

UNIVERSIDADE DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO

ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

Departamento de Engenharias



Avaliação da Qualidade do Projeto e Construção de Edifícios e a Correlação entre estas Duas Fases

Alberto José Pires da Silva

Dissertação apresentada à Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil

2019

UNIVERSIDADE DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO

ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

Departamento de Engenharias



Avaliação da Qualidade do Projeto e Construção de Edifícios e a Correlação entre estas Duas Fases

Candidato: Alberto José Pires da Silva

Orientador: Jorge Tiago Queirós da Silva Pinto

Coorientador: Anabela Gonçalves Correia de Paiva

Composição do Júri Professor(a) Doutor(a):

Cristina Madureira dos Reis

Débora Rodrigues de Sousa Macanjo Ferreira

Jorge Tiago Queirós da Silva Pinto

2019

AGRADECIMENTOS

Após a conclusão desta etapa da minha vida, quero agradecer a todos aqueles, que de alguma forma contribuíram para o enriquecimento da minha dissertação.

Agradeço aos meus orientadores, Professor Doutor Jorge Tiago Queirós da Silva Pinto e Professora Doutora Anabela Gonçalves Correia de Paiva, pela orientação, empenho, dedicação, acompanhamento e contributo prestado ao longo da realização desta dissertação. À minha filha que é a minha razão de lutar, que lhe sirva de incentivo e inspiração e que a estimule a alcançar os objetivos a que se propõe.

Por último, e não menos importante, termino por expressar o meu muito sincero agradecimento à UTAD.

A todos, o meu Muito Obrigado.

RESUMO

Nesta dissertação de mestrado faz-se uma análise da qualidade do projeto e a construção de edifícios, incluindo a correlação entre as duas fases. Aborda-se também, a possível reabilitação no sentido de melhorar a qualidade térmica do edifício em estudo, salientando a sua real importância para uma adequada reabilitação em qualquer construção.

É patente a evolução histórica e a teia que entrelaça estas duas fases em que uma não se desliga da outra, não sendo possível a sua dissociação.

Embora este tema seja alvo de discussão sempre que se termina uma obra de construção civil, é notória a crescente preocupação em minimizar incongruências, em confluir o conhecimento das diversas especialidades e a própria execução da obra que é fundamental para que as intervenções sejam bem-sucedidas.

Neste trabalho apresentam-se regras de boa execução do projeto recolhendo informações através de revisão bibliográfica. Fez-se uma descrição e possíveis causas das anomalias estruturais e não estruturais mais comuns nos edifícios e uma pesquisa da legislação em vigor.

São esboçadas algumas comparações entre dois edifícios da mesma época, com aproximadamente 15 anos. Efetuou-se uma caracterização dos dois casos, analisando patologias e soluções adotadas na reabilitação das anomalias encontradas. São usadas imagens para reflexão e extrair teorias e programas específicos para sustentabilidade da fundamentação.

Palavras-chave: Fendilhação; Análise estrutural; Análise térmica; Métodos não-destrutivos.

ABSTRACT

In this master's thesis an analysis of the quality of the design and the construction phases of buildings, including the correlation between the two phases, is made. It also addresses possible rehabilitation in order to improve the thermal performance of the building under study, highlighting its real importance for proper rehabilitation in any building.

It is clear the historical evolution and the web that interweaves these two phases in which one does not disconnect one from the other, and their dissociation is not possible.

Although this topic is discussed at the end of a civil construction project, there is a growing concern about minimizing inconsistencies, bringing together the knowledge of the various specialties and the execution of the work that is fundamental for successful interventions.

In this work a bibliographical review was made in order to gather information related to the better way to develop a building design. A description and possible causes of the most common structural and non-structural anomalies in buildings and a survey of existing legislation were made.

Some comparisons of two buildings of the same period are outlined, with approximately 15 years. A characterization of the two cases was carried out, analyzing pathologies and solutions adopted in the rehabilitation of the anomalies found. Images are used to make a reflection and extract theories and specific programs for sustainability of the foundation.

Keywords: Cracking; Structural analysis; Thermal analysis; Non-destructive methods.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Objetivos	1
1.3. Metodologia.....	2
1.4. Estrutura da dissertação	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1. Betão.....	5
2.1.1. Resistência á compressão do betão.....	6
2.1.2. Comportamento do betão	7
2.2. Aço	8
2.3. Ensaios	9
2.3.1. Tipos de ensaio	9
2.3.1.1. Ensaio Destrutivo.....	9
2.3.1.2. Ensaio Semi-Destrutivo.....	11
2.3.1.3. Ensaio não Destrutivo.....	12
2.3.2. Avaliação da resistência através da dureza superficial.....	15
2.3.2.1. Descrição do método.....	15
2.3.2.2. Aplicações	18
2.3.2.3. Parâmetros que influenciam os resultados	18
2.3.2.4. Vantagens e limitações.....	20
2.4. Térmico	21
2.4.1. Anomalias associadas ao deficiente isolamento térmico	21
2.4.2. ETICS (External Thermal Insulation Composite System)	23
2.5. Projeto	25
2.5.1. Programa preliminar	25
2.5.2. Programa Base	26
2.5.3. Estudo Prévio	26
2.5.4. Anteprojeto ou Projeto Base	26
2.5.5. Projeto de Execução.....	27
2.5.6. Assistência técnica à obra	27
2.5.7. Execução da obra	28
2.6. Obra	29

2.6.1. Verificação da conformidade entre diferentes especialidades	29
2.6.2. Assistência à execução.....	29
3. LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO	31
3.1. Localização	31
3.2. Descrição do edifício.....	32
4. ESTRUTURA DE BETÃO ARMADO	37
4.1. Conceção estrutural.....	37
4.1.1. Descrição geral	37
4.1.2. Solução estrutural	38
4.1.3. Características dos materiais (betão e aço).....	39
4.1.4. Ações.....	40
4.1.5. Capacidade de carga do terreno.....	41
4.2. Elementos estruturais.....	41
4.2.1. Dimensionamento.....	44
4.2.2. Pormenores de ligação	44
4.2.3. Procedimentos de boa execução	45
4.3. Dimensionamento da Laje de Piso do Quarto	45
4.3.1. Descrição Geral	45
4.3.2. Estado Limite de Utilização	47
4.3.3. Cálculo de Esforços	48
4.3.4. Cálculo das Flechas	49
4.3.5. Verificação da Deformada Existente.....	50
4.3.6. Verificação da Flecha com a Laje Carregada.....	51
4.3.6.1. Combinação de ações	53
4.3.6.2. Cálculo da Flecha	54
4.3.7. Conclusão dos Ensaios à Laje	56
4.4. Fendilhação.....	58
4.4.1. Introdução.....	58
4.4.2. Abertura de Fendas.....	58
4.4.3. Estado de conservação	59
4.5. Ensaios de ESCLERÔMETRO	62
4.5.1. Esclerómetro	62
4.5.2. Características do ensaio	63
4.5.3. Execução do ensaio	64
4.5.3.1. Zona de contato.....	64
4.5.3.2. Preparação da área de impacto.....	65

