteriores e portas		X		
6. Caixilharias		X		
7. Estores		X		
8. Revestimento exterior			X	
9. Rede de drenagem de águas pluviais		X		
Índice = $19 / 9 = 2,11$				

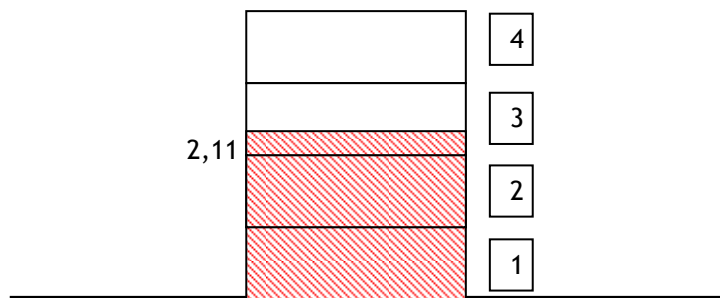


Figura 25 - Gráfico de classificação global

Com este método de inspeção pretendeu-se analisar de uma forma mais fácil o perfil do edifício. Como já foi referido avaliação técnica visual é subjetiva dependendo do bom senso de quem realiza a inspeção.

Conclui-se que a avaliação do estado de conservação, por si só não é suficiente, pois o edifício em questão apresenta algumas anomalias que podem ser corrigidas, sendo necessário prosseguir com uma proposta de reabilitação. Antes de avançarmos para o projeto de reabilitação, achou-se por bem realizar atribuição do nível de qualidade térmica ao edifício existente e avaliação exigencial, de alguns elementos inspecionados, que poderemos ver no capítulo seguinte.

Capítulo 4

AVALIAÇÃO EXIGENCIAL COM ATRIBUIÇÃO DO NÍVEL DE QUALIDADE TÉRMICA AO EDIFÍCIO EXISTENTE

ÍNDICE

4.1	Enquadramento	61
4.2	Proposta dos níveis de qualidade	62
4.3	Tabelas finais de avaliação dos níveis de qualidade térmica.....	67
4.4	Nível de qualidade dos elementos da envolvente do edifício de habitação social ..	72

4 Avaliação exigencial com atribuição do nível de qualidade térmica ao edifício existente

4.1 Enquadramento

Para a definição de conceito de avaliação exigencial será tido em conta o livro “Reabilitação de edifícios. Metodologia de diagnósticos de intervenção” do Prof. Doutor João Lanzinha, outra referência importante para este capítulo é a dissertação com o tema “Indicadores de avaliação da qualidade térmica de Edifícios de Habitação” da Susana de Jesus Santos.

A proposta que se apresenta neste trabalho tem em conta o REH.

Os níveis de qualidade que se propõem serão compostos pelos seguintes elementos: parte opaca (verticais e horizontais), envidraçados, cobertura e também pontes térmicas planas, ou seja todos os elementos que separam a parte exterior do interior da habitação. Pretende-se que estes elementos exteriores proporcionem no interior um espaço em que haja conforto.

Todos os agentes ambientais exteriores atuam no edifício estimulando a sua degradação ao longo dos anos. Deste modo é necessário avaliar a longevidade da parede exterior, de forma a ter proteção face ao vento, à chuva, à radiação solar, ao calor, ao ruído, ao fogo, aos materiais sólidos entre outros. Na tabela 47 podemos ver a listagem das principais exigências que cada elemento referido anteriormente tem de satisfazer. [20]

Para garantir uma boa reabilitação que vá para além da melhoria dos aspetos estéticos e de conservação, é necessário qualificar os elementos que constam na tabela 47. São vários os autores que estipularam os níveis de qualidade térmica e definiram uma escala qualitativa, tendo como objetivo determinar e caracterizar a eficiência dos elementos da envolvente do edifício. A qualificação é feita de modo separada para cada elemento, sendo assim possível determinar aqueles que mais ou menos vão contribuir para uma boa eficiência térmica.

Esta qualificação é feita através da comparação das características térmicas de cada elemento com os valores propostos pelo REH. Para o efeito é importante conhecer o coeficiente de transmissão térmica superficial de referência U_{ref} ($W/(m^2 \cdot ^\circ C)$) e o coeficiente de transmissão térmica superficial máximo admissível $U_{m\acute{a}x}$ ($W/(m^2 \cdot ^\circ C)$). Resultante destes valores surge a necessidade de propor uma tabela para avaliação dos níveis de qualidade.

O Prof. Dr. Victor Abrantes, pioneiro em avaliação individual dos elementos da envolvente do edifício, em Novembro de 1977, faz uma proposta de avaliação no seu livro “Apreciação da Qualidade Térmica de Projetos de habitação”. O autor baseou-se em alguma regulamentação, para por em prática a sua avaliação de qualidade térmica e estipulou três critérios:

- 1 - Zonas climáticas (3 zonas inverno e 3 zonas de verão)
- 2 - Apreciação relativa à qualidade de conforto térmico de Inverno

3 - Apreciação relativa à qualidade de conforto térmico de Verão

Para calcular os níveis de qualidade construtivas da nossa proposta serão tidos em conta as tabelas elaboradas Prof. Doutor João Lanzinha no livro “Reabilitação de edifícios, Metodologia de diagnósticos de intervenção”, mas como os valores de referência sofreram modificações, surgiu a necessidade de fazer novas tabelas com os valores em vigor na regulamentação atual. Na definição dos intervalos utilizou-se o seguinte método para a definição da escala positiva. O nível N0 varia entre o valor máximo de $U_{\text{máx}}$ e a média de $U_{\text{máx}} + U_{\text{ref}}$. O nível N1 varia entre aquela média e o valor do $U_{\text{ref}} = 0,50$ multiplicado por uma percentagem.

Para definir a escala negativa N-1 até N-5 é calculada através da multiplicação do $U_{\text{máx}}$ por uma determinada percentagem. [17] [20]

4.2 Proposta dos níveis de qualidade

Antes de se proceder ao cálculo e tabelamento serão explicados alguns conceitos de térmica para melhor compreensão da importância do tema.

- Coeficiente de transmissão térmica- "Condutibilidade térmica é uma propriedade térmica típica de um material homogéneo que é igual à quantidade de calor por unidade de tempo que atravessa uma camada de espessura e de área unitárias desse material por unidade de diferença de temperatura entre as suas duas faces. Assim, a condutibilidade térmica caracteriza a maior ou menor facilidade de transferência de calor, ou seja, de condução de calor por parte dos materiais." [21]
- Pontes térmicas - "É designado por ponte térmica todos os fenómenos localizados de transferências de calor na envolvente de um edifício, cuja a consequência é uma redução das características de isolamento térmico desses locais, no que diz respeito às zonas correntes." [21]
- Fatores solares máximos admissíveis - "É o coeficiente entre a energia transmitida para o interior através de um vão envidraçado com o respetivo dispositivo de proteção e energia da radiação solar que nele incide."
- Inércia térmica - "A inércia térmica refere-se à capacidade de um elemento armazenar calor, libertando-o passado um determinado tempo, pelo que pode ser utilizada para absorver os ganhos de calor durante o dia (reduzindo a carga de arrefecimento) e libertá-los à noite (reduzindo a carga de aquecimento) contribuindo para uma maior estabilidade das temperaturas interiores, relativamente às oscilações térmicas do exterior e permitir uma utilização mais racional de energia na climatização dos espaços.

A inércia térmica depende de vários fatores, nomeadamente, da massa dos elementos da construção e da condutibilidade térmica dos materiais. Para que se possa tirar partido do mecanismo da inércia térmica de um edifício é importante que a massa de armazenamento térmico não esteja impedida de absorver calor, devido à aplicação de

revestimentos termicamente resistentes ou de isolamento térmico no seu paramento interior" [22]

A seguir podemos ver como foram efetuados os cálculos dos coeficientes de transmissão térmica para os vários elementos da envolvente exterior dos edifícios de habitação.

As tabelas finais relativos aos níveis de qualidade para os diferentes elementos da envolvente são apresentados de seguida aos cálculos.

Tabela 47 - Diferentes exigências a considerar para os elementos da envolvente [20]

ELEMENTO DA ENVOLVENTE	ZONA	EXIGÊNCIA
Elementos verticais e horizontais	Opaca	Isolamento térmico
		Resistência ao fogo
		Resistência acústica
		Isolamento acústico
		Estanquidade à água
		Controle da permeabilidade ao vapor
		Compatibilidade parede/estrutura
		Tratamento de pontes térmicas
	Envidraçados	Estanquidade à água
		Controle da permeabilidade ao ar
		Isolamento térmico
		Isolamento acústico
		Resistência ao vento
		Controle da transmissão luminosa
		Controle de condensação
Fator solar máximo		
Cobertura	Zona comum	Estanquidade à água do revestimento
		Controle da permeabilidade ao ar
		Controle da permeabilidade ao vapor
	Ligações com elementos salientes e capeamentos	Estanquidade das ligações com elementos salientes e capeamentos
	Drenagem das águas pluviais	Escoamento eficaz

4.2.1 Cálculo dos níveis de elementos verticais (parede)

Nota: Só serão apresentados os cálculos da zona climática |1 como forma de exemplo.

Tabela 48- Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos de referência de elementos verticais (parede) em contacto com exterior, U_{ref} e U_{máx} (W/m².°C)

	Parede		
	1	2	3
U _{máx}	1,75	1,6	1,45
U _{ref}	0,5	0,4	0,35

$$N0 \text{ min} = \frac{U_{\text{máx}} + U_{\text{ref}}}{2} = \frac{1,75 + 0,5}{2} = 1,13 \text{ (W/(m}^2 \cdot \text{°C))}$$

$$N 1 = U_{\text{ref}} \times 0,9 = 0,5 \times 0,9 = 0,45 \text{ (W/(m}^2 \cdot \text{°C))}$$

$$N 2 = U_{\text{ref}} \times 0,7 = 0,5 \times 0,7 = 0,35 \text{ (W/(m}^2 \cdot \text{°C))}$$

$$N 3 = U_{\text{ref}} \times 0,5 = 0,5 \times 0,5 = 0,25 \text{ (W/(m}^2 \cdot \text{°C))}$$

$$N 4 = U_{\text{ref}} \times 0,3 = 0,5 \times 0,3 = 0,15 \text{ (W/(m}^2 \cdot \text{°C))}$$

$$N - 1 = U_{\text{máx}} \times 1,1 = 1,75 \times 1,1 = 1,93 \text{ (W/(m}^2 \cdot \text{°C))}$$

$$N - 2 = U_{\text{máx}} \times 1,2 = 1,75 \times 1,2 = 2,1 \text{ (W/(m}^2 \cdot \text{°C))}$$

$$N - 3 = U_{\text{máx}} \times 1,3 = 1,75 \times 1,3 = 2,28 \text{ (W/(m}^2 \cdot \text{°C))}$$

$$N - 4 = U_{\text{máx}} \times 1,4 = 1,75 \times 1,4 = 2,45 \text{ (W/(m}^2 \cdot \text{°C))}$$

4.2.2 Cálculo dos níveis de qualidade dos vãos envidraçados

Tabela 49 - Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos de referência dos vãos envidraçados U_{ref} e U_{máx} (W/(m².°C))

	Vãos envidraçados		
	1	2	3
U _{máx}	4,2	4,2	4,2
U _{ref}	2,9	2,6	2,4

Os índices relativos aos vãos envidraçados têm uma variação de 5% como demonstrado nos cálculos seguintes.

$$N0 \text{ min} = \frac{Umáx + Uref}{2} = \frac{4,2 + 2,9}{2} = 3,55 \text{ (W/(m}^2 \cdot \text{°C))}$$

$$N 1 = Uref \times 1 = 2,9 \times 1 = 2,9 \text{ (W/(m}^2 \cdot \text{°C))}$$

$$N 2 = Uref \times 0,95 = 2,9 \times 0,95 = 2,76 \text{ (W/(m}^2 \cdot \text{°C))}$$

$$N 3 = Uref \times 0,90 = 2,9 \times 0,90 = 2,61 \text{ (W/(m}^2 \cdot \text{°C))}$$

$$N 4 = Uref \times 0,85 = 2,9 \times 0,85 = 2,47 \text{ (W/(m}^2 \cdot \text{°C))}$$

$$N - 1 = Umax \times 1,05 = 4,2 \times 1,05 = 4,41 \text{ (W/(m}^2 \cdot \text{°C))}$$

$$N - 2 = Umax \times 1,1 = 4,2 \times 1,1 = 4,62 \text{ (W/(m}^2 \cdot \text{°C))}$$

$$N - 3 = Umax \times 1,15 = 4,2 \times 1,15 = 4,83 \text{ (W/(m}^2 \cdot \text{°C))}$$

$$N - 4 = Umax \times 1,20 = 4,2 \times 1,20 = 5,04 \text{ (W/(m}^2 \cdot \text{°C))}$$

4.2.3 Cálculo fator solar máximos admissíveis dos vãos envidraçados

Tabela 50 - Fatores solares máximos admissíveis dos vãos envidraçados, $gt_{\text{máx}}$ em função da inércia

Fatores solares máximos			
	V1	V2	V3
I fraca	0,15	0,10	0,10
I média	0,56	0,56	0,50
I forte	0,56	0,56	0,50

$$N0 \text{ min} = Umáx \times 0,8 = 0,56 \times 0,8 = 0,45 \text{ (W/(m}^2 \cdot \text{°C))}$$

$$N4 = Umáx \times 0,1 = 0,56 \times 0,1 = 0,06 \text{ (W/(m}^2 \cdot \text{°C))}$$

$$N3 = Umáx \times 0,2 = 0,56 \times 0,2 = 0,11 \text{ (W/(m}^2 \cdot \text{°C))}$$

$$N2 = Umáx \times 0,4 = 0,56 \times 0,4 = 0,22 \text{ (W/(m}^2 \cdot \text{°C))}$$

$$N1 = Umáx \times 0,6 = 0,56 \times 0,6 = 0,34 \text{ (W/(m}^2 \cdot \text{°C))}$$

$$N - 1 = Umáx \times 1,05 = 0,56 \times 1,05 = 0,59 \text{ (W/(m}^2 \cdot \text{°C))}$$

$$N - 2 = Umáx \times 1,1 = 0,56 \times 1,1 = 0,61 \text{ (W/(m}^2 \cdot \text{°C))}$$

$$N - 3 = Umáx \times 1,15 = 0,56 \times 1,15 = 0,64 \text{ (W/(m}^2 \cdot \text{°C))}$$

$$N - 4 = Umáx \times 1,20 = 0,56 \times 1,20 = 0,67 \text{ (W/(m}^2 \cdot \text{°C))}$$

4.2.4 Elementos horizontais

Tabela 51 - Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos de referência de elementos horizontais em contato com exterior U_{ref} e $U_{máx}$ ($W/(m^2 \cdot ^\circ C)$)