4.5.3.3.	Impactos	67
4.5.3.4.	Resultados.....	67
4.5.3.5.	Relatório de resultados.....	69
4.5.4.	Conclusão dos ensaios	76
4.6.	Análise estrutural.....	81
4.6.1.	Fendilhação	81
4.6.2.	Deformação.....	81
4.6.3.	Verificação estrutural.....	82
4.7.	Edifício contíguo	82
4.7.1.	Introdução.....	82
4.7.1.1.	Camadas do reboco tradicional	82
4.7.1.2.	Reboco tradicional	83
4.7.1.3.	Características do reboco tradicional	83
4.7.2.	Descrição geral do edifício adjacente	84
4.7.3.	Fendilhação exterior	84
4.7.4.	Patologias interiores	86
5.	COMPORTAMENTO TÉRMICO	89
5.1.	Existente – licenciamento anterior a 4/07/2006	90
5.1.1.	Descrição geral.....	90
5.1.2.	Marcação das envolventes.....	91
5.1.3.	Solução construtiva.....	93
5.1.3.1.	Paredes exteriores	93
5.1.3.2.	Pavimentos	94
5.1.3.3.	Envidraçados	95
5.1.3.4.	Pontes térmicas	96
5.1.4.	Resultados – BALANÇO ENERGÉTICO.....	97
5.2.	Proposta – legislação atual – a partir de 1/01/2016	100
5.2.1.	Descrição geral	100
5.2.2.	Solução térmica	100
5.2.2.1.	Paredes exteriores	100
5.2.2.2.	Pavimentos	100
5.2.2.3.	Envidraçados	102
5.2.2.4.	Pontes térmicas	102
5.2.3.	Resultados – BALANÇO ENERGÉTICO.....	103
5.3.	Tabelas comparativas das duas soluções estudadas	107
5.4.	Conclusão do Estudo Térmico.....	108

6. CONCLUSÕES/DISCUSSÃO	109
6.1. Considerações finais	109
6.2. Solução a adotar	110
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	111
ANEXO A – marcação das envolventes do 2º piso e do 3º piso	115
ANEXO B – folhas de cálculo térmico - ITeCons	121

ÍNDICE de FIGURAS

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

FIGURA 1 - ESQUEMA REPRESENTATIVO DO VOLUME UNITÁRIO DE BETÃO	5
FIGURA 2 - BETÃO APÓS ENDURECIMENTO	6
FIGURA 3 - COMPORTAMENTO DO BETÃO SIMPLES À COMPRESSÃO E À TRAÇÃO	8
FIGURA 4 - DIAGRAMA TENSÕES-EXTENSÕES DO AÇO TÍPICO DE ARMADURAS PARA BETÃO ARMADO ...	8
FIGURA 5 - DIAGRAMAS TENSÕES-EXTENSÕES DO AÇO DAS ARMADURAS PARA BETÃO ARMADO.....	9
FIGURA 6 - EXEMPLOS DE RUTURAS DE PROVETES CÚBICOS - SATISFATÓRIAS.	10
FIGURA 7 - EXEMPLOS DE RUTURAS DE PROVETES CÚBICOS - NÃO SATISFATÓRIAS.	10
FIGURA 8 - EXTRAÇÃO DE CAROTES CILÍNDRICOS.....	11
FIGURA 9 - CAROTES CILÍNDRICOS	11
FIGURA 10 - ESCLERÓMETRO	13
FIGURA 11 - RELAÇÃO ENTRE A RESISTÊNCIA Á COMPRESSÃO DE CUBOS E A DUREZA AO CHOQUE.....	14
FIGURA 12 - ILUSTRAÇÃO DA SEQUÊNCIA DE EXECUÇÃO DO ENSAIO DE ESCLEROMETRIA.....	16
FIGURA 13 - ÁBACO DE CORRELAÇÃO DO MARTELO DE SCHMIDT	17
FIGURA 14 - PRETENDE-SE NESTE EXEMPLO FAZER 9 ENSAIOS	20
FIGURA 15 - TRÊS PONTES TÉRMICAS (INTERIOR) – PILARES; VIGA; CAIXA DE ESTORE.....	21
FIGURA 16 - TRÊS PONTES TÉRMICAS (EXTERIOR) – PILARES; VIGA; CAIXA DE ESTORE	22
FIGURA 17 - ETICS - PORMENORES	23
FIGURA 18 - ETICS - SOLUÇÃO CORRENTE	24
FIGURA 19 - ETICS – SISTEMA COM MW OU EPS COM FIXAÇÃO MECÂNICA	25
FIGURA 20 - ESTALEIRO DE OBRA.....	29

LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO

FIGURA 21 - LOCALIZAÇÃO – DISTRITO DE BRAGANÇA - MIRANDELA	31
FIGURA 22- LOCALIZAÇÃO – ZONAS CLIMÁTICAS – MIRANDELA / ALTO TRÁS-OS-MONTES.....	31
FIGURA 23 – LOCALIZAÇÃO - ZONAS SÍSMICAS.....	32
FIGURA 24 – EDIFÍCIO EM ESTUDO – “TOSCO” CONCLUÍDO.....	32
FIGURA 25- ALÇADOS PRINCIPAL E POSTERIOR	33
FIGURA 26- ALÇADOS LATERAIS ESQUERDO E DIREITO	33
FIGURA 27- PLANTA DO R/C.....	35
FIGURA 28- PLANTA DO 1º PISO.....	35
FIGURA 29- PLANTA DO 2º E 3º PISOS	36

ESTRUTURA DE BETÃO ARMADO

FIGURA 30 - PLANTA DO 2º PISO - APARTAMENTO	37
FIGURA 31 - PLANTA ESTRUTURAL DO 2º PISO	38
FIGURA 32 - VIGA CONTINUA TIPO	42
FIGURA 33 - VIGA CONTINUA A TERMINAR EM CONSOLA.....	42
FIGURA 34 - LAJE EM CONSOLA COM O RESPETIVO CONTRABALANÇO	43
FIGURA 35 - QUADRO DE PILARES ESTUDADOS.....	43
FIGURA 36 - PLANTA ESTRUTURAL – LAJE LP2	46
FIGURA 37 - CORTE ESQUEMÁTICO DA LAJE LP2	48
FIGURA 38 - APARELHO DE NIVELAMENTO.....	51
FIGURA 39 - AÇÕES PERMANENTES, EXCLUINDO O PESO PRÓPRIO DA LAJE	52
FIGURA 40 - AÇÕES PERMANENTES ANTERIORES MAIS AÇÕES VARIÁVEIS.....	52
FIGURA 41 - MEDIDOR A “LASER”	55
FIGURA 42 - OBSERVAÇÃO DO PONTO DO “LASER”	55
FIGURA 43 - ESQUEMA DA MEDIÇÃO DA DEFORMADA.....	56

FIGURA 44 - CONSOLAS DO EDIFÍCIO EM ESTUDO.....	59
FIGURA 45 - ZONAS DE LIGAÇÃO DE ELEMENTOS ESTRUTURAIS SUSCETÍVEL DE FENDILHAÇÃO	60
FIGURA 46 - ZONAS DE LIGAÇÃO DE ELEMENTOS ESTRUTURAIS SUSCETÍVEL DE FENDILHAÇÃO	60
FIGURA 47 - ZONAS DE LIGAÇÃO DE ELEMENTOS ESTRUTURAIS SUSCETÍVEL DE FENDILHAÇÃO	60
FIGURA 48 - ZONAS DE LIGAÇÃO DE ELEMENTOS ESTRUTURAIS SUSCETÍVEL DE FENDILHAÇÃO	61
FIGURA 49 - ZONAS DE LIGAÇÃO DE ELEMENTOS ESTRUTURAIS SUSCETÍVEL DE FENDILHAÇÃO	61
FIGURA 50 - ZONAS DE LIGAÇÃO DE ELEMENTOS ESTRUTURAIS SUSCETÍVEL DE FENDILHAÇÃO	62
FIGURA 51 - ESCLERÔMETRO ABERTO USADO NO ENSAIO	62
FIGURA 52 - MARCAÇÃO DAS ZONAS DE ENSAIO NA PLANTA ESTRUTURAL.....	63
FIGURA 53 - ZONA DE ENSAIO NO EDIFÍCIO – PATAMAR DE ESCADAS E DEGRAU DE ESCADA	64
FIGURA 54 - ZONA DE ENSAIO NO EDIFÍCIO – P9	65
FIGURA 55 - CAIXA ESCLERÔMETRO COM TODOS UTENSÍLIOS	66
FIGURA 56 - ZONA DE IMPACTOS – P9	67
FIGURA 57 - GRÁFICO DO ESCLERÔMETRO	68
FIGURA 58 - COMPARAÇÃO ENTRE COEFICIENTES DE ENDURECIMENTO E COEFICIENTE EFETIVO	84
FIGURA 59 - EDIFÍCIO CONTIGUO.....	84
FIGURA 60 - PAREDES EXTERIORES DO EDIFÍCIO CONTIGUO.....	85
FIGURA 61 - ABERTURA DA FISSURA NO EDIFÍCIO CONTIGUO	85
FIGURA 62 - EVOLUÇÃO DA ABERTURA DA FISSURA NO EDIFÍCIO CONTIGUO.....	86
FIGURA 63 - PAREDE INTERIOR VIRADA PARA A CAIXA DE ESCADAS.....	87
FIGURA 64 - SEPARAÇÃO NA PAREDE INTERIOR VIRADA PARA A CAIXA DE ESCADAS.	87
FIGURA 65 - DESTACAMENTO DO REVESTIMENTO NA PAREDE JUNTO Á CLARABOIA.....	88

COMPORTAMENTO TÉRMICO

FIGURA 66 - CLASSIFICAÇÃO ENERGÉTICA	90
FIGURA 67 - ENVOLVENTE COM/SEM REQUISITOS.....	91
FIGURA 68 - IDENTIFICAÇÃO TIPO DE PAVIMENTO.....	92
FIGURA 69 - IDENTIFICAÇÃO TIPO DE COBERTURA.....	92
FIGURA 70 - PAREDE DUPLA EXTERIOR DE ALVENARIA DE TIJOLO	93
FIGURA 71 - PAVIMENTO INTERIOR SEM ISOLAMENTO	94
FIGURA 72 - PAVIMENTO INTERIOR SEM ISOLAMENTO E CONSOLA PELO EXTERIOR	95
FIGURA 73 - CAIXILHO ENVIDRAÇADO DE UMA JANELA	95
FIGURA 74 - ELEMENTOS DE BETÃO EM CONTATO DIRETO COM O EXTERIOR	96
FIGURA 75 - ELEMENTOS DE BETÃO EM CONTATO DIRETO COM O EXTERIOR	97
FIGURA 76 - PAREDE DUPLA EXTERIOR DE ALVENARIA DE TIJOLO	100
FIGURA 77 - PAVIMENTO INTERIOR SEM ISOLAMENTO	101
FIGURA 78 - PAVIMENTO INTERIOR SEM ISOLAMENTO E CONSOLA PELO EXTERIOR	101
FIGURA 79 - CAIXILHO ENVIDRAÇADO DE UMA JANELA.....	102
FIGURA 80 - ELEMENTOS DE BETÃO EM CONTATO DIRETO COM O EXTERIOR	103
FIGURA 81 - ELEMENTOS DE BETÃO EM CONTATO DIRETO COM O EXTERIOR	103

ANEXO A

FIGURA 82 - ENVOLVENTE COM/SEM REQUISITOS.....	117
FIGURA 83 - ENVOLVENTE COM/SEM REQUISITOS.....	117
FIGURA 84 - IDENTIFICAÇÃO TIPO DE PAVIMENTO.....	118
FIGURA 85 - IDENTIFICAÇÃO TIPO DE PAVIMENTO.....	118
FIGURA 86 - IDENTIFICAÇÃO TIPO DE COBERTURA.....	119
FIGURA 87 - IDENTIFICAÇÃO TIPO DE COBERTURA.....	119

Índice de tabelas

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

TABELA 1- CLASSES DE RESISTÊNCIA Á COMPRESSÃO DO BETÃO	7
--	---

LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO

TABELA 2 - COORDENADAS GPS	34
TABELA 3 - CONFRONTAÇÕES	34
TABELA 4 - DISTRIBUIÇÃO ARQUITETÓNICA	34
TABELA 5 - IMPLANTAÇÃO	36