	Elementos opacos horizontais		
	1	2	3
$U_{máx}$	1,25	1	0,9
U_{ref}	0,4	0,35	0,3

$$N0 \min = \frac{U_{máx} + U_{ref}}{2} = \frac{1,25 + 0,4}{2} = 0,83 (W/(m^2 \cdot ^\circ C))$$

$$N1 = U_{ref} \times 0,9 = 0,4 \times 0,9 = 0,20 (W/(m^2 \cdot ^\circ C))$$

$$N2 = U_{ref} \times 0,7 = 0,4 \times 0,7 = 0,28 (W/(m^2 \cdot ^\circ C))$$

$$N3 = U_{ref} \times 0,5 = 0,4 \times 0,5 = 0,36 (W/(m^2 \cdot ^\circ C))$$

$$N4 = U_{ref} \times 0,3 = 0,4 \times 0,3 = 0,40 (W/(m^2 \cdot ^\circ C))$$

$$N - 1 = U_{max} \times 1,1 = 1,25 \times 1,1 = 1,25 (W/(m^2 \cdot ^\circ C))$$

$$N - 2 = U_{max} \times 1,2 = 1,25 \times 1,2 = 1,38 (W/(m^2 \cdot ^\circ C))$$

$$N - 3 = U_{max} \times 1,3 = 1,25 \times 1,3 = 1,50 (W/(m^2 \cdot ^\circ C))$$

$$N - 4 = U_{max} \times 1,4 = 1,25 \times 1,4 = 1,63 (W/(m^2 \cdot ^\circ C))$$

4.2.5 Ponte térmica plana

Tabela 52 - Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos das pontes térmicas $U_{máx}$ ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)

	Ponte térmica plana		
	1	2	3
$U_{máx}$	3,5 ou 1,75	3,2 ou 1,6	2,9 ou 1,45

Os cálculos seguintes referem-se à zona climática |1

$$N0 \min = \frac{U_{máx} + N0 (PAREDES)}{2} = \frac{1,75 + 1,13}{2} = 1,44 (W/(m^2 \cdot ^\circ C))$$

$$N1 = U_{máx} \times N1 (paredes) = 1,75 \times 0,5 = 0,88 (W/(m^2 \cdot ^\circ C))$$

$$N2 = U_{máx} \times N2 (paredes) = 1,75 \times 0,45 = 0,79 (W/(m^2 \cdot ^\circ C))$$

$$N3 = U_{máx} \times N3 (paredes) = 1,75 \times 0,35 = 0,61 (W/(m^2 \cdot ^\circ C))$$

$$N4 = U_{máx} \times N4 (paredes) = 1,75 \times 0,25 = 0,44 (W/(m^2 \cdot ^\circ C))$$

$$N - 1 = U_{máx} \times N - 1 (paredes) = 1,75 \times 1,93 = 3,38 (W/(m^2 \cdot ^\circ C))$$

$$N - 2 = U_{máx} \times N - 2 (paredes) = 1,75 \times 2,1 = 3,68 (W/(m^2 \cdot ^\circ C))$$

$$N - 3 = U_{máx} \times N - 3 (paredes) = 1,75 \times 2,28 = 3,99 (W/(m^2 \cdot ^\circ C))$$

$$N - 4 = U_{máx} \times N - 4 (paredes) = 1,75 \times 2,45 = 4,29 (W/(m^2 \cdot ^\circ C))$$

4.3 Tabelas finais de avaliação dos níveis de qualidade térmica

Foram elaboradas duas tabelas, uma calculada com os valores de referência em vigor, e outra com os valores que entrarão em vigor a 1 de Janeiro 2016.

Tabela 53 - Níveis de qualidade térmica para os elementos verticais da envolvente, para cada zona do país

Aplicável a partir de 29 de Novembro 2013

Aplicável a partir de 1 de Janeiro 2016

	Níveis de qualidade parede		
	1	2	3
N 5	0,25	0,20	0,18
	0,25	0,20	0,18
N 4	0,35	0,28	0,25
	0,35	0,28	0,25
N 3	0,45	0,36	0,32
	0,45	0,36	0,32
N 2	0,50	0,40	0,35
	0,50	0,40	0,35
N 1	1,13	1,00	0,90
	1,13	1,00	0,90
N 0	1,75	1,60	1,45
	1,75	1,60	1,45
N -1	1,93	1,76	1,60
	1,93	1,76	1,60
N -2	2,10	1,92	1,74
	2,10	1,92	1,74
N -3	2,28	2,08	1,89
	2,28	2,08	1,89
N -4	2,45	2,24	2,03
	2,45	2,24	2,03
N -5	2,45	2,24	2,03

	Níveis de qualidade parede		
	1	2	3
N 5	0,20	0,18	0,15
	0,20	0,18	0,15
N 4	0,28	0,25	0,21
	0,28	0,25	0,21
N 3	0,36	0,32	0,27
	0,36	0,32	0,27
N 2	0,40	0,35	0,30
	0,40	0,35	0,30
N 1	1,08	0,98	0,88
	1,08	0,98	0,88
N 0	1,75	1,60	1,45
	1,75	1,60	1,45
N -1	1,93	1,76	1,60
	1,93	1,76	1,60
N -2	2,10	1,92	1,74
	2,10	1,92	1,74
N -3	2,28	2,08	1,89
	2,28	2,08	1,89
N -4	2,45	2,24	2,03
	2,45	2,24	2,03
N -5	2,45	2,24	2,03

Tabela 54 - Níveis de qualidade térmica para os vãos envidraçados para cada zona climática do país

Aplicável a partir de 29 de Novembro 2013

Aplicável a partir de 1 Janeiro 2016

		Níveis de qualidade dos vãos envidraçados						
		1	2	3				
N 5					2,8	2,04	1,87	N 5
		2,47	2,21	2,04				
N 4		2,47	2,21	2,04	2,52	2,16	1,98	N 4
		2,61	2,34	2,16				
N 3		2,61	2,34	2,16	2,66	2,28	2,09	N 3
		2,76	2,47	2,28				
N 2		2,76	2,47	2,28	2,80	2,40	2,20	N 2
		2,90	2,60	2,40				
N 1		2,90	2,60	2,40	3,50	3,30	3,20	N 1
		3,55	3,40	3,30				
N 0		3,55	3,40	3,30	4,20	4,20	4,20	N 0
		4,20	4,20	4,20				
N -1		4,20	4,20	4,20	4,41	4,41	4,41	N -1
		4,41	4,41	4,41				
N -2		4,41	4,41	4,41	4,62	4,62	4,62	N -2
		4,62	4,62	4,62				
N -3		4,62	4,62	4,62	4,83	4,83	4,83	N -3
		4,83	4,83	4,83				
N -4		4,83	4,83	4,83	5,04	5,04	5,04	N -4
		5,04	5,04	5,04				
N -5		5,04	5,04	5,04	5,04	5,04	5,04	N -5

Tabela 55 - Níveis de qualidade térmica para os elementos opacos horizontais

Aplicável a partir de 29 de Novembro 2013

Aplicável a partir de 1 Janeiro 2016

		Níveis de qualidade dos elementos opacos horizontais				
		1	2	3		
N 5					N 5	
		0,20	0,18	0,15		
N 4		0,20	0,18	0,15	N 4	
		0,28	0,25	0,21		
N 3		0,28	0,25	0,21	N 3	
		0,36	0,32	0,27		
N 2		0,36	0,32	0,27	N 2	
		0,40	0,35	0,30		
N 1		0,40	0,35	0,30	N 1	
		0,83	0,68	0,60		
N 0		0,83	0,68	0,60	N 0	
		1,25	1,00	0,90		
N -1		1,25	1,00	0,90	N -1	
		1,38	1,10	0,99		
N -2		1,38	1,10	0,99	N -2	
		1,50	1,20	1,08		
N -3		1,50	1,20	1,08	N -3	
		1,63	1,30	1,17		
N -4		1,63	1,30	1,17	N -4	
		1,75	1,40	1,26		
N -5		1,75	1,40	1,26	N -5	

Tabela 56 - Níveis de qualidade térmica para as pontes térmicas planas (exterior)

Aplicável a partir de 29 de Novembro 2013

Aplicável a partir de 1 Janeiro 2016

		Pontes térmicas planas (exterior)					Pontes térmicas planas (exterior)		
		1	2	3			1	2	3
N 5									N 5
		0,44	0,32	0,26	0,35	0,28	0,22		
N 4		0,44	0,32	0,26	0,35	0,28	0,22	N 4	
		0,61	0,46	0,36	0,49	0,39	0,31		
N 3		0,61	0,46	0,36	0,49	0,39	0,31	N 3	
		0,79	0,58	0,46	0,63	0,50	0,39		
N 2		0,79	0,58	0,46	0,63	0,50	0,39	N 2	
		0,88	0,64	0,51	0,7	0,56	0,44		
N 1		0,88	0,64	0,51	0,7	0,56	0,44	N 1	
		1,44	1,6	1,31	1,42	1,56	1,27		
N 0		1,44	1,6	1,31	1,44	1,6	1,31	N 0	
		1,75	1,6	1,45	1,75	1,6	1,45		
N-1		1,75	1,6	1,45	1,75	1,60	1,45	N-1	
		3,38	2,82	2,31	3,38	2,82	2,31		
N-2		3,38	2,82	2,31	3,38	2,82	2,31	N-2	
		3,68	3,07	2,78	3,68	3,07	2,78		
N-3		3,68	3,07	2,78	3,68	3,07	2,78	N-3	
		3,99	3,33	3,02	3,99	3,33	3,02		
N-4		3,99	3,33	3,02	3,99	3,33	3,02	N-4	
		4,29	3,58	2,94	4,29	3,58	2,94		
N-5		4,29	3,58	2,94	4,29	3,58	2,94	N-5	

Tabela 57- Níveis de qualidade térmica para o fator solar admissível

Aplicável a partir de 29 de Novembro 2013

Para inércia média ou forte			
	V1	V2	V3
N 5	0,06	0,06	0,05
N 4	0,06	0,06	0,05
	0,11	0,11	0,10
N 3	0,11	0,11	0,10
	0,22	0,22	0,20
N 2	0,22	0,22	0,20
	0,34	0,34	0,30
N 1	0,34	0,34	0,30
	0,45	0,45	0,40
N 0	0,45	0,45	0,40
	0,56	0,56	0,50
N -1	0,56	0,56	0,50
	0,59	0,59	0,53
N -2	0,59	0,59	0,53
	0,62	0,62	0,55
N -3	0,62	0,62	0,55
	0,64	0,64	0,58
N -4	0,64	0,64	0,58
	0,67	0,67	0,60
N -5	0,67	0,67	0,60

4.4.2 Nível de qualidade de vãos envidraçados

Na ficha de elemento, são inseridas as características dos vãos envidraçados e a seguir recorreu-se à tabela do LNEC para determinar o valor do, U, em (W/(m² . °C))

FICHA DE ELEMENTO <i>(Ficha demonstrativa de cálculo)</i>																									
ENVOLVENTE:	EXTERIOR																								
ELEMENTO:	VÃO ENVIDRAÇADO SIMPLES																								
DESCRIÇÃO:	Vãos envidraçados simples, com caixilharia metálica sem corte térmico, sem classificação, com vidro simples incolor com 5mm, cx de estore e proteção exterior com persianas de lâminas metálicas de cor clara.																								
ELEMENTOS:																									
<table border="1" style="width: 100%; height: 40px;"> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>																									
REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO ELEMENTO:																									
<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr><td> </td></tr> </table>																									
CARACTERIZAÇÃO DO VÃO ENVIDRAÇADO, DA CAIXILHARIA E DO VIDRO:																									
<i>Tipo de caixilharia:</i>																									
Madeira <input type="checkbox"/>	Metálica com corte térmico <input type="checkbox"/>																								
Metálica sem corte térmico <input checked="" type="checkbox"/>	Plástico <input type="checkbox"/>																								
<i>Tipo de janela:</i>																									
Fixa <input type="checkbox"/>	Giratória <input checked="" type="checkbox"/>																								
de correr <input type="checkbox"/>																									
<i>Tipo de vão envidraçado:</i>																									
Simple (1 janela) <input checked="" type="checkbox"/>	Duplo (2 janelas) <input type="checkbox"/>																								
Distância entre as duas janelas: <input type="text"/> mm																									
<i>Número de vidros:</i>																									
Simple (1 vidro) <input checked="" type="checkbox"/>	Duplo (2 vidros) <input type="checkbox"/>																								
<i>Espessura dos vidros:</i>																									
Simple (1 vidro) <input type="text" value="5"/> mm																									
Duplo (2 vidros): Vidro interior <input type="text"/> mm	Vidro exterior <input type="text"/> mm																								
Lâmina de ar <input type="text"/> mm																									
<i>Existe dispositivo de oclusão noturna:</i>																									
Sim <input checked="" type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>																								
<i>Características do dispositivo de oclusão noturna:</i>																									
Cortina interior opaca <input type="checkbox"/>	Cor da cortina: Clara <input checked="" type="checkbox"/>																								
	Média <input type="checkbox"/>																								
	Escura <input type="checkbox"/>																								
Outros dispositivos de oclusão com: permeabilidade ao ar elevada <input type="checkbox"/>																									
	permeabilidade ao ar baixa <input type="checkbox"/>																								
Cor do dispositivo: Clara <input type="checkbox"/>																									
	Média <input type="checkbox"/>																								
	Escura <input type="checkbox"/>																								
<i>O edifício tem ocupação noturna importante:</i>																									
Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>																								
COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA SUPERFICIAL MÉDIO DIA-NOITE ⁽¹⁾ :																									
Coef. de transmissão térmica sup. médio dia-noite, U _{wdn} , em [W/(m ² .°C)]	Fluxo 4,60																								

Figura 27- Ficha do coeficiente térmico superficial segundo as características dos vãos, U, em (W/(m² . °C)).

A tabela 58, indica qual o coeficiente adequado segundo as características dos vãos envidraçados pretendido. Para os vãos com as características, vidro (simples), giratória, e com oclusão noturna obtemos valor de $U = 4,60$ ($W/(m^2 \cdot ^\circ C)$) , os vãos tem um nível de qualidade de N-2, segundo os níveis de qualidade da tabela 58.

Tabela 58 - Coeficientes de transmissão de vãos envidraçados verticais com caixilharia metálica sem corte térmico, U , em ($W/(m^2 \cdot ^\circ C)$)
(Extraído do quadro III.2 -A do Anexo III da publicação do LNEC : ITE 50)

Tipo de vão envidraçado	Número de vidros	Tipo de janela	Esp. da lâmina de ar [mm]	$U_w^{(1)}$ [$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$]	$U_{wdn}^{(2)}$ [$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$]		
					Dispositivo de oclusão noturna		
					Cortina interior opaca	Outros dispositivos	
Com permeabilidade ao ar elevada	Com permeabilidade ao ar baixa						
Simples (1 janela)	1 (vidro simples)	Fixa	---	6,0	4,9	4,5	3,8
		Giratória	---	6,2	5,0	4,6	3,9
		De correr	---	6,5	5,2	4,8	4,1
	2 (vidro duplo)	Fixa	6	3,9	3,4	3,2	2,8
			16	3,5	3,1	2,9	2,6
			16 $low \epsilon^{(3)}$	3,1	2,8	2,6	2,3
		Giratória	6	4,3	3,7	3,4	3,0
			16	3,8	3,3	3,1	2,7
			16 $low \epsilon^{(3)}$	3,6	3,2	3,0	2,6
		De correr	6	4,5	3,9	3,6	3,1
			16	4,0	3,5	3,3	2,9
			16 $low \epsilon^{(3)}$	3,7	3,3	3,1	2,7
Duplo ⁽⁴⁾ (2 janelas)	1 (vidro simples em cada janela)	Fixa, giratória ou de correr	50 a 100 mm (distância entre janelas)	3,1	2,8	2,6	2,3

Notas:
 1 - U_w , coeficiente de transmissão térmica do vão envidraçado, aplicável a locais sem ocupação noturna.
 2 - U_{wdn} , coeficiente de transmissão térmica médio dia-noite do vão envidraçado (inclui a contribuição dos eventuais dispositivos de oclusão noturna), aplicável a locais com ocupação noturna (vd. texto 4.5 do ITE50). Se o vão envidraçado não dispõe de dispositivos de oclusão noturna, $U_{wdn} = U_w$.
 3 - Para os vidros com baixa emissividade ($low \epsilon$) considera-se $\epsilon = 0,40$. Para outros valores de ϵ vd. texto 4.5 do ITE50.
 4 - Nas janelas duplas admite-se que ambas as janelas têm o mesmo tipo de vidro simples e de caixilho metálico. Para outros valores de ϵ vd. texto 4.5 do ITE50.