ESTRUTURA DE BETÃO ARMADO

TABELA 6 - PRINCIPAIS CARATERÍSTICAS DO BETÃO C16/20 E DO AÇO A400 NR.....	39
TABELA 7 - COEFICIENTES DE ENDURECIMENTO EM FUNÇÃO DA IDADE DO BETÃO	40
TABELA 8 - VALORES PARA AS AÇÕES PERMANENTES EXCLUINDO O PESO PRÓPRIO.....	40
TABELA 9 - CATEGORIAS DE UTILIZAÇÃO DAS DIFERENTES ZONAS DE OCUPAÇÃO DO EDIFÍCIO,.....	41
TABELA 10 - CARACTERÍSTICAS DO LOCAL E DEFINIÇÃO CARGAS UNIFORMEMENTE DISTRIBUÍDAS.	46
TABELA 11 - DETERMINAÇÃO DA ALTURA DA LAJE E COMBINAÇÃO DE AÇÕES.....	47
TABELA 12 - ESTADO LIMITE DE UTILIZAÇÃO.	47
TABELA 13 - CÁLCULO DE ESFORÇOS ATUANTES.	48
TABELA 14 - COMPARAÇÃO ENTRE ESFORÇOS ATUANTES E RESISTENTES.	49
TABELA 15 - CÁLCULO DAS FLECHAS DA LAJE.	50
TABELA 16 - CÁLCULO DA FLECHA INSTANTÂNEA E FLECHA EXISTENTE.	51
TABELA 17 - CÁLCULO DAS AÇÕES SEM CONSIDERAR O PESO PRÓPRIO DA LAJE.	53
TABELA 18 - CÁLCULO DAS AÇÕES.	53
TABELA 19 - COMPARAÇÃO ENTRE FLECHA INSTANTÂNEA E DEFORMADA DESPREZANDO O PP LAJE. ...	54
TABELA 20 - COMPARAÇÃO ENTRE FLECHA INSTANTÂNEA E DEFORMADA.....	54
TABELA 21 - CÁLCULO DAS DEFORMADAS DA LAJE.	57
TABELA 22 - CÁLCULO DAS FLECHAS/DEFORMADA DA LAJE.	57
TABELA 23 - P2 - RESULTADOS OBTIDOS NOS ENSAIOS.....	70
TABELA 24 - P8 - RESULTADOS OBTIDOS NOS ENSAIOS.....	71
TABELA 25 - P9 - RESULTADOS OBTIDOS NOS ENSAIOS.....	72
TABELA 26 - LC - RESULTADOS OBTIDOS NOS ENSAIOS	73
TABELA 27 - LE - RESULTADOS OBTIDOS NOS ENSAIOS	74
TABELA 28 - LPE - RESULTADOS OBTIDOS NOS ENSAIOS	75
TABELA 29 - COMPARAÇÃO ENTRE O BETÃO DE CALCULO E O BETÃO APLICADO EM OBRA; CE-1,00	76
TABELA 30 - CLASSIFICAÇÃO DO BETÃO POR PISO.....	77
TABELA 31 - COMPARAÇÃO ENTRE O BETÃO DE CALCULO E O BETÃO APLICADO EM OBRA; CE-1,45	78
TABELA 32 - CLASSIFICAÇÃO DO BETÃO POR PISO.....	79
TABELA 33 - CLASSIFICAÇÃO DE FISSURAMENTOS.....	86

COMPORTAMENTO TÉRMICO

TABELA 34 - INDICADORES ENERGÉTICOS - ITECONS.....	98
TABELA 35 - INDICADORES DE DESEMPENHO - ITECONS.....	99
TABELA 36 - AVALIAÇÃO – IDENTIFICAÇÃO DE MEDIDAS - ITECONS	99
TABELA 37 - DADOS CLIMÁTICOS - ITECONS	99
TABELA 38 - INDICADORES ENERGÉTICOS - ITECONS.....	104
TABELA 39 - INDICADORES DE DESEMPENHO - ITECONS.....	105
TABELA 40 - AVALIAÇÃO – IDENTIFICAÇÃO DE MELHORIAS - ITECONS	105
TABELA 41 - DADOS CLIMÁTICOS - ITECONS	105
TABELA 42 - INDICADORES DE AQUECIMENTO - ITECONS	106
TABELA 43 - INDICADORES DE ARREFECIMENTO - ITECONS	106
TABELA 44 - MEDIDAS DE MELHORIA – ITECONS.....	106
TABELA 45 - PONTES TÉRMICAS – ITECONS	107
TABELA 46 - BTR ; U – ITECONS	107
TABELA 47 - COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA-U - ITECONS	107

ANEXO B

TABELA 48 – FOLHAS DE CÁLCULO TÉRMICO - ITECONS.....	121
--	-----

Notações

ESTRUTURA DE BETÃO ARMADO

E_c , $E_c(28)$ módulo de elasticidade tangente na origem, $\sigma_c = 0$, para um betão de massa volúmica normal aos 28 dias de idade

$E_{c,eff}$ módulo de elasticidade efetivo do betão

E_{cd} valor de cálculo do módulo de elasticidade do betão

E_{cm} módulo de elasticidade secante do betão

$E_c(t)$ módulo de elasticidade tangente na origem, $\sigma_c = 0$, para um betão de massa volúmica normal à idade t

E_s valor de cálculo do módulo de elasticidade do aço de uma armadura para betão armado

EI rigidez à flexão

EQU equilíbrio estático

F_k valor característico de uma ação

G_k valor característico de uma ação permanente

N_{Ed} valor de cálculo do esforço normal actuante (tracção ou compressão)

P pré-esforço

P_0 valor do pré-esforço inicial na extremidade activa da armadura de pré-esforço, imediatamente após a

aplicação do pré-esforço

Q_k valor característico de uma ação variável

Q_{fat} valor característico da ação de fadiga

R_{se} – resistência térmica superficial exterior $[(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$

R_{si} – resistência térmica superficial interior $[(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$