4.4.3 Nível de qualidade de elementos horizontais (Esteira)

Segundo a tabela seguinte as coberturas que não têm isolamento térmico, e que tenham laje aligeirada de blocos cerâmicos tem um coeficiente de 2,58 ($W/(m^2 \cdot ^\circ C)$), ou seja está no nível inferior do intervalo N - 5.

Tabela 59 - Coeficientes de transmissão térmica de coberturas sem corte térmico, U, em ($W/(m^2 \cdot ^\circ C)$)
(Extraído do Quadro II.17 -A do Anexo II da publicação do LNEC :ITE 50)

Esteira horizontal ou inclinada							
Laje maciça	Laje aligeirada						Leve
	blocos cerâmicos		blocos de betão normal		blocos de betão leve		
Espessura da laje [m]							
0,10	0,13	0,33	0,13	0,33	0,13	0,33	3,8
0,20	0,15	0,35	0,15	0,35	0,15	0,35	
3,4	2,8	1,7	3,0	2,1	2,7	1,9	

FICHA DE ELEMENTO								ELEMENTO TIPO:		
<i>(Ficha demonstrativa de cálculo)</i>										
ENVOLVENTE:	ENVOLVENTE INTERIOR							CBI1		
ELEMENTO:	COBERTURA SOB DESVÃO NÃO ÚTL									
DESCRIÇÃO:	Laje de esteira horizontal constituída laje aligeirada de vigotas pré-esforçadas e abobadilhas cerâmicas (16 cm) e estuque tradicional sem inertes (1,5 cm).									
REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO ELEMENTO:										
DESENHO N.º 21										
RESISTÊNCIA TÉRMICA DAS CAMADAS ⁽¹⁾ :										
Camada	Descrição da camada	Massa vol. aparente seca [kg/m ²]	Espessura d, [m]	Conduct. térmica λ, [W/(m.°C)]	Resistência Térmica R, [m ² .°C/W]		Fluxo asc., Fluxo desc.			
					asc.	desc.	R, [m ² .°C/W]	R, [m ² .°C/W]		
1	LAJE ALIG. COM ABOB. CERÂMICAS DE 1 FURO E BASE SUPERIOR A 30 CM		0,160		0,150	0,160	0,150	0,160		
2	ESTUQUE TRADICIONAL SEM INERTES	900 - 1000	0,015	0,400			0,038	0,038		
							0,000	0,000		
							0,000	0,000		
							0,000	0,000		
							0,000	0,000		
							0,000	0,000		
							0,000	0,000		
							0,000	0,000		
							0,000	0,000		
Espessura total, em metros:			0,175				Σ Rj =	0,188	0,198	
RESISTÊNCIA TÉRMICAS SUPERFICIAIS ⁽²⁾ :										
Resistência térmica superficial interior, Rsi, em [m ² .°C/W]						Fluxo asc.		Fluxo desc.		
						Rsi =		0,10		0,17
Resistência térmica superficial exterior, Rse, em [m ² .°C/W]						Rse =		0,10		0,17
COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA SUPERFICIAL ⁽³⁾ :										
Coeficiente de transmissão térmica superficial, U, em [W/(m ² .°C)]:						Fluxo asc.		Fluxo desc.		
						U =		2,581		1,860
Notas:										
(1) – As resistências térmicas de camadas homogêneas foram calculadas pela expressão (R=d/λ), recorrendo a valores de cálculo do coeficiente de condutibilidade térmica (λ), obtidos da publicação do LNEC ITE50, conforme previsto no Despacho 15793-K-2013 de 3 de dezembro. Nos termos do mesmo Despacho, para camadas heterogêneas os valores da resistência térmica (R) foram obtidas directamente na publicação do LNEC: ITE50. A resistência térmica dos espaços de ar foi contabilizada de acordo com o procedimento definido no Despacho 15793-K-2013 de 3 de dezembro.										
(2) – Os valores das resistências térmicas superficiais (Rsi e Rse) foram obtidos a partir do Despacho 15793-K-2013 de 3 de dezembro.										
(3) – O coeficiente de transmissão térmica superficial foi calculado a partir da expressão: U = 1 / (Rsi + ΣRj + Rse), de acordo com o Despacho 15793-K-2013 de 3 de dezembro.										
(4) – O coeficiente de redução de perdas (btr) foi quantificado de acordo com o Despacho 15793-K-2013 de 3 de dezembro.										

Figura 28- Ficha do coeficiente térmico superficial segundo as características da cobertura, U, em ($W/(m^2 \cdot ^\circ C)$)

Outro elemento que podemos averiguar o nível de qualidade térmica é o pavimento em contacto com o exterior, sobre galeria exterior. E averiguou-se que está no nível N-5.

FICHA DE ELEMENTO (Ficha demonstrativa de cálculo)								ELEMENTO TIPO:		
ENVOLVENTE:	ENVOLVENTE INTERIOR							PVI1		
ELEMENTO:	PAVIMENTO SOBRE ESPAÇO NÃO ÚTIL									
DESCRIÇÃO:	Pavimento constituído (de cima para baixo) por acabamento de piso em ladrilhos (1,5 cm), argamassa de baixa retração (4 cm), betão de agregados leves (6 cm), laje alig. de vigotas pré-esforçadas e abob. cerâmicas (17 cm).									
REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO ELEMENTO:										
DESENHO										
RESISTÊNCIA TÉRMICA DAS CAMADAS ¹⁾ :										
Camada	Descrição da camada	Massa vol. aparente seca [kg/m ³]	Espessura d, [m]	Condut. térmica λ, [W/(m.°C)]	Resistência Térmica R _i [m ² .°C/W]		Fluxo asc. Fluxo			
					asc.	desc.	Resistência Térmica R _i [m ² .°C/W]	Resistência Térmica R _i [m ² .°C/W]		
1	ACABAMENTO DE PISO EM CERÂMICA ASSENTE COM CIMENTO	2300	0,015	1,300			0,012	0,012		
2	ARGAMASSA DE REGULARIZAÇÃO DE BAIXA RETRAÇÃO	2000 - 2200	0,040	1,800			0,022	0,022		
3	BETÃO DE AGREGADOS LEVES DE ARGILA EXPANDIDA	1200 - 1400	0,060	0,700			0,086	0,086		
4	LAJE ALIGEIRADA COM ABOBADILHAS DE 1FURO E BASE SUPERIOR A 90CM		0,170		0,150	0,160	0,150	0,160		
5	ESTUQUE TRADICIONAL	900-1000	0,015	0,400			0,038	0,038		
							0,000	0,000		
							0,000	0,000		
							0,000	0,000		
							0,000	0,000		
							0,000	0,000		
							0,000	0,000		
Espessura total, em metros:			0,300				∑ R _{ij} =	0,307	0,317	
RESISTÊNCIA TÉRMICAS SUPERFICIAIS ¹⁾ :										
Resistência térmica superficial interior, R_{si} , em [m ² .°C/W]							Fluxo asc. Fluxo			
							R _{si} =		0,10	0,17
Resistência térmica superficial exterior, R_{se} , em [m ² .°C/W]							R _{se} =		0,10	0,17
COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA SUPERFICIAL ¹⁾ :										
Coeficiente de transmissão térmica superficial, U , em [W/(m ² .°C)]:							Fluxo asc. Fluxo			
							U =		1,972	1,522

Figura 29- Ficha do coeficiente térmico superficial segundo as características do pavimento sobre espaço não útil, U, em (W/(m² . °C))

4.4.4 Nível de qualidade de uma ponte térmica plana

Através do preenchimento da ficha de uma das pontes térmicas planas inserida na parede exterior, é possível saber o valor do coeficiente de transmissão térmica superficial, U, em (W/(m² . °C)).

O valor obtido é de 2,45 (W/(m² . °C)) como se pode ver na figura seguinte.

U _{ptp} <= U _{max}	✓
U _{ptp} <= 2xU zona corrente	✓
U _{ptp} <= 0,9 dispensa verificação	✗

Como o edifício de habitação social está na zona de inverno I2 a ponte térmica plana é classificada no nível N - 1.

FICHA DE ELEMENTO <i>(Ficha demonstrativa do cálculo)</i>						ELEMENTO TIPO:
ENVOLVENTE: EXTERIOR						PPE1
ELEMENTO: PONTE TÉRMICA PLANA INSERIDA NA PAREDE EXTERIOR (PRE1)						
DESCRIÇÃO: Parede constituída (do interior para o exterior) por estuque tradicional (1,5 cm), tijolo furado (3 cm), pilar ou viga em betão armado (25 cm) e reboco de argamassa de cimento (2 cm).						
REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO ELEMENTO:						
RESISTÊNCIA TÉRMICA DAS CAMADAS ⁽¹⁾ :						
Camada	Descrição da camada	Massa vol. aparente seca [kg/m ³]	Espessura d, [m]	Condut. térmica λ, [W/(m·°C)]	Resistência Térmica R, [m ² ·°C/W]	Fluxo Resistência Térmica R, [m ² ·°C/W]
1	ESTUQUE TRADICIONAL	900 - 1000	0,015	0,400		0,038
2	TIJOLO FURADO 30X20X3 AO ALTO		0,030		0,070	0,070
3	PILAR OU VIGA EM BETÃO ARMADO (ARMADURA INFERIOR A 1%, EM VOLUME)	2300 - 2400	0,240	2,000		0,120
4	REBOCO TRADICIONAL DE ARGAMASSA DE CIMENTO	1800 - 2000	0,015	1,300		0,012
						0,000
						0,000
						0,000
						0,000
						0,000
						0,000
						0,000
						0,000
						0,000
						0,000
<i>Espessura total, em metros:</i>			0,300	$\Sigma R_{ij} =$		0,239
RESISTÊNCIA TÉRMICAS SUPERFICIAIS ⁽²⁾ :						
Resistência térmica superficial interior, R _{si} , em [m ² ·°C/W]					R _{si} = 0,13	
Resistência térmica superficial exterior, R _{se} , em [m ² ·°C/W]					R _{se} = 0,04	
COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA SUPERFICIAL ⁽³⁾ :						
Coeficiente de transmissão térmica superficial, U, em [W/(m ² ·°C)]:					Fluxo 2,445	
<p>Notas:</p> <p>(1) - As resistências térmicas de camadas homogéneas foram calculadas pela expressão (R=d/λ), recorrendo a valores de cálculo do coeficiente de condutibilidade térmica (λ), obtidos da publicação do LNEC ITE50, conforme previsto no Despacho 15793-K-2013 de 3 de dezembro. Nos termos do mesmo Despacho, para camadas heterogéneas os valores da resistência térmica (R) foram obtidas directamente na publicação do LNEC: ITE50. A resistência térmica dos espaços de ar foi contabilizada de acordo com o procedimento definido no Despacho 15793-K-2013 de 3 de dezembro.</p> <p>(2) - Os valores das resistências térmicas superficiais (R_{si} e R_{se}) foram obtidos a partir do Despacho 15793-K-2013 de 3 de dezembro.</p> <p>(3) - O coeficiente de transmissão térmica superficial foi calculado a partir da expressão: $U = 1 / (R_{si} + \Sigma R_{ij} + R_{se})$, de acordo com o Despacho 15793-K-2013 de 3 de dezembro.</p>						

Figura30 - Ficha do coeficiente térmico superficial segundo as características da ponte térmica da parede, U, em (W/(m² · °C)).

4.4.5 Nível de qualidade do fator solar dos vãos envidraçados

Se assumirmos que os elementos de proteção solar estão ativos o valor do fator solar classifica-se no nível N 4 como podemos ver na tabela seguinte.

Tabela 60 - Fator solar de alguns tipos de vidros, U, em (W/(m² . °C))
(Tabela 13 Despacho 15793-k-2013 de dezembro)

Tipo de proteção		g_{Tvc}						
		Vidro simples			Vidro duplo			
		Cor da proteção			Cor da proteção			
		Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	
Proteções exteriores	Portada de madeira (considera-se opaca)		0,04	0,07	0,09	0,03	0,05	0,06
	Persiana (ou estore corrente)	Réguas de madeira (opaca)	0,05	0,08	0,10	0,04	0,05	0,07
		Réguas metálicas ou plásticas (opaca)	0,07	0,10	0,13	0,04	0,07	0,09
	Estore veneziano (ou portada de lâminas fixas)	Lâminas de madeira (não opaca)	---	0,11	---	---	0,08	---
		Lâminas metálicas (não opaca)	---	0,14	---	---	0,09	---
	Estore	Lona opaca (não opaca)	0,07	0,09	0,12	0,04	0,06	0,08
		Lona pouco transparente (não opaca)	0,14	0,17	0,19	0,10	0,12	0,14
		Lona muito transparente (não opaca)	0,21	0,23	0,25	0,16	0,18	0,20
	Proteções interiores	Estores de lâminas (não opaca)		0,45	0,56	0,65	0,47	0,59
Cortinas		Opacas (opaca)	0,33	0,44	0,54	0,37	0,46	0,55
		Ligeiramente transparentes (não opaca)	0,36	0,46	0,56	0,38	0,47	0,56
		Transparentes (não opaca)	0,38	0,48	0,58	0,39	0,48	0,58
		Muito transparentes (não opaca)	0,70	---	---	0,63	---	---
Portadas opacas (opaca)		0,30	0,40	0,50	0,35	0,46	0,58	
Persianas (não opaca)		0,35	0,45	0,57	0,40	0,55	0,65	
Proteção entre dois vidros (estore veneziano, lâminas delgadas) (não opaca)		---	---	---	0,28	0,34	0,40	
<p>Notas:</p> <p>→ Proteções ligeiramente transparentes: transmitância solar entre 0,05 e 0,15; → Proteções transparentes: transmitância solar entre 0,15 e 0,25; → Proteções muito transparentes: transmitância solar superior a 0,25.</p> <p>Note-se ainda que a cor da proteção é definida, a título ilustrativo, na Tabela 8 do Despacho 15793-K-2013 de 3 de dezembro.</p> <p>Nota adicional 1: Esta tabela pressupõe a utilização de uma única proteção solar (interior ou exterior) e vidro incolor corrente (simples ou duplo), caracterizado pelos seguintes fatores solares: $g_{l,vi} = 0,85$ para vidro simples e $g_{l,vi} = 0,75$ para vidro duplo. Se existir mais do que uma proteção solar ou vidros com diferentes daqueles considerados incolores correntes (ou seja, vidros especiais), deverá ser efetuada a correção do fator solar do vão com proteção ativa a 100%.</p> <p>Nota adicional 2: A definição de <i>opaca</i> ou <i>não opaca</i> resultou da consulta do documento da ADENE (Perguntas & Respostas sobre o RCCTE, versão 1.3a de Abril de 2008, página 37).</p>								

4.4.6 Tabela síntese dos níveis de qualidade

Tabela 61 - Níveis de qualidades dos elementos da fachada existente

	Níveis de qualidade térmica (Despacho 29 de Novembro 2013)
Parede	N 1
Envidraçados	N-2
Elementos horizontais (Esteira)	N-5
Elementos horizontais (pavimento, galeria exterior)	N-5
Ponte térmica	N-1
Fator solar dos vãos envidraçados com proteção ativa	N 4

Tabela 62- Classificação inicial dos níveis de qualidade térmica dos elementos da envolvente

	N-5	N-4	N-3	N-2	N-1	N0	N1	N2	N3	N4	N5
Parede											
Envidraçados											
Elementos horizontais (Esteira)											
Elementos horizontais (pavimento, galeria exterior)											
Ponte térmica											
Fator solar dos vãos envidraçados com proteção ativa											

Estas fichas voltarão a ser apresentadas na caracterização da proposta de reabilitação, de maneira apresentar as melhorias de qualidade térmica.

Pode-se concluir que em seis elementos que foram alvo de estudo para cálculo de nível de qualidade, quatro apresentam o nível de qualidade negativo, sendo estes: envidraçados, elementos horizontais e a ponte térmica. Apesar dos restantes elementos da envolvente apresentarem valores positivos, o conjunto tem classificação bastante negativa no que se refere à qualidade térmica.

Para reforçar ainda a verificação das anomalias do nosso edifício de habitação podemos analisar os termogramas e verificamos grandes transferências de calor a nível dos pilares e vigas.

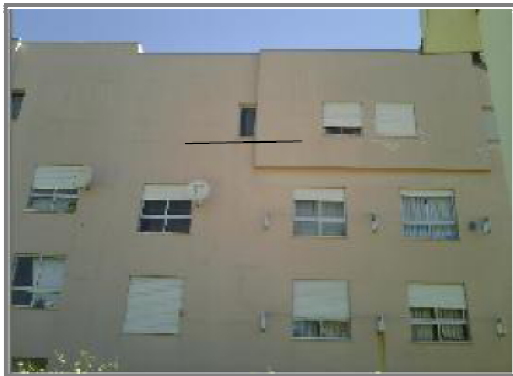


Figura 31 - Foto original

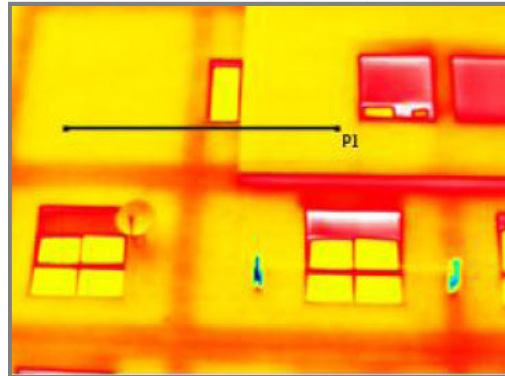


Figura 32 - Zona de ensaio de termografia alçado posterior

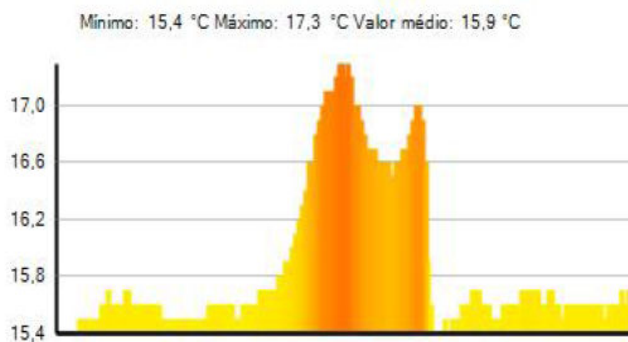


Figura 33 - Gráfico referente à linha p1

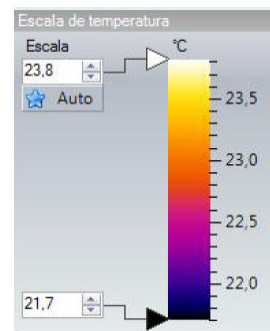


Figura 34 - Escala de temperatura

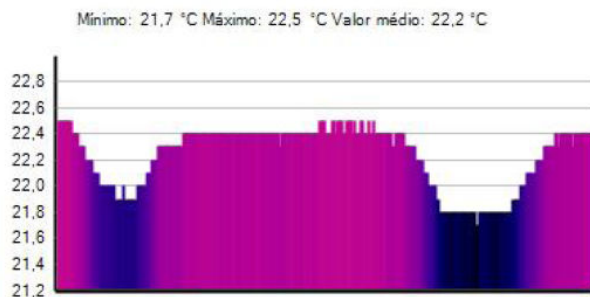
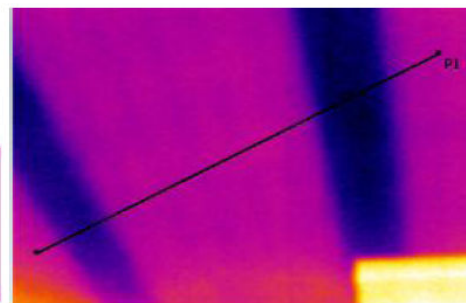


Figura35 - Gráfico de temperatura da zona de ensaio (quarto)



Capítulo 5

CARACTERIZAÇÃO DA SOLUÇÃO PROPOSTA

ÍNDICE

5.1	Definição da fachada ventilada	83
5.2	Elementos que compõem a fachada ventilada	83
5.3	Vantagem da fachada ventilada	84
5.4	Descrição dos materiais disponíveis.....	86
5.5	Estimativa de custos	94
5.6	Proposta para a reabilitação de edifício de habitação social	95

5 Caracterização da solução proposta

A fachada ventilada foi a técnica escolhida para a proposta de reabilitação.

Por essa razão far-se-á neste capítulo uma compilação de informação sobre a fachada ventilada e de alguns dos seus componentes de forma a escolher a melhor solução para o edifício de habitação social.

5.1 Definição da fachada ventilada

Quando se ouve falar em fachada ventilada, pensamos logo numa nova técnica de revestimento e de proteção de fachadas, mas o que é verdade é que esta técnica de construção começou a ser utilizada depois da 1ª guerra mundial, de forma a esconder os estragos causados nos edifícios dessa época. [26]

A fachada ventilada é uma solução de revestimento de fachada que resolve simultaneamente problemas de isolamento térmico dos edifícios, para além desta característica também proporciona fachadas funcionais e com potencial valor estético. Pode-se definir como um sistema de proteção e revestimento exterior e caracteriza-se pela separação entre a parede do edifício e o revestimento, criando uma câmara-de-ar. O objetivo dessa câmara é ventilar, permitindo uma ventilação natural no sentido inferior superior. Com a circulação do ar na parede, impedem-se as condensações e humidades das fachadas ditas tradicionais, pois o ar entra frio na zona inferior e sai quente na zona superior. Consegue-se assim um maior conforto térmico no interior do edifício. Caso a fachada não tenha essas aberturas não existe fluxo de ar natural e deste modo deixa de haver ventilação portanto a fachada deixa de ser ventilada. Nas figuras 37 e 38 podemos identificar melhor as vantagens da fachada de forma esquemática.

5.2 Elementos que compõem a fachada ventilada

Descrevem-se de seguida os principais elementos que constituem uma fachada ventilada:

- Câmara-de-ar ventilada;
- Para o bom funcionamento do sistema é essencial uma boa ventilação natural;
- Revestimento exterior;
- A principal função deste componente é a estética e a proteção da parede do edifício;
- Estrutura de fixação;
- Este elemento pode ser de metal ou de madeira, e a sua função é dar segurança ao sistema, e com a estrutura consegue-se o afastamento para criar a câmara-de-ar;
- Isolamento;
- Garante a estabilidade térmica do edifício. [23]

Pode-se ver na Figura 36 um pormenor de todo o conjunto dos elementos da fachada ventilada.



Figura 36- Composição da fachada ventilada

5.3 Vantagem da fachada ventilada

As vantagens deste sistema são várias. Além de reduzir as pontes térmicas tão comuns no edificado tradicional, com aplicação deste sistema são reduzidas praticamente para zero. Protege o edifício perante o sobreaquecimento graças à ventilação referida anteriormente. O fato do isolamento ser exterior vulgarmente designado por ETICS, é mais eficiente do que isolar pelo interior permitindo aproveitar a inércia das paredes interiores e evitando de forma mais eficaz as perdas térmicas.

Este sistema consegue proteger todos os elementos construtivos das intempéries a que os edifícios estão sujeitos. Se o material utilizado for adequado, há uma redução do envelhecimento e deterioração, quando em contacto com os agentes atmosféricos.

Ao contrário do processo tradicional de construção, o sistema de fachada ventilada apresenta muito menos manutenção. As duas características predominantes nas vantagens apresentadas são a nível estético e térmico, pois permite ao edifício ter um excelente comportamento térmico e maior durabilidade. Verifica-se também que as fachadas que tenham esse sistema vêm a ter menos problemas de humidades, infiltrações e também obtêm uma redução significativa do consumo de energia, melhorando o conforto térmico no interior. [23]

Para Muller (2003) o sistema de fachada ventilada possibilita a reabilitação de fachadas, dispensa de juntas de dilatação, permite o emprego de instalações elétricas e sanitárias no espaço da câmara-de-ar. [24]

Nas imagens seguintes pode-se ver de forma esquemática as suas vantagens e a sua respetiva caracterização. (Tabela 63)

1 A fachada ventilada protege o edifício de forma que o sol não incida diretamente sobre o mesmo.

2|4 A fachada ventilada no inverno, dado que a radiação solar é escassa e não é suficiente para conseguir o movimento do ar o chamado "efeito chaminé", atua como acumulador de calor, que é ajudado pelo isolamento térmico, impedindo também que o calor no interior se escape.

3 Os inúmeros revestimentos que existem permitem que a fachada seja estanque, permitindo no máximo a entrada de 5 % da água da chuva.

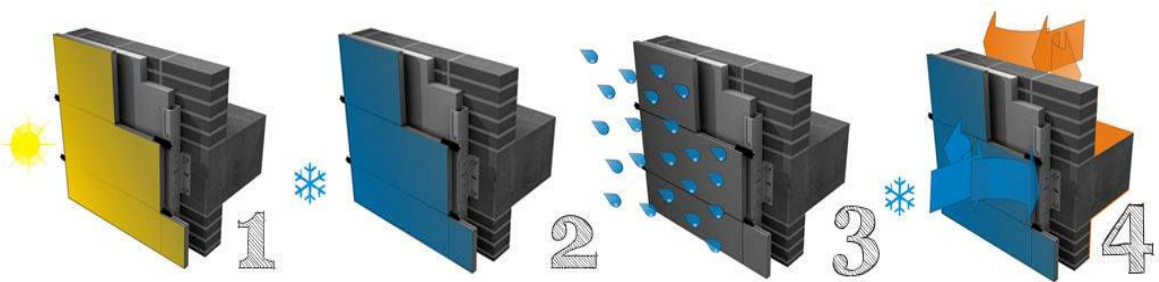


Figura 37- Vantagens das fachadas ventiladas [34]

5- A facilidade de montagem em obra, quando instalados com perfis adequados, devidamente estudados para resistirem às cargas do material de revestimento que irá ser colocado.

6- Ao contrário das fachadas em argamassa essa técnica pode oferecer infinitos aspetos estéticos, e também pela sua colocação em camadas evita o aparecimento de humidades e fissuras muito comum nas fachadas em argamassa.

7- O denominado o "efeito chaminé" evita a acumulação de calor contribuindo para uma poupança de energia no verão, pois o ar alojado na câmara tem uma densidade menor, e por efeito de convecção o ar sobe e é ocupado por ar fresco.

8- Outra vantagem é que o sol não incide diretamente na fachada estrutural do edifício, mas incide diretamente sobre o revestimento. [34]

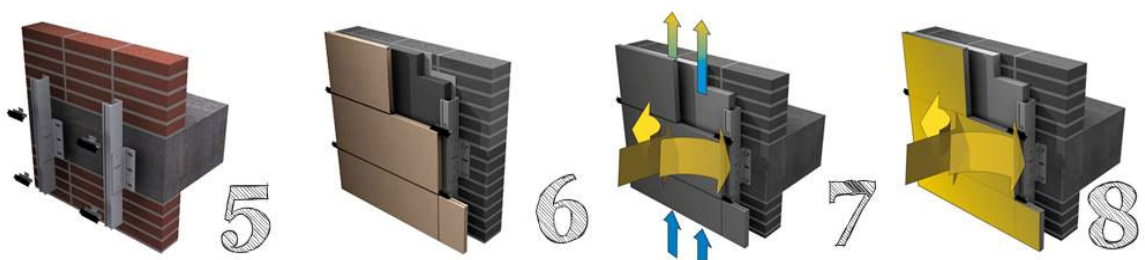


Figura 38- Vantagens das fachadas ventiladas [34]

5.4 Descrição dos materiais disponíveis

São variados os materiais que o mercado oferece para o painel de revestimento da fachada ventilada: pedra natural, betão polímero, alumínio, cerâmicos, madeira, vidro, fenólicos entre outros que não serão referidos.

Assim, para a escolha para a reabilitação da habitação social, foi necessário fazer um estudo sucinto de cada um deles, pois cada material apresenta as suas vantagens, diferentes tipos de aplicações e acabamentos. Depois dessa análise ser feita será escolhido o material a ser utilizado para a nova fachada. Após analisar cada material será feito uma análise tabelada do preço estimativo de cada um deles.

5.4.1 Painéis de pedra natural

A pedra natural na fachada ventilada surge em alternativa à colagem. As pedras mais utilizadas no mercado português de fachada ventilada são: granito, basalto, mármore, calcário, mármore e ardósia.

Este tipo de material precisa de acabamentos especiais. Os procedimentos mais usados são o polido, o areado, o amaciado, o flamejado e por fim o bujardado. Na imagem abaixo pode-se ver um esquema com os principais tipos de acabamentos empregados em granitos, calcários e mármore. [24]. Por ser um material robusto, tem que ser tratado de forma especial, pois está sujeito a variações térmicas ou até mesmo por causa do seu peso. A sua estrutura tem que ser calculada pelo fabricante de modo a que a solução final fique sólida.

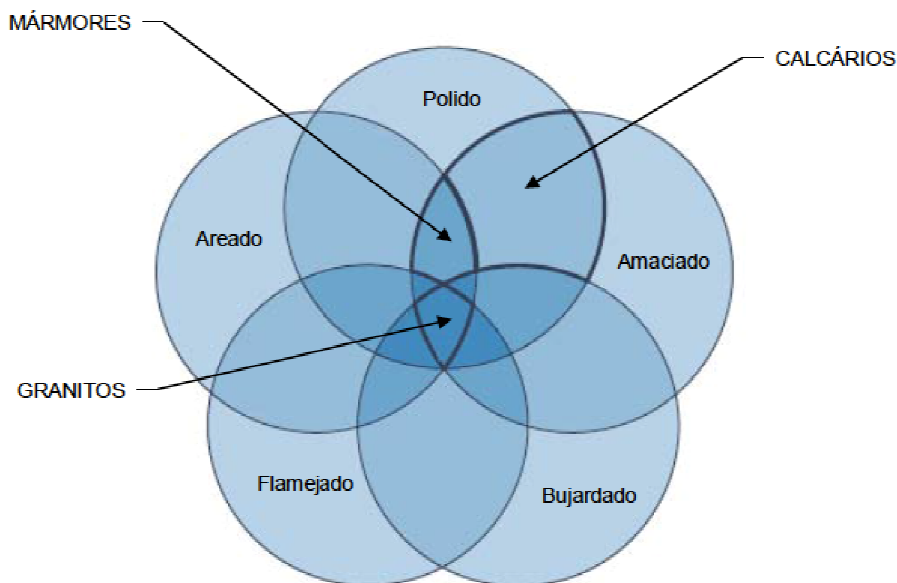


Figura 39 - Acabamentos em granito, calcário e mármore [25]

5.4.2 Painéis de betão polímero

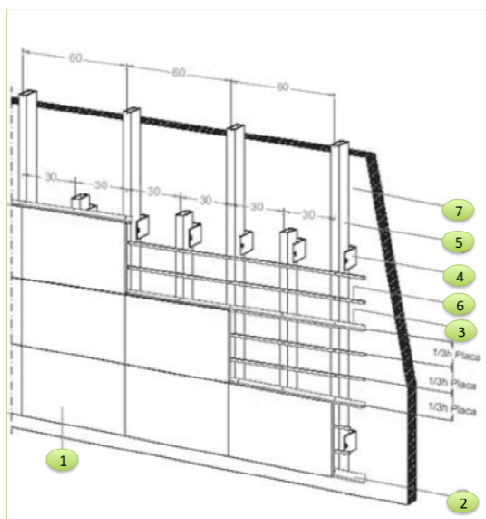


Figura 31- Detalhes de junta e remates | Edifício com sistema de fachada ventilada com betão polímero [14]

Estes painéis são uma aglomeração de vários materiais (sílica, quartzo e resina), que resulta numa massa muito resistente. Estima-se que essa resistência seja quatro vezes superior à do betão convencional. Ao contrário de outros materiais de origem rochosa estes painéis pré-fabricados são dotados de uma leveza, facilitando o seu uso em obra. Outra vantagem deste material é a sua baixa percentagem de absorção de água, garantindo a estanquidade total da fachada.