V esforço transversal

V_{Ed} valor de cálculo do esforço transversal actuante

f_c tensão de rotura do betão à compressão

fcd valor de cálculo da tensão de rotura do betão à compressão

fck valor característico da tensão de rotura do betão à compressão aos 28 d de idade

fcm valor médio da tensão de rotura do betão à compressão

fctk valor característico da tensão de rotura do betão à tração simples

fctm valor médio da tensão de rotura do betão à tração simples

fp tensão de rotura à tração do aço das armaduras de pré-esforço

ft tensão de rotura à tração do aço das armaduras para betão armado

ftk valor característico da tensão de rotura à tração do aço das armaduras para betão armado

fy tensão de cedência à tração do aço das armaduras para betão armado

fyd valor de cálculo da tensão de cedência à tração do aço das armaduras para betão armado

fyk valor característico da tensão de cedência à tração do aço das armaduras para betão armado

fywd valor de cálculo da tensão de cedência do aço das armaduras de esforço transversal

ec extensão do betão à compressão

ec1 extensão do betão à compressão correspondente à tensão máxima f_c

ecu extensão última do betão à compressão

eu extensão do aço da armadura para betão armado ou de pré-esforço correspondente à tensão máxima

euk valor característico da extensão do aço da armadura para betão armado ou de pré-esforço na carga máxima

Ψ coeficientes definindo valores representativos das ações variáveis

Ψ_0 para os valores de combinação

Ψ_1 para os valores frequentes

Ψ_2 para os valores quase-permanentes

qk – ações permanentes

Q_k – ações variáveis

S_{df} – combinação de ações frequente

S_{dqp} – Combinação de ações quase permanente

M_{sd} – momento atuante combinação de ações

M_{sdf} – momento atuante combinação de ações frequentes

M_{sdqp} – momento atuante combinação de ações quase permanentes

V_{sd} – esforço transversal atuante combinação de ações

S_d – combinação de ações

S_{df} combinação de ações frequentes

L - comprimento

M_{rd} – momento resistente combinação de ações

V_{rd} – esforço transversal resistente combinação de ações

M_{fctk} – momento resistente combinação de ações quase permanentes

COMPORTAMENTO TÉRMICO

R – Resistência térmica

λ - Condutividade térmica [$W/m \cdot ^\circ C$]

H_t – coeficiente global de transferência de calor [$W/^\circ C$]

H_{tr} – coeficiente global de transferência de calor por transmissão pela envolvente [$W/^\circ C$]

H_{ve} – coeficiente global de transferência de calor por ventilação [$W/^\circ C$]

N_{ic} – necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento [$kWh/m^2 \cdot ano$]

N_i – necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento de referência [$kWh/m^2 \cdot ano$]

N_{vc} – necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento [$kWh/m^2 \cdot ano$]

N_v – necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento de referência [kWh/m².ano]

$Q_{tr,i}$ – transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento [kWh/ano]

$Q_{ve,i}$ – transferência de calor por renovação de ar na estação de aquecimento [kWh/ano]

$Q_{gu,i}$ – ganhos de calor úteis na estação de aquecimento [kWh/ano]

n_v – fator de utilização dos ganhos

$Q_{g,v}$ – ganhos térmicos brutos [kWh/ano]

U – coeficiente de transmissão térmica [W/m².°C]

R – resistência térmica [m².°C/W]

B_j – desenvolvimento linear [m]

Ψ – coeficiente de transmissão térmica linear [W/m.°C]

B' – dimensão característica do pavimento [m]

D – largura, ou profundidade, do isolamento [m]

U_{bf} – coeficiente de transmissão térmica de pavimentos em contacto com o solo [W/m².°C]

R_{ph} – renovações por hora [h⁻¹]

I_t – inércia térmica [kg/m²]

M_{si} – massa superficial útil [kg/m²]

r – fator de redução da massa superficial útil

s_i – área da superfície interior do elemento i [m²]

R_{Nt} – rácio de classe energética

N_{tc} – necessidades nominais anuais de energia primária [kWhEP/(m².ano)]

N_t – necessidades nominais anuais de energia primário de referência [kWhEP/(m².ano)]

$Q_{tr,i \text{ ref}}$ – transferência de calor por transmissão através da envolvente de referência na estação de aquecimento [kWh/ano]

$Q_{ve,i \text{ ref}}$ – transferência de calor por ventilação de referência na estação de aquecimento [kWh/ano]

$Q_{gu,i \text{ ref}}$ – ganhos de calor úteis na estação de aquecimento [kWh/ano]

U_{ref} – coeficiente de transmissão térmica de referência [W/m².°C]

Ψ_{ref} – coeficiente de transmissão térmica linear de referência [W/m.°C]

b_{tr} – coeficiente de redução de perdas

$R_{\text{ph, ref}}$ – taxa de renovação de ar de referência [h⁻¹]

$n_{v, \text{ref}}$ – fator de utilização de ganhos de referência

$Q_{g, v \text{ ref}}$ – ganhos térmicos de referência na estação de arrefecimento [kWh/ano]

$\theta_{\text{ref, v}}$ – temperatura interior de referência na estação de arrefecimento [°C]

$\theta_{\text{ext, v}}$ – temperatura exterior de referência na estação de arrefecimento [°C]

$H_{\text{tr,v}}$ – coeficiente global de transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento [W/°C]

$\theta_{v,\text{ref}}$ – temperatura de referência para o cálculo das necessidades de energia na estação de arrefecimento [°C]

$\theta_{v,\text{ext}}$ – temperatura média do ar exterior para a estação de arrefecimento [°C]

L_v – duração da estação de arrefecimento [horas]

$R_{\text{ph, v}}$ – taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento [h⁻¹]

$Q_{\text{int,v}}$ – ganhos térmicos associados a fontes internas de calor [kWh]

q_{int} – ganhos térmicos internos médios por unidade de superfície [W/m²]

$Q_{\text{sol,v}}$ – ganhos térmicos associados à radiação solar incidente na envolvente exterior opaca e envidraçada [kWh]

$G_{\text{sol,j}}$ – energia solar média incidente numa superfície com orientação j durante a estação de arrefecimento [kWh/m²]

j – índice correspondente a cada uma das orientações por octante e à posição horizontal

n – índice correspondente a cada um dos elementos opacos e envidraçados, com a orientação j

$F_{s,vnj}$ – fator de obstrução da superfície do elemento n , com a orientação j

g_v – fator solar do vão envidraçado na estação de arrefecimento

α – coeficiente de absorção de radiação solar da superfície do elemento da envolvente opaca

$f_{i,k}$ – parcela das necessidades de energia útil para aquecimento supridas pelo sistema k

$f_{v,k}$ – parcela das necessidades de energia útil para arrefecimento supridas pelo sistema k

Q_a – necessidades de energia útil para preparação de AQS, supridas pelo sistema k [kWh/ano]

$f_{a,k}$ – parcela das necessidades de energia útil para produção de AQS supridas pelo sistema k

n_k – eficiência do sistema k

$E_{ren,p}$ – energia produzida a partir de fontes de origem renovável p, [kWh/ano]