A manutenção destes painéis resume-se a uma simples lavagem periódica com água e sabão, resultante da inexistência de porosidade.

Na imagem seguinte podemos ver os elementos que constituem os painéis deste tipo. [24]



- 1- Placa de betão
- 2- Perfil de guia contínuo
- 3- Perfil de fixação
- 4- Perfil de montagem vertical
- 5-Reforço estrutural (madeira ou metálico)
- 6- Suporte
- 7- Placa

Figura 40 - Composição da fachada em painéis de betão polímero [25]

5.4.3 Painéis de alumínio

Perfilado

É constituído pelo um perfil contínuo em alumínio extrudido, esses mesmos perfis são usados como subestrutura. Os elementos de remate, são arredondados e pré lacados, juntando-se ao perfil inicial através de esquadrias e acessórios. Podem ser fixados com encaixes que possibilitam a sua regulação e adaptação. A fixação mecânica é feita de forma a que não sejam visíveis na fachada. O efeito final a nível estético é excelente, devido às suas linhas polidas e acabamentos com elevada qualidade. Pode-se usar esse tipo de material em: edifícios construídos de raiz, reabilitações, edifícios residenciais, de escritórios, comerciais de indústria. [23]

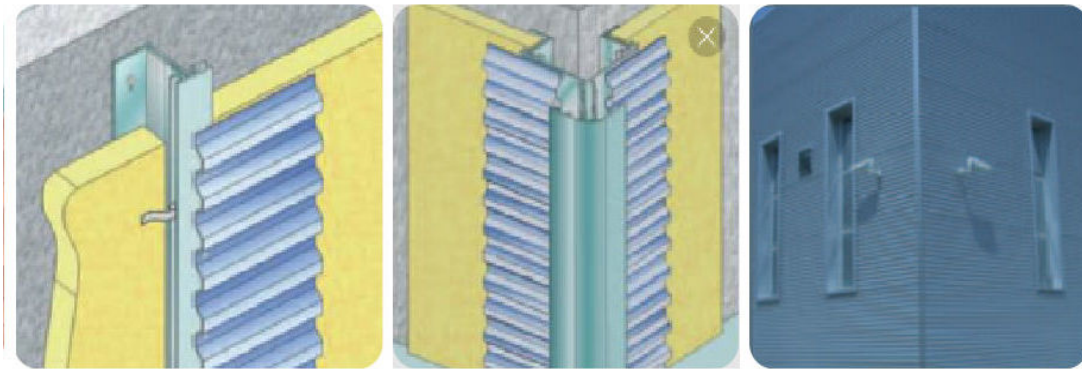


Figura 41 - Detalhes de junta e remates | Edifício com sistema de fachada ventilada com alumínio perfilado [14]

Este material de revestimento de fachadas tem características particulares:

- Potencia ao máximo os parâmetros de isolamento e conforto de habitabilidade;
- Rapidez e facilidade de montagem, bem como fácil manutenção;
- Materiais e componentes de alta qualidade;
- Soluções de vanguarda, que se adequam plenamente aos regulamentos vigentes;
- Resistência aos agentes atmosféricos (água, gelo, sol, mudanças de temperatura);
- Solução duradoura;
- Resistência à corrosão e aos agentes químicos;
- Escasso impacto ambiental;
- Resistências à corrosão e outros agentes químicos;
- Melhor conforto graças à barreira acústica. [23]

Tricamada

O alumínio tricamada tem qualidades como a leveza dos painéis, que facilitam a montagem. No caso da reabilitação de edifício existente tem a vantagem de não acrescentar cargas significativas na estrutura existente.

Possibilidades deste sistema de revestimento:

- Superfície plana;
- Variedade de acabamentos e cores;
- Manutenção de custos reduzidos ao longo da vida do edifício;
- Solução estética;
- Durabilidade dada pela garantia do fabricante.

O painel tricamada é constituído por duas camadas externas de alumínio (cada uma com espessura de 0,5 mm), e um núcleo interior de polietileno com 2 a 5 mm, estas camadas são unidas através do calor e pressão, que garante uniformidade e qualidade.

Um exemplo de renovação é através de painéis tricamada é a marca Alucobond, que aposta na criatividade, adotando soluções de funcionalidade, durabilidade e uma estética arquitetónica inovadora.

Vantagens do produto:

- Permite dar volume e aspeto visual totalmente diferente do anterior;
- Pode ser instalado sobre antiga fachada, evitando a remoção dos revestimentos existentes;
- Melhor relação custo - benefício;
- Pode ser instalado sem interrupção das atividades normais do edifício;
- Instalação rápida;
- Peso reduzido - 5,5 kg / m² na espessura de 4mm;
- Protege o corpo do edifício contra as intempéries;
- Amortecimento acústico;
- Permite reduzir a carga térmica do edifício com menor gasto de energia para condicionamento do ar;
- Em fachadas ventiladas garante o conforto térmico e menos gastos com ar condicionado;
- Fácil limpeza, permite a remoção de grafitis. [23]



Figura 42- Corte de um painel tricamada de alumínio | Edifício da Peugeot com sistema de fachada ventilada com alumínio perfilado | Detalhes corte vertical e corte horizontal [14]

5.4.4 Painéis cerâmicos

Este tipo de revestimento tem a vantagem de ser um material eficaz no que concerne o comportamento higrotérmico da fachada. Os painéis cerâmicos são compostos por uma perfilaria de suporte, fixa ao pano de parede com isolamento térmico adequado. Seguidamente os painéis são agregados aos perfis por encaixes (clips). O sistema de fixação poderá ser visível ou invisível.

As vantagens que se destacam em construções novas e reabilitações deste painel são:

- Aplicável sobre qualquer suporte existente;
- Execução rápida;
- Garantia de segurança na utilização;
- Ausência de condensações;
- Ventilação eficaz de todos os elementos;
- Economia de energia;
- Desmontagem fácil de pequenas áreas. [26]

Na imagem seguinte pode-se ver os vários tipos de fixação deste tipo de painéis.

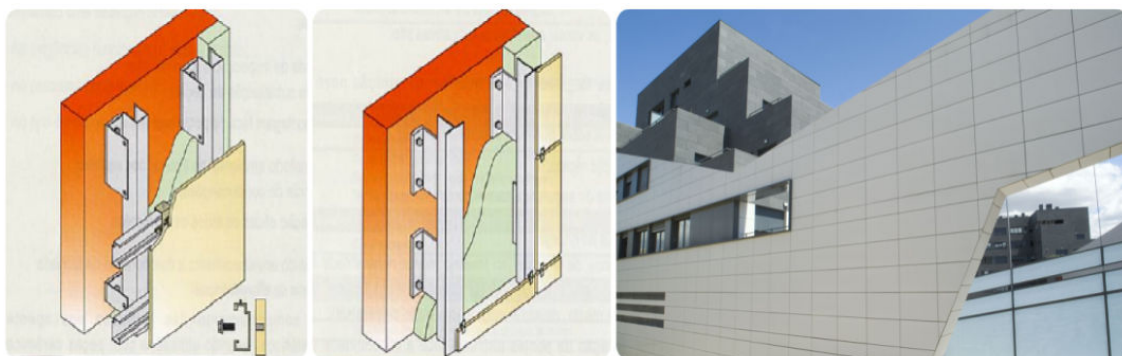


Figura 43- Detalhes do sistema de fixação, invisível e visível | Edifício com sistema de fachada ventilada em cerâmica [14]

5.4.5 Painéis em madeira

No que diz respeito à madeira maciça é um material natural com algumas fragilidades. Para que esta possa resistir às intempéries, em caso de utilização no exterior, deve ter um tratamento especial para que as suas características não se modifiquem.

Este processo consiste na secagem da madeira, sujeitando-a a elevadas temperaturas. A madeira fica totalmente seca, tornando-a mais resistente sem precisar de grande manutenção. Pode-se fazer uma comparação, com a madeira sem tratamento;

- A resistência térmica melhora em 0-30%;
- O índice de equilíbrio da humidade diminui entre 10-15%;
- A absorção de água reduz-se;
- A madeira torna-se mais leve e escurece;
- A resistência à deterioração aumenta;
- A estabilidade dimensional aumenta;

Os tipos de madeira existentes no mercado para fachada ventilada são variados. O desenvolvimento de novas práticas de fabrico e o surgimento de novos produtos permite soluções arquitetónicas inovadoras, versáteis e flexíveis, adequando-se a diferentes tipos de projeto.

Existem também os derivados de madeira: contraplacados, painéis aglomerados, OSB, MDF, placas de elevada densidade e por fim painéis de partículas de madeira aglutinadas com cimento. [24]

Uma das técnicas utilizadas em madeira para fachada ventilada é constituída por lâminas de madeira tratada, de fácil manuseamento. Possui fácil aplicação, já que é fornecida em lâminas que encaixam umas nas outras, o que faz com que os custos de mão-de-obra sejam reduzidos.

As suas vantagens são:

- Facilidade de manuseamento, reduzindo custos de mão-de-obra;
- Impede o contacto com poeiras e humidade;
- Contribui para o controlo da temperatura do ambiente;
- Bom isolamento acústico;

Diferentes formas de colocação das lâminas de madeira:

A forma mais apropriada para o emprego deve ser selecionada de acordo com o espaço onde vão ser utilizados.

1-Horizontal: Ideal para os edifícios com muita altura. Torna o mais comprido e baixo.

2-Vertical: É especialmente para edifícios compridos e baixos.

Torna-os mais altos e estreitos.

3-Diagonal: Ideal para espaços onde não existam janelas ou portas.

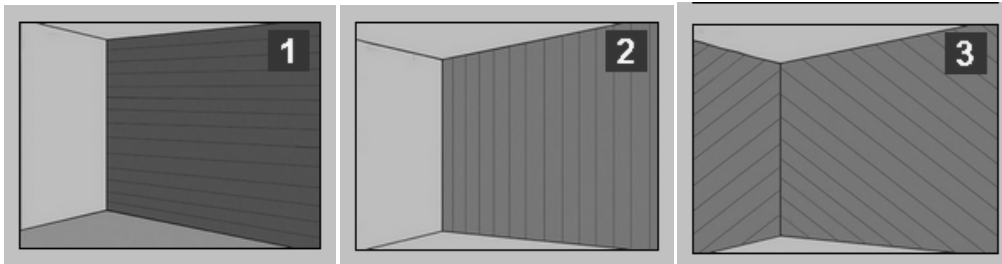


Figura 44- Diferentes colocações das lâminas de madeira [27]

Constituição da estrutura de suporte:

- Criar uma estrutura de madeira, em função do tipo de colocação que se pretende.
- De seguida fixar à parede com pregos de aço, buchas ou parafusos.
- O espaço a deixar entre as ripas vai de 40 a 60 cm, de modo que haja circulação de ar.
- Se a parede for no exterior, tem que ser isolada de forma a evitar alterações térmicas do material.
- Se a parede não for plana tem que se recorrer a calços, ou até mesmo proceder à remoção da parede.

5.4.6 Painéis de vidro

Quando a fachada ventilada é totalmente em vidro é comparável a uma fachada cortina. O que difere um sistema de outro é o sistema construtivo. A estrutura da fachada ventilada é inteiramente oculta para o observador no exterior. Este material é ótimo para reabilitações de edifícios que não tenham de assegurar a conservação da fachada original. Os vidros podem ser do tipo; planos, ondulados, formam retangular e em lâmina [14] [24]

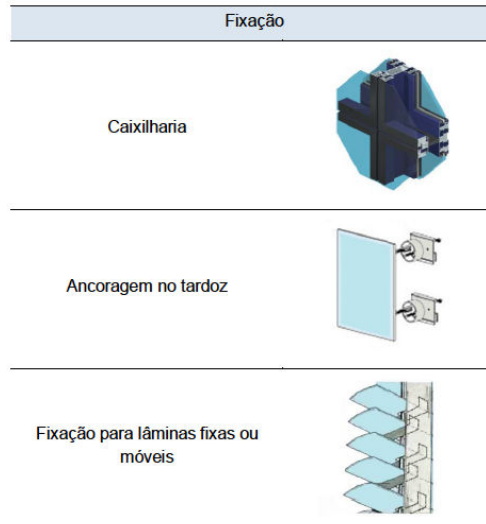


Figura 45- Fixação de revestimentos em vidro [24]

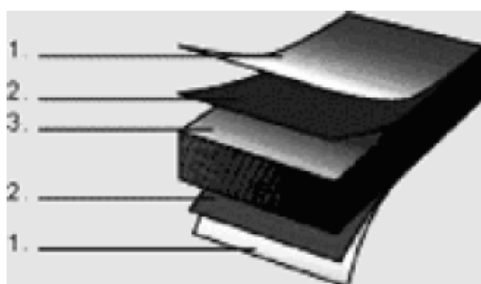
5.4.7 Painéis fenólicos

Os painéis fenólicos ou laminados de alta pressão (HPL), são aglomerados de compósitos naturais que são fixados com uma resina plástica de alta resistência, oferecendo-lhe propriedades mecânicas altas.

Para que este seja um material tão resistente é sujeito a um tratamento com temperaturas e pressões altas conferindo-lhe a dureza pretendida.

Existem várias vantagens na utilização dos painéis fenólicos: fácil manuseamento, boa reação a ações mecânicas e é amigo do ambiente.

Estes painéis são constituídos por três partes como podemos ver na imagem abaixo. [24] [28]



- 1. Núcleo
- 2. Folha decorativa
- 3. película protetora

Figura 46- Constituição painéis fenólicos

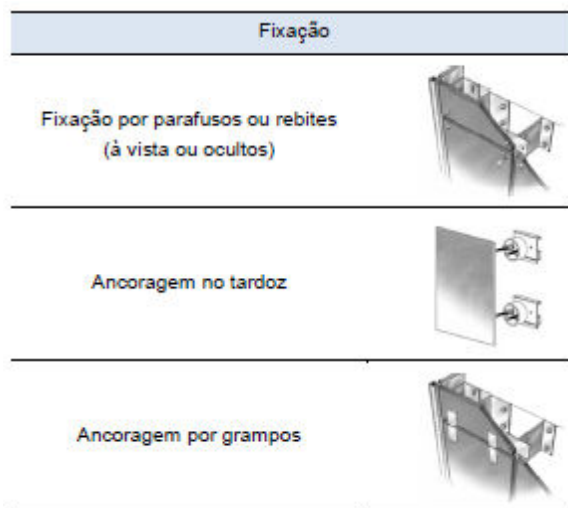


Figura 47- Fixações painéis fenólicos [24]

5.5 Estimativa de custos

Tabela 63- Preço por m² dos materiais referidos anteriormente

	Marca	Preço
Painéis em pedra natural	...	80 a 90 € / m ²
Painéis de betão polímero	ULMA	120€ / m ²
Painéis em alumínio	Rockpanel	180 € / m ²
Painéis cerâmicos	Keraben System	133€/ m ²
Painéis em madeira	Silverwood	45 € / m ²
Painéis em vidro	Anicolor	350€ / m ²
Painéis fenólicos	Arqui Wall	125€ / m ²

Nota: O preço é variável, relativamente à cor, complexidade da obra, desperdícios obtidos, sistema de fixação entre outros.

5.6 Proposta para a reabilitação de edifício de habitação social

5.6.1 Seleção do material de revestimento para o caso de estudo

Foi escolhido como material de revestimento para o edifício de habitação social a madeira, por ser um material natural que transmite uma atmosfera calorosa e de fácil manuseamento. Hoje em dia há imensas empresas nacionais e internacionais que comercializam a madeira em fachada ventilada, tendo cada uma delas várias técnicas de aplicação, de encaixe, de tipo de tonalidades entre outras características.

A solução escolhida para a nova “pele” do edifício é uma gama da Silverwood. O que a difere das outras é o seu tom metalizado. Na figura 48 podemos ver os quatro tons distintos com aspeto metalizado que esta pode oferecer.

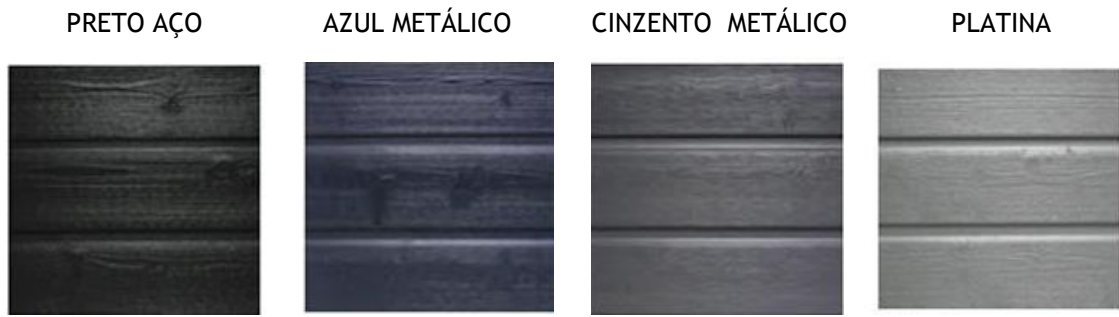


Figura 48 - Quatro exemplos de aplicação de Silverwood de cor metalizada



Figura 49- Aplicação de lâminas de madeira de cor metalizada Silverwood



Figura 50- Aplicação de lâminas de madeira de cor metalizada Silverwood

Os benefícios desse tipo de material são vários:

Benefício estético - Oferece um toque especial ao edifício novo ou num edifício a reabilitar como é o caso.

Benefício mecânico - Resistente ao choque e ao desgaste. Tem que se ter muita atenção na hora da escolha da matéria-prima, nas fixações e do acabamento final do material, todos esses fatores são determinantes, para um resultado final eficaz.

Benefício funcional - É comum nesse tipo de revestimento uma manta plástica, logo a seguir ao isolamento mas neste caso, não será utilizada pelas propriedades do isolamento da lã de ovelha que serão explicadas a seguir

Nas Figuras 49 e 50 podemos edifícios onde o revestimento Silverwood foi aplicado.

Tabela 64-Ficha técnica das lâminas Silverwood

Matéria prima	Origem	Aspetto	Características	Utilização
Pinho	Rússia e Escandinávia.	O aspeto natural é amarelado.	Fácil manuseamento Adapta-se com facilidade às temperaturas do ambiente.	Fachadas Lambril Soalho Estrutura Estores Etc.

Durabilidade com tratamento	Características mecânicas e físicas	
	Densidade média a 12 % humidade	Condutibilidade térmica
Pode durar até 50 anos se tiver tratamento para tal.	460 kg/m ³	0,10 a 0,13 W/(m ² . °C)

Como foi referido no revestimento de fachada ventilada, as lâminas de madeira podem ter três aplicações: verticais, horizontais e oblíquas. A opção mais correta para esta situação seria o posicionamento das lâminas na vertical de forma a dar a aparência de um edifício alto e menos comprido.

5.6.2 Seleção do Isolamento

O isolamento escolhido para melhorar as condições térmicas foi a lã de ovelha compactada em placas. Porquê a lã de ovelha? Há muitos anos que as ovelhas têm enfrentado temperaturas muito adversas, tanto de muito frio no inverno, como também de muito calor no verão. Provavelmente muita gente nunca refletiu sobre esse assunto. A lã é realmente uma teia de fibras e é um dos isolamentos térmicos de origem animal mais versátil que há na terra.

O homem tem vindo a utilizar lã de ovelha ao longo das décadas da sua existência em variadas coisas, cobertores, vestuário, material de isolamento para construção, etc. A sua natureza encrespada, faz com que as fibras ao serem todas embaladas em conjunto criem milhares de bolsas, que prendem o ar, servindo para manter o calor no inverno, não deixando passar o calor corporal das mesmas, e não deixe passar o calor durante o verão.

Fazendo aplicação numa construção irá trazer exatamente os mesmos benefícios. No inverno não deixará entrar o frio, nem o calor no verão. A aplicação da lã de ovelha ainda trás imensas vantagens. Esta tem um poder de respiração inigualável, pois tem a capacidade absorver e libertar a humidade, sem comprometer a eficiência térmica do edificado. Quando as fibras de lã absorvem a humidade do ar, a lã produz calor, esse calor atua de forma a evitar condensações no edificado. Essa característica faz com haja estabilização de trocas de calor que ocorrem com humidade relativa. O facto de a lã conter humidade faz com esta seja resistente ao fogo, é também um excelente isolante acústico reduzindo claramente os ruídos exteriores. A lã é um recurso natural, o que a torna sustentável e renovável, ao contrário de outros isolantes térmicos tem zero influências na destruição da camada do ozono, ou seja não é poluente e é biodegradável.

Síntese das vantagens da lã de ovelha:

- A lã é natural, renovável, sustentável;
- É um isolamento fácil de aplicar e manusear, tornando-o fácil de instalar;

- As fibras de lã são respiráveis, o que significa que podem absorver e libertar a humidade sem reduzir o desempenho térmico ao contrário de produtos à base de fibra de vidro;
- A lã de ovelha não suporta combustão, ou seja é resistente ao fogo;
- Não há risco que ao longo dos anos a lã perca as suas características de isolamento, devido à elevada elasticidade das fibras, garantindo o desempenho térmico ao longo dos anos;
- As fibras de lã são higroscópica por natureza, o que significa que podem absorver até 35% do seu próprio peso a partir da atmosfera envolvente. Dependendo da humidade, ajuda a preservar as vigas e pilares vizinhos, evitando recorrer às típicas mantas plásticas para vapor quando se recorre a fachadas revestidas com madeira;
- Enquanto absorve a humidade, a lã libera energia na forma de calor, elevando a temperatura da sua envolvente. Naturalmente lançando esta humidade nas estações mais quentes, a lã cria um efeito de resfriamento sobre os mesmos ambientes. [30]

Para concluir a lã de ovelha tem um coeficiente de transmissão térmica entre 0,035 e 0,045 em ($W/(m^2 \cdot ^\circ C)$), e tem uma massa volúmica de 10 (kg/m^3). [31]



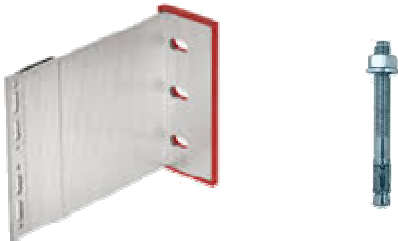




Figura 51 - Densidade da lã | Constituintes da fibra da lã | A lã como material biodegradável

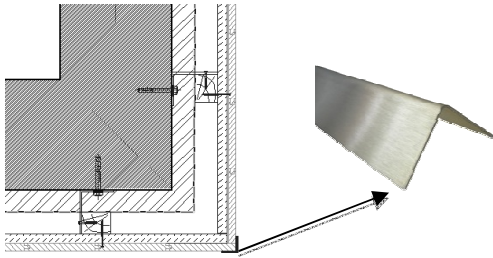
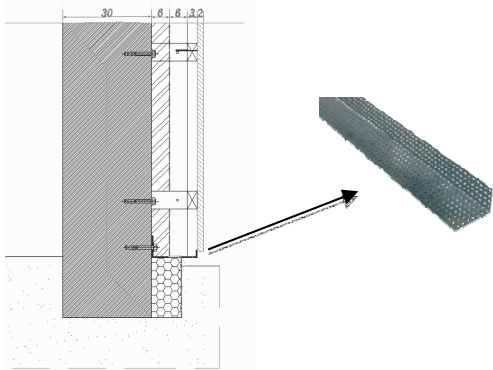
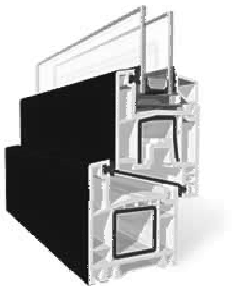

5.6.3 Proposta de novas janelas

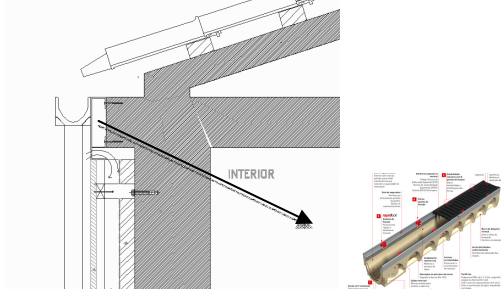
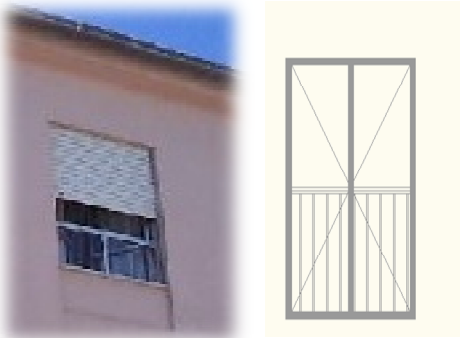
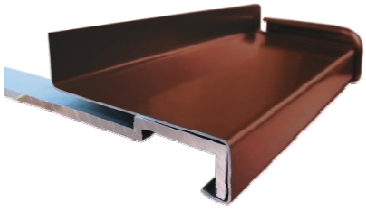
As janelas existentes também serão substituídas, por janelas em PVC. É importante substituir as janelas para evitar perdas de calor, obtendo maior conforto na habitação. Uma janela eficiente é aquela em que a caixilharia e o vidro têm um bom coeficiente de transmissão térmico. Quanto menor for o valor melhor será o seu desempenho térmico. Estas janelas propõem um nível de qualidade N5, segundo as tabelas propostas. Consoante o vidro duplo usado pode se obter um coeficiente térmico entre 2,3 e 1,1 ($W/(m^2 \cdot ^\circ C)$). [32]

5.6.4 Sistema de fixação e outros elementos importantes da solução proposta

Tabela 65- Materiais propostos para a reabilitação da fachada

Materiais propostos	
<p>Perfil L para fixação com distância entre si de 650 mm.</p>	
<p>Isolamento em placas compactadas em lã de ovelha 60mm</p>	
<p>O isolamento térmico será fixo através de fixações próprias para isolamento, como podemos ver na imagem</p>	
<p>Ripa vertical de suporte em madeira 60 x80mm Ripa horizontal de fixação em madeira 30 x 40mm</p>	
<p>Revestimento SILVERWOOD 27X122mm, e o respetivo prego de fixação à ripa horizontal</p>	

<p>Para os remates é proposta uma peça 55 x 55 mm</p>	
<p>É proposta uma grelha de arranque perfurada para permitir a ventilação</p>	
<p>As caixilharias propostas são em pvc oscilo batente de duas folhas. Que garantem um coeficiente térmico entre 2,3 a 1,1 $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ consoante o vidro duplo escolhido.</p>	
<p>Propõe-se também estores novos, em PVC rígido, a caixa de estore contém isolante térmico, alcançando valores de isolamento térmico elevados.</p>	

<p>Para o remate superior, propõe-se uma chapa em aço galvanizado com inclinação de 5%.</p>	 <p>INCLINAÇÃO DE 5 %</p>
<p>A instalação de águas pluviais, também será substituída, por outra nova.</p>	 <p>INTERIOR</p>
<p>Propõe-se a demolição da reentrância. Assim temos uma extensão da janela deixando passar mais luz. A nova janela necessita de guarda de proteção, como modo de segurança.</p>	
<p>Para as ombreiras, peitoris e lintel propõe-se chapas de alumínio lacada de cor vermelha, com pingadeira</p>	

5.6.5 Melhorias do nível de qualidade térmica

É indispensável procedermos a novos cálculos para os níveis de qualidade, para verificar as alterações térmicas da solução proposta.

Para prosseguir é necessário averiguar se a fachada é ventilada ou fracamente ventilada. Segundo a publicação do LNEC “Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios” versão atualizada 2006. Assume-se que a fachada, tem espaços de ar fracamente ventilados, quando a relação s/L , s é a área total de orifícios de ventilação [mm^2] e L , comprimento da parede em [m], seja superior a $500 \text{ mm}^2/\text{m}$ e igual ou inferior a $1500 \text{ mm}^2/\text{m}$ no caso da parede. Quando isso acontece a resistência térmica do espaço de ar, fracamente ventilado é igual a metade do valor do quadro I. 4 do anexo I.

Outra condicionante é se a resistência térmica do elemento construtivo, entre o espaço de ar e o ambiente exterior for superior a $0,15 \text{ (W/(m}^2 \cdot \text{°C))}$, a resistência do espaço de ar deve tomar sempre valor $0,15 \text{ (W/(m}^2 \cdot \text{°C))}$.

Estima-se que o espaço de área dos orifícios de ventilação da proposta sejam > 500 e $\leq 1500 \text{ mm}^2/\text{m}$ e como a resistência dos painéis Silverwood é de $0,10 \text{ (W/(m}^2 \cdot \text{°C))}$, como se pode ver na Tabela 64- Ficha técnica das lâminas Silverwood, assume-se metade do valor da resistência térmica.

Como a espessura do isolamento é de 60 mm , a resistência térmica assume metade, ou seja $0,013 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{°C))}$.