$W_{vm,j}$ – energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores, [kWh/ano]

$F_{pu,j}$ e $F_{pu,p}$ – fator de conversão de energia útil para energia primária, [kWhEP/kWh]

n_d – número anual de dias de consumo de AQS de edifícios residenciais [dias]

f_{eh} – fator de eficiência hídrica

Abreviaturas e Siglas

ESTRUTURA DE BETÃO ARMADO

A/C – Relação água/cimento;

A – Aço;

ASTM - American Society for Testing and Materials;

B – Betão;

C – Classe;

CE – coeficiente de endurecimento;

CTE – Condições técnicas especiais;

EN – Norma Europeia;

EC2 – Euro Código 2;

LE – Leitura no Esclerômetro;

LE – identificação da laje de escadas;

LC – identificação da laje em consola;

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil;

LP2 – designação no projeto para a laje;

LPE – identificação da laje do patamar de escadas;

m² - Metro quadrado;

m³ - Metro cúbico;

m – Metro;

MPa – Mega Pascal;

Nº. – Numero;

NP – Norma Portuguesa;

PP – Peso Próprio;

PVC – Policloreto de vinil;

Px – identificação do pilar;

RBLH – Regulamento de Betões de Ligantes Hidráulicos, 1989;

REBAP – Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado, 1983;

RSA – Regulamento de Segurança e Ações para Estruturas de Edifícios e Pontes;

R/C – Rés-do-chão;

R.B.L.H. – Regulamento de Betões e Ligantes Hidráulicos;

R.E.B.A.P. – Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado;

SPT – Standard Penetration Test;

T – Tipo

COMPORTAMENTO TÉRMICO

A – área [m²];

ACERMI – Association pour la CERTification des Matériaux Isolants;

Ap – área útil de pavimento [m²];

AQS – Águas Quentes Sanitárias;

As,vnj – área efetiva coletora de radiação solar da superfície do elemento n, com a orientação j [m²];

Aw – área total do vão envidraçado, incluindo vidro e caixilho [m²];

e – espessura [m];

ENU – Espaços Não-Úteis;

EPS – Poliestireno expandido;

ETICS - External Thermal Insulation Composite System;

Fg – fração envidraçada do vão envidraçado;

Fig. – Figura;

GD – graus dias

GSul – energia solar média mensal durante a estação, recebida numa superfície vertical orientada a Sul [kWh/(m².mês)];

Isol – energia solar acumulada durante a estação, recebida na horizontal e em superfícies verticais para os quatro pontos cardeais e os quatro colaterais [kWh/m²];

LED – Light Emitting Diode;

NUTS – Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos;

Pd – pé direito médio da fração [m];

PTL – Pontes Térmicas Lineares;

PVC – Policloreto de Vinil;

REH – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação;

RECS – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços

T – temperatura [°C];

SCE – Sistema de Certificação Energética;

SLS estado limite de utilização

ULS estado limite último

XPS – Poliestireno extrudido

1. INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento

Os edifícios nem sempre reproduzem a expectativa criada na execução do projeto. Os projetos são elaborados com o objetivo de que os edifícios tenham o melhor desempenho ao nível do conforto térmico e do ponto de vista do dimensionamento estrutural entre outros. No entanto não se pode deixar de ter em atenção ao custo final, considerando que o produto final só é vendável/eficaz se tiver uma boa relação custo/qualidade.

A procura de espaços habitacionais é cada vez mais exigente em relação ao conforto térmico e aos indícios de saturação estrutural. No que concerne ao desempenho térmico as exigências de qualidade impostas pela legislação têm vindo a aumentar, contrariando as adversas amplitudes térmicas e classificando as habitações em função das opções construtivas, para que o consumidor final tenha conhecimento da qualidade da construção relativamente a esta temática, mesmo desconhecendo as técnicas construtivas e os materiais usados. Já no que concerne às alterações legislativas no cálculo das estruturas de betão armado não são significativas desde o período entre a elaboração do projeto do edifício estudado nesta dissertação e a legislação atual. O REBAP, que ainda está em vigor, mas pode ser substituído pelo EC2 utilizado em diversos países. As alterações, nesta matéria, circunscrevem-se a pequenas melhorias ou simplificações do REBAP.

1.2. Objetivos

Pretende-se com o presente trabalho conhecer, ao nível estrutural e térmico, o efeito das soluções usadas na construção do edifício que serve para estudo. É importante referir que o edifício em estudo tem apenas executadas as fases correspondentes á superestrutura e alvenaria.

Divulgar alguns materiais e métodos construtivos utilizados e/ou alternativos não só na procura da requalificação ao nível energético como na simplificação de métodos construtivos mais eficientes e eficazes.

Pretende-se também comparar o edifício que serve de estudo com o edifício adjacente totalmente concluído, sabendo que ambos têm aproximadamente 15 anos. Avaliar a execução existente e projetar soluções alternativas que ainda possam ser exequíveis no caso do edifício em estudo. Compreender o trabalho efetuado até à data, o seu comportamento e o resultado final fruto da execução do projeto aprovado pelo respetivo município, incluindo avaliar a conformidade da construção no cumprimento integral do projeto de execução de betão armado. Saber se nos trabalhos realizados foram obtidos os parâmetros de qualidade e de segurança exigidos e pré-estabelecidos no dimensionamento dos elementos estruturais pelos cálculos obtidos na elaboração do projeto.

Com este trabalho pretende-se construir um modelo, ao nível térmico, de melhor qualidade, contribuindo para um melhoramento na proposta de execução de futuros trabalhos.

1.3. Metodologia

Para a realização deste trabalho serão executados ensaios locais não destrutivos, levantamentos macroscópicos de eventuais fissuramentos em zonas consideradas críticas da estrutura e serão criadas soluções térmicas adequadas à construção existente.

Os resultados obtidos serão comparados com os calculados efetuados para os diversos elementos estruturais.

1.4. Estrutura da dissertação

O trabalho é constituído por 6 capítulos e 2 anexos.

No 1º capítulo é apresentada a introdução ao trabalho, os objetivos e a metodologia.

No 2º capítulo é feita uma revisão bibliográfica das temáticas abordadas na avaliação do estado do edifício em estudo. São abordados, de

forma sucinta alguns conceitos relacionados com o comportamento do betão e do aço, alguns conceitos estruturais, alguns ensaios passíveis de serem utilizados e conceitos relacionados com o comportamento térmico.