5.6.5.1 Elemento vertical (parede exterior)

Tabela 66 - Resistência térmica espaços não-ventilados R_{ar} ($\text{W/(m}^2 \cdot \text{°C))}$)

(Extraído do Quadro I.4- Anexo II da publicação do LNEC: ITE 50)

Sentido do fluxo do calor		RESISTÊNCIAS TÉRMICAS ESPAÇOS DE AR NÃO-VENTILADOS	
		Esespessura do espaço de ar ⁽¹⁾	Resistência térmica ⁽²⁾
		[mm]	R_{ar} [[$\text{m}^2 \cdot \text{°C})/\text{W}$]
Horizontal ⁽³⁾		< 5	0,00
		5	0,11
		10	0,15
		15	0,17
		25 a 300	0,18
Vertical ⁽⁴⁾ ascendente		< 5	0,00
		5	0,11
		10	0,15
		15 a 300	0,16
		< 5	0,00
Vertical ⁽⁴⁾ descendente		5	0,11
		10	0,15
		15	0,17
		25	0,19
		50	0,21
		100	0,22
		300	0,23

Com adição da fachada ventilada o coeficiente de transmissão térmica teve uma melhoria significativa, do nível N-1 passamos a nível N4, com coeficiente de 0,24 (W/(m² . °C)).

FICHA DE ELEMENTO <i>(Ficha demonstrativa do cálculo)</i>						ELEMENTO TIPO:
ENVOLVENT:	EXTERIOR					PPE1
ELEMENTO:	PONTE TÉRMICA PLANA INSERIDA NA PAREDE EXTERIOR (PRE1)					
DESCRIÇÃO:	Parede constituída (do interior para o exterior) por estuque tradicional (1,5 cm), tijolo furado (3 cm), pilar ou viga em betão armado (25 cm) e reboco de argamassa de cimento (2 cm) + fachada ventilada					
REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO ELEMENTO:						
RESISTÊNCIA TÉRMICA DAS CAMADAS ¹⁴ :						
Camada	Descrição da camada	Massa vol. aparente seca [kg/m ³]	Espessura d, [m]	Condut. térmica λ, [W/(m.°C)]	Resistência Térmica R, [m ² .°C/W]	Fluxo Resistência Térmica R, [m ² .°C/W]
1	ESTUQUE TRADICIONAL	900 - 1000	0,015	0,400		0,038
2	TIJOLO FURADO 30X20X3 AO ALTO		0,030		0,070	0,070
3	PILAR OU VIGA EM BETÃO ARMADO (ARMADURA INFERIOR A 1%, EM VOLUME)	2300 - 2400	0,240	2,000		0,120
4	REBOCO TRADICIONAL DE ARGAMASSA DE CIMENTO	1800 - 2000	0,015	1,300		0,012
5	PLACAS ISOLAMENTO Lã OVELHA	10	0,060	0,018		3,429
6	ESPAÇO DE AR VENTILADO		0,060		0,060	0,060
7	REVESTIMENTO SILVERWOOD	460	0,021	0,100		0,210
						0,000
						0,000
						0,000
						0,000
						0,000
<i>Espessura total, em metros:</i>			0,441		Σ R _{ij} =	3,938
RESISTÊNCIA TÉRMICAS SUPERFICIAIS ¹⁵ :						Fluxo
Resistência térmica superficial interior, R_{si} , em [m ² .°C/W]					R_{si} =	0,13
Resistência térmica superficial exterior, R_{se} , em [m ² .°C/W]					R_{se} =	0,04
COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA SUPERFICIAL ¹⁶ :						Fluxo
Coeficiente de transmissão térmica superficial, U , em [W/(m ² .°C)]:						0,243

Figura 52 - Ficha de cálculo do coeficiente térmico superficial da parede + fachada ventilada, U, em (W/(m² . °C))

5.6.5.1 Nível de qualidade de vãos envidraçados

Não surgiu a necessidade para este ponto de voltar a preencher as fichas e analisar as tabelas da regulamentação, para averiguar o respetivo coeficiente térmico das janelas propostas pois as janelas já tem estipulado um coeficiente térmico de transmissão entre 2,3 a 1, 1 (W/(m². °C)), se assumirmos o valor médio 1,7 (W/(m² . °C)), e de um nível de qualidade N - 2 passamos a nível N5.

5.6.5.2 Nível de qualidade de elementos horizontais (cobertura)

Propõe-se para a esteira da cobertura a adição de placas de isolamento de lã de ovelha de 120 mm, e de um nível N - 5 passamos a nível N 3.

FICHA DE ELEMENTO <i>(Ficha demonstrativa de cálculo)</i>							ELEMENTO TIPO:			
ENVOLVENTE:	ENVOLVENTE INTERIOR						CBI1			
ELEMENTO:	COBERTURA SOB DESVÃO NÃO ÚTIL									
DESCRIÇÃO:	Laje de esteira horizontal constituída laje aligeirada de vigotas pré-esforçadas e abobadilhas cerâmicas (16 cm) e estuque tradicional sem inertes (1,5 cm).									
REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO ELEMENTO:										
DESENHO N.º 21										
RESISTÊNCIA TÉRMICA DAS CAMADAS ¹⁴ :										
Camada	Descrição da camada	Massa vol. aparente seca [kg/m ³]	Espessura d, [m]	Condut. térmica λ, [W/(m.°C)]	Resistência Térmica R _i [m ² .°C/W]		Fluxo asc. Fluxo			
					asc.	desc.	Resistência Térmica R _i [m ² .°C/W]	Resistência Térmica R _i [m ² .°C/W]		
1	LAJE ALIG. COM ABOB. CERÂMICAS DE 1 FURO E BASE SUPERIOR A 30 CM		0,160		0,150	0,160	0,150	0,160		
2	ESTUQUE TRADICIONAL SEM INERTES	900 - 1000	0,015	0,400			0,038	0,038		
3	PLACAS DE ISOLAMENTO LÃ DE OVELHA	10	0,120	0,035			3,429	3,429		
							0,000	0,000		
							0,000	0,000		
							0,000	0,000		
							0,000	0,000		
							0,000	0,000		
							0,000	0,000		
							0,000	0,000		
							0,000	0,000		
Espessura total, em metros:			0,295				∑ R _{ij} =	3,616	3,626	
RESISTÊNCIA TÉRMICAS SUPERFICIAIS ¹⁴ :										
Resistência térmica superficial interior, R_{si} , em [m ² .°C/W]							Fluxo asc. Fluxo			
							R_{si} =		0,10	0,17
Resistência térmica superficial exterior, R_{se} , em [m ² .°C/W]							R_{se} =		0,10	0,17
COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA SUPERFICIAL ¹⁴ :										
Coeficiente de transmissão térmica superficial, U , em [W/(m ² .°C)]:							U =		0,262	0,252

Figura 53 - Ficha de cálculo do coeficiente térmico superficial da cobertura, U, em (W/(m² . °C))

No que se refere ao pavimento sobre espaço não útil (galeria exterior) propõe-se adição dos mesmos componentes da fachada e a sua classificação perante o nível de qualidade é de N4, e anteriormente apresentava nível N - 5.

FICHA DE ELEMENTO								ELEMENTO TIPO:	
(Ficha demonstrativa de cálculo)									
ENVOLVENTE:	ENVOLVENTE INTERIOR							PVI1	
ELEMENTO:	PAVIMENTO SOBRE ESPAÇO NÃO ÚTIL								
DESCRIÇÃO:	Pavimento constituído (de cima para baixo) por acabamento de piso em ladrilhos (1,5 cm), argamassa de baixa retração (4 cm), betão de agregados leves" (6 cm), laje alig. de vigotas pré-esforçadas e abob. cerâmicas (17 cm).								
REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO ELEMENTO:									
RESISTÊNCIA TÉRMICA DAS CAMADAS ¹⁴ :									
Camada	Descrição da camada	Massa vol. aparente seca [kg/m ³]	Espessura d, [m]	Condução térmica λ, [W/(m.°C)]	Resistência Térmica R, [m ² .°C/W]		Fluxo ase. Fluxo		
					asc.	desc.	Resistência Térmica R, [m ² .°C/W]		
1	ACABAMENTO DE PISO EM CERÂMICA ASSENTE COM CIMENTO	2300	0,015	1,300			0,012	0,012	
2	ARGAMASSA DE REGULARIZAÇÃO DE BAIXA RETRAÇÃO	2000 - 2200	0,040	1,800			0,022	0,022	
3	BETÃO DE AGREGADOS LEVES DE ARGILA EXPANDIDA	1200 - 1400	0,060	0,700			0,086	0,086	
4	LAJE ALIGEIRADA COM ABOBADILHAS DE 1 FURO E BASE SUPERIOR A 30 CM		0,170		0,150	0,160	0,150	0,160	
5	ESTUQUE TRADICIONAL	900-1000	0,015	0,400			0,038	0,038	
6	PLACAS ISOLAMENTO Lã OVELHA	10	0,060	0,018			3,429	3,429	
7	ESPAÇO DE AR FRACAMENTE VENTILADO		0,060		0,060		0,060	0,000	
8	REVESTIMENTO SILVERWOOD	460	0,021	0,100			0,210	0,210	
							0,000	0,000	
							0,000	0,000	
Espessura total, em metros:			0,441				Σ Rij =	4,006	3,956
RESISTÊNCIA TÉRMICAS SUPERFICIAIS ¹⁵ :									
Resistência térmica superficial interior, R _{si} , em [m ² .°C/W]							R _{si} =	Fluxo ase.	Fluxo
								0,10	0,17
Resistência térmica superficial exterior, R _{se} , em [m ² .°C/W]							R _{se} =	0,10	0,17
COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA SUPERFICIAL ¹⁶ :									
Coeficiente de transmissão térmica superficial, U, em [W/(m ² .°C)]:								Fluxo ase.	Fluxo
								0,238	0,233

Figura 54- Ficha do coeficiente térmico superficial segundo as características do pavimento sobre espaço não útil, U, em (W/(m² . °C))

5.6.5.3 Nível de qualidade da ponte térmica plana

A ponte térmica plana passa do nível N - 1 para nível N 5, e não necessita de verificação pois $U_{ptp} \leq 0,9$ dispensa verificação.

FICHA DE ELEMENTO <i>(Ficha demonstrativa do cálculo)</i>						ELEMENTO TIPO:
ENVOLVENTE:	EXTERIOR					PPE1
ELEMENTO:	PONTE TÉRMICA PLANA INSERIDA NA PAREDE EXTERIOR (PRE1)					
DESCRIÇÃO:	Parede constituída (do interior para o exterior) por estuque tradicional (1,5 cm), tijolo furado (3 cm), pilar ou viga em betão armado (25 cm) e reboco de argamassa de cimento (2 cm) + fachada ventilada					
REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO ELEMENTO:						
RESISTÊNCIA TÉRMICA DAS CAMADAS ⁽¹⁾ :						
Camada	Descrição da camada	Massa vol. aparente seca [kg/m ³]	Espessura d, [m]	Condut. térmica λ, [W/(m.°C)]	Resistência Térmica R, [m ² .°C/W]	Fluxo Resistência Térmica R, [m ² .°C/W]
1	ESTUQUE TRADICIONAL	900 - 1000	0,015	0,400		0,038
2	TIJOLO FURADO 30X20X3 AO ALTO		0,030		0,070	0,070
3	PILAR OU VIGA EM BETÃO ARMADO (ARMADURA INFERIOR A 1%, EM VOLUME)	2300 - 2400	0,240	2,000		0,120
4	REBOCO TRADICIONAL DE ARGAMASSA DE CIMENTO	1800 - 2000	0,015	1,300		0,012
5	PLACAS ISOLAMENTO LÃ OVELHA	10	0,060	0,018		3,429
6	ESPAÇO DE AR VENTILADO		0,060		0,060	0,060
7	REVESTIMENTO SILVERWOOD	460	0,021	0,100		0,210
						0,000
						0,000
						0,000
						0,000
						0,000
						0,000
<i>Espessura total, em metros:</i>			0,441		$\Sigma R_j =$	3,938
RESISTÊNCIA TÉRMICAS SUPERFICIAIS ⁽¹⁾ :						
Resistência térmica superficial interior, R_{si} , em [m ² .°C/W]					R_{si} = 0,13	
Resistência térmica superficial exterior, R_{se} , em [m ² .°C/W]					R_{se} = 0,04	
COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA SUPERFICIAL ⁽¹⁾ :						
Coeficiente de transmissão térmica superficial, U , em [W/(m ² .°C)]:					U = 0,243	

Figura 55- Ficha de cálculo do coeficiente térmico superficial da ponte térmica plana, U, em (W/(m².°C))

5.6.5.4 Nível de qualidade do fator solar dos vãos envidraçados

Verifica-se que o fator solar não se altera com a solução dos novos tipos de proteção, mantendo o nível N4.

Tabela 67 - Fator solar de alguns tipos de vidros, U, em (W/(m² . °C))
(Tabela 13 Despacho 15793-k-2013 de dezembro)

Tipo de proteção		g_{Tvc}						
		Vidro simples			Vidro duplo			
		Cor da proteção			Cor da proteção			
		Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	
Proteções exteriores	Portada de madeira (considera-se opaca)		0,04	0,07	0,09	0,03	0,05	0,06
	Persiana (ou estore corrente)	Réguas de madeira (opaca)	0,05	0,08	0,10	0,04	0,05	0,07
		Réguas metálicas ou plásticas (opaca)	0,07	0,10	0,13	0,04	<u>0,07</u>	0,09
	Estore veneziano (ou portada de lâminas fixas)	Lâminas de madeira (não opaca)	---	0,11	---	---	0,08	---
		Lâminas metálicas (não opaca)	---	0,14	---	---	0,09	---
	Estore	Lona opaca (não opaca)	0,07	0,09	0,12	0,04	0,06	0,08
		Lona pouco transparente (não opaca)	0,14	0,17	0,19	0,10	0,12	0,14
Lona muito transparente (não opaca)		0,21	0,23	0,25	0,16	0,18	0,20	
Proteções interiores	Estores de lâminas (não opaca)		0,45	0,56	0,65	0,47	0,59	0,69
	Cortinas	Opacas (opaca)	0,33	0,44	0,54	0,37	0,46	0,55
		Ligeiramente transparentes (não opaca)	0,36	0,46	0,56	0,38	0,47	0,56
		Transparentes (não opaca)	0,38	0,48	0,58	0,39	0,48	0,58
		Muito transparentes (não opaca)	0,70	---	---	0,63	---	---
	Portadas opacas (opaca)		0,30	0,40	0,50	0,35	0,46	0,58
	Persianas (não opaca)		0,35	0,45	0,57	0,40	0,55	0,65
Proteção entre dois vidros (estore veneziano, lâminas delgadas) (não opaca)		---	---	---	0,28	0,34	0,40	

Notas:

- Proteções ligeiramente transparentes: transmitância solar entre 0,05 e 0,15;
- Proteções transparentes: transmitância solar entre 0,15 e 0,25;
- Proteções muito transparentes: transmitância solar superior a 0,25.

Note-se ainda que a cor da proteção é definida, a título ilustrativo, na Tabela 8 do Despacho 15793-K-2013 de 3 de dezembro.

Nota adicional 1: Esta tabela pressupõe a utilização de uma única proteção solar (interior ou exterior) e vidro incolor corrente (simples ou duplo), caracterizado pelos seguintes fatores solares: $g_{L,vi} = 0,85$ para vidro simples e $g_{L,vi} = 0,75$ para vidro duplo. Se existir mais do que uma proteção solar ou vidros com diferentes daqueles considerados incolores correntes (ou seja, vidros especiais), deverá ser efetuada a correção do fator solar do vão com proteção ativa a 100%.

Nota adicional 2: A definição de *opaca* ou *não opaca* resultou da consulta do documento da ADENE (Perguntas & Respostas sobre o RCCTE, versão 1.3a de Abril de 2008, página 37).

Com a proposta da nova solução obtém-se melhorias relativamente à condutibilidade térmica a nível de cinco componentes analisados, e só o fator solar dos vãos envidraçados com proteção ativa se manteve igual, como se pode ver na tabela 68. Ainda podemos analisar os níveis de qualidade segundo o despacho que entra em vigor dia 1 de Janeiro de 2016.

Tabela 68- Níveis de qualidade térmica de alguns elementos da fachada sem a solução proposta e com solução proposta segundo os valores que entrarão em vigor dia 1 de Janeiro de 2016.

	Níveis de qualidade térmica atuais (Despacho 29 de Novembro 2013)	Níveis de qualidade térmica da proposta (Despacho 29 de Novembro 2013)	
Parede	N1	N4	Parede
Envidraçados	N-2	N5	Envidraçados
Elementos horizontais (Esteira)	N-5	N3	Elementos horizontais (Esteira)
Elementos horizontais (pavimento, galeria exterior)	N-5	N4	Elementos horizontais (pavimento, galeria exterior)
Ponte térmica	N-1	N5	Ponte térmica
Fator solar dos vãos envidraçados com proteção ativa	N4	N4	Fator solar dos vãos envidraçados com proteção ativa

Tabela 69- Classificação dos níveis de qualidade térmica da proposta

	N-5	N-4	N-3	N-2	N-1	N0	N1	N2	N3	N4	N5
Parede											
Envidraçados											
Elementos horizontais (Esteira)											
Elementos horizontais (pavimento, galeria exterior)											
Ponte térmica											
Fator solar dos vãos envidraçados com proteção ativa											

Por fim é feita uma tabela síntese comparando a regulamentação atual e aquela que entrará em vigor a 31 de Dezembro 2015, e averiguou-se que os níveis de qualidade sofrem ligeiras alterações ao nível dos elementos horizontais (pavimento, galeria exterior).

Tabela 70 - Níveis de qualidade térmica segundo a regulamentação atual, e níveis de qualidade segundo regulamentação que entrará em vigor em 1 janeiro 2016

	Níveis de qualidade térmica da proposta (Despacho 29 de novembro 2013)	Níveis de qualidade térmica da proposta (Aplicação a partir 1 janeiro 2016)	
Parede	N 4	N4	Parede
Envidraçados	N 5	N5	Envidraçados
Elementos horizontais (Esteira)	N 3	N3	Elementos horizontais (cobertura)
Elementos horizontais (pavimento, galeria exterior)	N 4	N3	Elementos horizontais (pavimento, galeria exterior)
Ponte térmica	N 5	N5	Ponte térmica
Fator solar dos vãos envidraçados com proteção ativa	N 4	N 4	Fator solar dos vãos envidraçados com proteção ativa

5.6.6 Orçamento estimativo

	Quantidade	Preço m ² m/l unidade	Cálculo
Revestimento Silverwood	1320 m ²	45€ m ²	1320 x 45€ = 59 400€
Placas de Isolamento compactas de lã de ovelha NATURLAINE	1320 m ² vertical e 809 m ² horizontal (cobertura)	15€ m ²	1320 x 15€ = 19 800€ 809 x 15€ = 12135 €
Perfil L regulável 100 a 150 mm em aço SOTECNISOL	11880 unidades	2,36 € /unidade	11880 x 2 € = 23720€
Ripa em madeira 30 x 40 FRANK LEHMAN	2000 m /L	0,40 €	2000 X 0,40 € = 800€
Ripa em madeira 60 X80 FRANK LEHMAN	3000m/ l	1,5 € m/ l	3500 x 1,5 € = 4500€
Parafuso de fixação á parede marca HILTI	23760 unidades	0,86 € /unidade	23760 x 0,86 € = 20433,6 €

Parafuso fixação vertical e horizontal SOTECNISOL	11880 unidades	47,61 € /1000 unidades	$(11880 / 1000) \times 47,61€$ = 5656 €
Perfil de remate em alumínio SOTECNISOL	35 m/l	56, 2€ / 6 m/l	$(35 / 6) \times 56,2 € =$ 328€
Grelha de arranque ventilada 150 x 30 x2,5 mm SOTECNISOL	170 m/l	12 € m/l	$170 \times 12 € =$ 2040 €
Janelas Eurocaixilho	114 janelas	114 unidades	52 000 €
Estore OBRAS EM CASA	232 m ²	7,5€ m ²	1740,6€
Sistema Instalação águas pluviais OBRAS EM CASA	75 m/l	33 m ²	2475 €
Lavagem do telhado OBRAS EM CASA	809 m ²	2,5€ m ²	2022,5€
Hidrofugação telhado OBRAS EM CASA	809 m ²	3€ m ²	2427 €
Total			209 477,7 €

Os preços na tabela são meramente estimativos, pois consoante as quantidades os preços podem ter baixas consideráveis, ou subidas significativas segundo a qualidade pretendida. É importante referir que o preço de mão-de-obra não está incluído.

O orçamento das janelas foi feito diretamente do site da Eurocaixilho como podemos ver na imagem seguinte.

As quantidades necessárias são:

600 x 1200mm = 10 janelas

1200 x 1200mm = 32 janelas

1400 X 1500mm = 60 janelas

2000 x 1200mm = 22 janelas

Total = 114 janelas

TOTAL = 232 m²

	JANELA OSCILOBATENTE DE 2 FOLHAS	JANELA OSCILOBATENTE DE 2 FOLHAS	JANELA OSCILOBATENTE DE 2 FOLHAS	JANELA OSCILOBATENTE DE 2 FOLHAS
Altura (mm):	800	1200	1400	600
Largura (mm):	1200	1200	1500	2000
Quantidade:	010	032	060	22
Preço (€):	3040	11424	23820	7546

Figura 56-Orçamento efetuado no site da Eurocaixilho

Prevê-se para o telhado a limpeza e consequente hidrofugação² do mesmo. Algumas das telhas também teriam que ser alteradas, mas para isso era preciso fazer uma análise mais detalhada para saber a quantidade em m² necessária.

O total da reabilitação estimou-se em 209 477,7 €. Por cada fogo a proposta ficaria em aproximadamente 10474 € e por m² de área bruta ficaria em aproximadamente 135 €.

² Hidrofugação - é o processo de aplicação de uma resina chamada hidrofugante

Capítulo 6

CONCLUSÕES FINAIS

6 Conclusões finais

Enunciam-se as principais conclusões do trabalho realizado, e também as dificuldades sentidas ao longo da realização da dissertação.

Era objetivo inicial falar sobre a fachada, seus componentes, função, materiais e evolução entre outros. Este estudo inicial teve como intuito ganhar sensibilidade perante a pele exterior do edifício e conseqüentemente proceder-se à inspeção de forma mais adequada.

Como o título indica pretendia-se efetuar a inspeção técnica de um edifício de habitação social. Desenvolveu-se para o efeito um método de inspeção técnica geral, que desse para qualquer edifício que pretendesse ser inspecionado.

Por conseguinte foi posto em prática e consistia em fichas de avaliação, na qual a primeira parte tinha foto e descrição do elemento, e a outra permitia classificar o grau das anomalias, para cada um dos elementos que se acharam relevantes. Qualquer técnico que pretenda utilizar o método pode fazê-lo para qualquer tipo de edifício e se necessário, adicionar-lhe mais componentes consoante as características do edifício. O desenvolvimento deste método de inspeção revelou-se uma grande ajuda para sintetizar as anomalias de forma clara.

Antes de se proceder à reabilitação foi importante elaborar tabelas com os diferentes níveis de qualidade, de alguns elementos da envolvente: elementos verticais (paredes), vãos envidraçados, elementos horizontais e pontes térmicas planas. Estas tabelas permitiram classificar cada elemento segundo níveis negativos e positivos com base na regulamentação térmica em vigor. Após classificar os coeficientes térmicos dos elementos, verificou-se que a fachada apresentava na sua maior parte níveis negativos, ou seja com necessidades de intervenção.

Após avaliação dos elementos da envolvente surge a necessidade de propor uma solução para melhorar as condições exteriores. Escolheu-se como solução a técnica de fachada ventilada que não só irá melhorar os aspetos estéticos, mas também os térmicos, pois o isolamento térmico adotado e a caixa-de-ar fracamente ventilada darão uma ajuda fundamental à performance do edifício.

As mudanças que iriam ser mais sentidas pelos ocupantes, e onde se pretenda que haja maior transformação são nas condições térmicas e de habitabilidade. Embora não tenham sido avaliadas as condições interiores, poderemos confirmar nas fotos em anexos III, apartamentos com anomalias mais graves, devido a condensações e infiltrações de água, reflexo das fragilidades e anomalias da fachada. Como trabalho futuro era interessante se proceder à inspeção também do interior, o que não foi possível nesta dissertação por falta de tempo.

De qualquer forma a reabilitação da envolvente exterior do edificio permitirá resolver os principais problemas detetados no interior.

É importante referir que a escolha dos materiais não foi feita por acaso. Tanto a madeira, como a lã de ovelha são materiais biodegradáveis e recicláveis, pois nós enquanto futuros arquitetos devemos estar sensíveis cada vez mais às condições do meio ambiente, tentando protegê-lo ao máximo.

Achou-se por bem averiguar os níveis de qualidade da solução proposta, e conclui-se que em todos os elementos obtivemos melhorias térmicas significativas, atingindo patamares elevados na avaliação de qualidade térmica.

Verificou-se ser muito importante conhecer os aspetos tecnológicos das soluções arquitetónicas para permitir que nas obras de reabilitação dos edifícios, para além da melhoria dos aspetos estéticos e da imagem se introduzam em simultâneo melhorias significativas da eficiência térmica dos edifícios e se obtenham reduções nas faturas energéticas a cargo dos ocupantes.

Referências

- [1]Campredon, Jean Pierre; Croci, Daniel; Verga, Marie Juliette. Enveloppes & Mur, Reflexion sur L'enveloppe du bâtiment. Les Cahier de Cantercerl. Volume 2.EDISUD.
- [2]Oliveira, Avelino. A Cabana Primitiva. Curso de Arquitectura e Urbanismo. Trabalho sobre :Tipologia da construção. Universidade Fernando Pessoa
- [3]http://www.anah.fr/fileadmin/anahmedias/Textes_et_publications/Fiches/Fiches_techniques/FT3_Facade.pdf
- [4]<http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?cid=96&m=3&id=77907&p1=00&p2=10&ref=17597>
- [5]<http://petronearchitecture.com/notre-expertise/conferences-et-formations/les-6-fonctions-de-lenveloppe/>
- [6]Correia, Mariana. Terra forma de construir. Universalidade e Diversidade da Arquitetura de Terra. Escola superior Gallaecia, Ensino Universitário.Argumentum.1ª Edição. Outubro 2006.
- [7]<http://coisasdaarquitectura.wordpress.com/2011/02/24/a-madeira-em-tempos-de-sustentabilidade-i/>
- [8]Sousa, Hipólito De; Alves, Sérgio. Paredes Exteriores de Edifícios em Pano Simples. Lidel.
- [9]Juvandes.L.F.P; Reis.V.L.F. Mecânica experimental. APAET.2012
- [10]Valarinho, Luís. Construção em Vidro Estrutural. Instituto Superior Técnico Lisboa. Outubro 2010.
- [11]Flores, Inês; Ferreira, Vitor (...). Paredes. Tecnologia da construção dos edifícios. Mestrado Integrado em Engenharia Civil. Instituto superior técnico.
<http://www.civil.ist.utl.pt/~joaof/tc-cor/17%20Paredes%20-%20COR.pdf>
- [12]Roque, João; Lourenço, Paulo. Reabilitação de paredes antigas de alvenaria. LNEC. 2003
- [13]Sousa, Fernando. Fachadas ventiladas em edifícios. Tipificação de soluções e interpretação do funcionamento conjunto suporte/acabamento. FEUP. Junho 2010.
- [14]Dossier técnico- económico. Fachada Ventilada. Outubro 2006.
- [15]Hauglustaine, Jean Marie ; simon, Francy. La Conception global de l'enveloppe et l'energie. Guide pratique pour les architectes. Fevereiro 2006.
- [16]<http://dre.pt/pdf2sdip/2013/12/234000003/0002600031.pdf>
- [17]Fonte, Nádia. Inspecção técnica de edifícios existentes (ITE). Feup. Junho de 2012
- [18]Lanzinha, João. Reabilitação de Edifícios Metodologia de Diagnóstico e Intervenção. Fundação Nova Europa. UBI. Covilhã.

- [19]Díaz, César ; Casado, Natividade. Inpección y diagnosis. Pautas para la Intervención en edificios de viviendas. Collegi d'Arquitectes de Catalunya. 2002
- [20] Santos, Susana. Indicadores de Avaliação Da Qualidade Térmica De edifícios de Habitação. UBI. Covilhã 2009.
- [21]<http://www.futureng.pt/>
- [22] Rodrigues, António Moret ; PIEDADE, António Canha da ; BRAGA, Ana Marta. Térmica de edifícios. 1ª ed. Amadora: Edições Orion, 2009.
- [23]Dossier técnico - económico. Fachada Ventilada. Outubro 2006.
- [24]Sousa, Fernando. Fachadas ventiladas em edifícios. Tipificação de soluções e interpretação do funcionamento conjunto suporte/acabamento. FEUP. Junho 2010.
- [25]Camposinhos, Rui de Sousa. Revestimentos em pedra natural com fixação mecânica, edições.
- [26]Sousa, Augusto Vaz Serra e; FREITAS, Vasco Peixoto de; SILVA, J. A. Raimundo Mendes da. Manual de aplicação de revestimentos cerâmicos. Coimbra. 2003.
- [27]<http://www.maxmat.pt/AdviceDetail.aspx?id=11>
- [29]<http://www.silverwood.fr/>
- [28]Albuquerque, Pedro. Painéis fenólicos para aplicação em fachadas exteriores. Instituto superior de engenharia civil. Dezembro de 2013.
- [30]http://ie.sheepwoolinsulation.com/why_wool/default.asp
- [31]<http://www.planetazul.pt/edicoes1/planetazul/desenvArtigo.aspx?c=3077&a=17382&r=37>
- [33][http://www.eurocaixilho.pt/catalogo/sistema-economix\(acedido em 2.09.2014\)](http://www.eurocaixilho.pt/catalogo/sistema-economix(acedido em 2.09.2014))
- [34]http://www.sistemamasa.com/index.php?option=com_content&view=article&id=180&Itemid=27
- [35]<http://urbanwalklovers.wordpress.com/2011/07/>
- [36]<http://lisboanapontadosdedos.blogspot.pt/2012/02/terreiro-do-paco-caminho-dos-lisboetas.html>
- [37]<http://www.visionarte.pt/index.php?/-contactos/2/>
- [38]<http://www.archdaily.com.br/br/01-123635/classicos-da-arquitetura-taliesin-oeste-slash-frank-lloyd-wright>
- [39]<http://www.aparede.com/view/774/Arquitetura+e+design+inacredit%C3%A1veis>
- [40]<http://www.ceramicabelem.com.br/tijolos1.htm>

[41]<http://www.culturasdomundo.com/culturas-a-grande-muralha-da-china.html>

http://viagem-fotos.1-my.com/fotos-de-viagens/fotos-Pir%C3%A2mides-giza-passeios-fotos-turismo-pt-hh_p562.shtml

<http://www.santabanta.com/photos/tajmahal/9012035.htm>

[42]<http://www.engenhariacivil.com/engenharia-civil-betoes-fotocataliticos>

[43]<http://www.archdaily.com/107500/ad-classics-kunsthau-bregenz-peter-zumthor/kunsthau-wikimedia-commons2/>

http://anikaitharchiblog.blogspot.pt/2012_11_01_archive.html