No 3º capítulo é apresentado o edifício objeto de estudo neste trabalho, no que concerne a sua localização, descrição e soluções construtivas adotadas.

No 4º capítulo desenvolvem-se assuntos relacionados com a estrutura do edifício, a sua conceção, os elementos e os materiais utilizados, ensaios, deteção do comportamento estrutural e a análise estrutural. Abordam-se também questões relacionadas com o edifício contíguo.

No 5º capítulo desenvolvem-se estudos relacionados com o comportamento térmico do edifício existente, é considerada uma proposta alternativa e são classificadas energeticamente ambas soluções.

No 6º e último capítulo apresentam-se as principais conclusões do trabalho desenvolvido, bem como propostas de trabalho futuro.

No anexo A apresentam-se a marcação das envolventes do 2º piso e do 3º piso.

No anexo B apresentam-se as folhas de cálculo térmico – IteCons.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Betão

Antes de se abordar o comportamento da estrutura do edifício construído em betão armado convém fazer uma pequena abordagem aos elementos usados na execução da estrutura. O betão é o um dos principais materiais aplicados na construção de edifícios, de pontes, de barragens, de muros de suporte, de estradas, entre outros. É um material formado pela mistura de cimento (ligante), de agregados grossos e finos (britas e areias) e de água, Figura 1. A capacidade de endurecimento da matriz, confere ao material uma coesão e uma capacidade resistente necessária às ações atuantes na construção.

Segundo a norma NP EN 206-1:2007, referente às especificações de desempenho, de produção e de conformidade do betão, define-se betão fresco como aquele que é completamente misturado, que pode ser moldado e compactado. Por seu lado, o betão endurecido é aquele que se encontra sólido e que apresenta uma capacidade resistente substancial - figura 2.

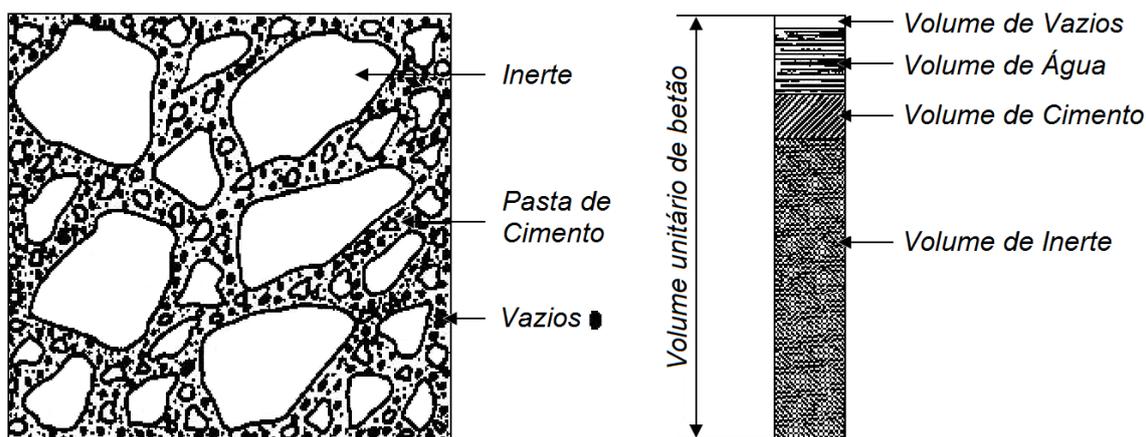


Figura 1 - Esquema representativo do volume unitário de betão
Fonte: Coutinho

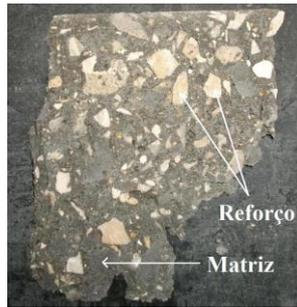


Figura 2 - Betão após endurecimento
Fonte: Coutinho

A pasta de cimento atua no betão como se fosse uma “cola”, ligando entre si as partículas dos agregados.

Como material de construção, o betão oferece muitas vantagens, como a flexibilidade em ser moldado - pode ser estudada a composição e ser utilizado mais/menos fluido -, é económico, com programada durabilidade, resistente ao fogo, possibilidade de ser fabricado no local e aparência estética. As principais desvantagens do betão residem na baixa ductilidade, na baixa resistência á tração e alguma contração.

2.1.1. Resistência á Compressão do Betão

Para a seleção do tipo de betão a utilizar em determinada aplicação, mesmo para obter a melhor resistência á compressão, a sua composição deve ser feita tendo em consideração o ambiente a que a estrutura ou elemento estrutural vai estar sujeito ao longo da sua vida útil, por forma a garantir a durabilidade pretendida.

Os principais fatores que há que ter em conta para uma boa resistência do betão são:

- As propriedades de todos os componentes como o cimento, agregados, adjuvantes e outras adições;
- As proporções dos componentes (relações a/c e agregado/cimento);
- Condições de cura;
- Idade.

Na norma NP EN 206-1:2007 são apresentadas as várias classificações atribuídas ao betão, incluindo a classificação quanto á resistência á

compressão, como se pode ver na Tabela 1. Nessa mesma tabela é visível a resistência esperada para determinada classe correspondente a diferentes tipos de provetes: cilíndricos e cúbicos.

Tabela 1 - Classes de resistência à compressão do betão

Fonte: NP EN 206-1-2007

Classe de resistência à compressão	Resistência característica mínima em cilindros $f_{ck,cyl}$ (N/mm^2)	Resistência característica mínima em cubos $f_{ck,cube}$ (N/mm^2)
C8/10	8	10
C12/15	12	15
C16/20	16	20
C20/25	20	25
C25/30	25	30
C30/37	30	37
C35/45	35	45
C40/50	40	50
C45/55	45	55
C50/60	50	60
C55/67	55	67
C70/85	70	85
C80/95	80	95
C90/105	90	105
C100/115	100	115

2.1.2. Comportamento do Betão

Analisando o gráfico da figura 3 pode-se concluir que o betão é um material que possui um bom comportamento e resistência à compressão, com um comportamento “quase linear” para níveis de tensões baixos a médios, e uma baixa resistência à tração. A fraca resistência à tração é a responsável pela rotura do betão simples.

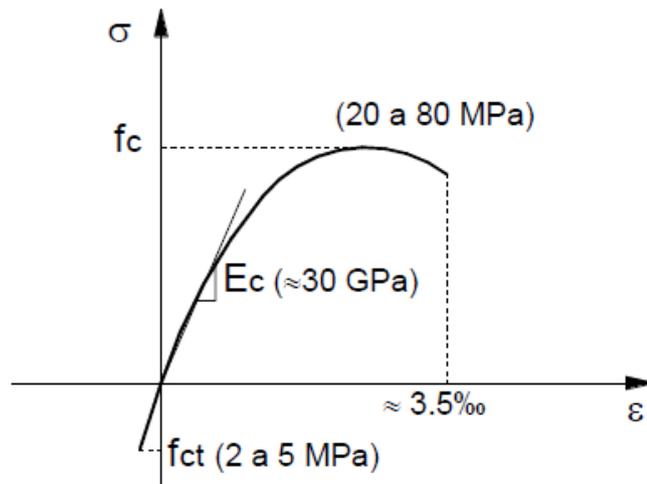


Figura 3 - Comportamento do betão simples à compressão e à tração
 Fonte: Apontamentos Teóricos UTAD

f_c – tensão de rotura do betão à compressão
 f_{ct} – tensão de rotura do betão à tração
 E_c – módulo de elasticidade do betão

2.2. Aço

O aço é um material dúctil com uma boa resistência à tração, mas também à compressão. Por outro lado, a sua disposição em varões permite um bom envolvimento pelo betão e, conseqüentemente, condições para uma boa aderência entre os materiais. Nas figuras 4 e 5 podemos observar o comportamento do aço relativamente às tensões/extensões.

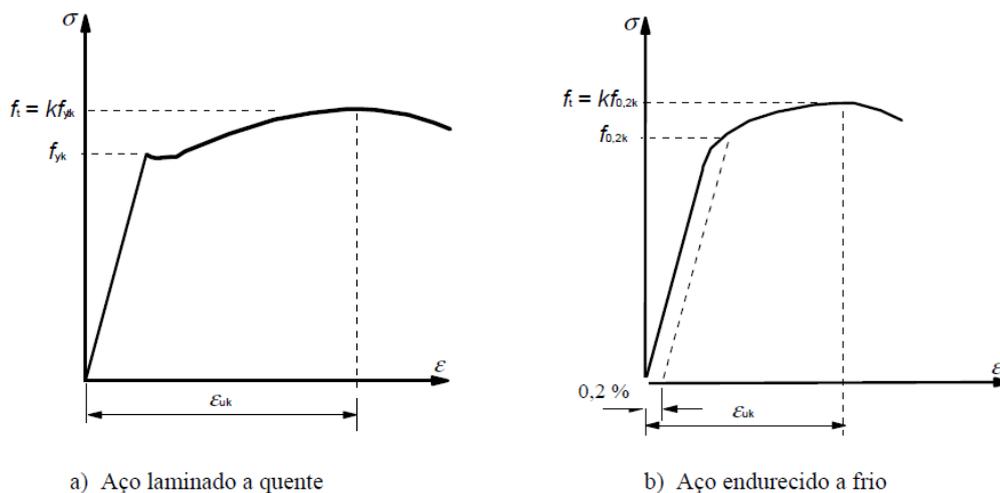


Figura 4 - Diagrama tensões-extensões do aço típico de armaduras para betão armado
 Fonte: EC2

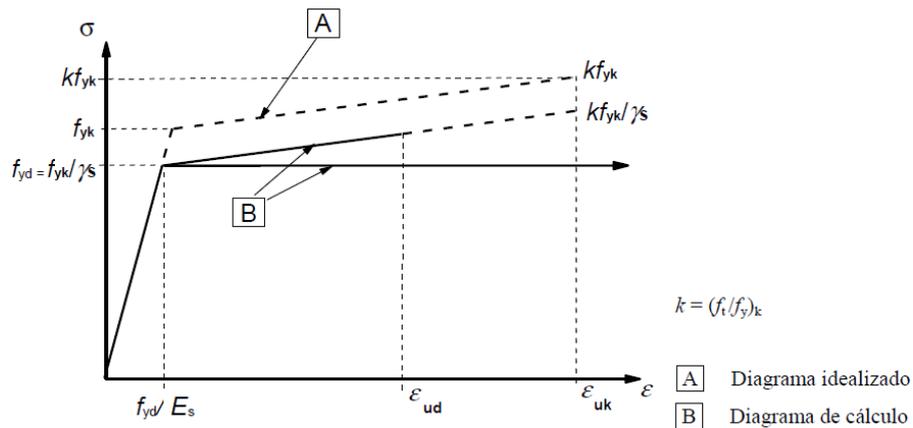


Figura 5 - Diagramas tensões-extensões do aço das armaduras para betão armado (tracionado ou comprimido).
 Fonte: EC2

Tanto a ação dos cloretos presentes como a carbonatação do betão e ainda as correntes parasitas nas armaduras, originam a corrosão das armaduras.

Pode-se afirmar que a alcalinidade do betão é uma das principais razões químicas porque este é considerado um material de construção durável - Broomfield, 2003. O autor concorda com esta afirmação, mas realça que existem outras razões que contribuem para esse facto, como o de o betão proteger o aço das ações químicas e de os coeficientes de dilatação térmica do aço e do betão serem idênticos às temperaturas normais.

2.3. Ensaios

2.3.1. Tipos de ensaio

2.3.1.1. Ensaio Destrutivo

Para se efetuar o ensaio de resistência à compressão é necessário que durante a realização de uma obra seja recolhido betão antes de se efetuar a betonagem - colocação do betão fresco para enchimento dos elementos estruturais e resistentes em zonas limitadas com cofragens - do qual se extraem provetes normalizados para posterior ensaio em laboratório.

Quando se procede a este ensaio há que observar a forma como o provete rompe. Quatro faces expostas deverão ficar fissuradas aproximadamente da mesma forma, enquanto que as outras duas que estão

em contacto com os pratos da prensa sofrem, geralmente, apenas alguns danos. Nas figuras 6 e 7 são apresentados alguns exemplos de ruturas que possam suceder durante este ensaio.

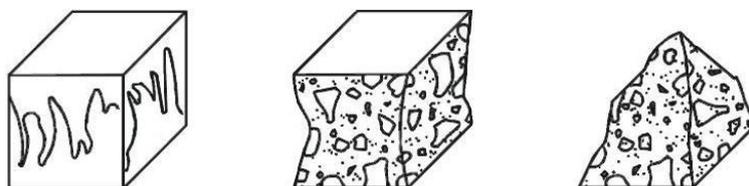


Figura 6 - Exemplos de ruturas de provetes cúbicos - satisfatórias.
Fonte: NP EN 12390-3:2009

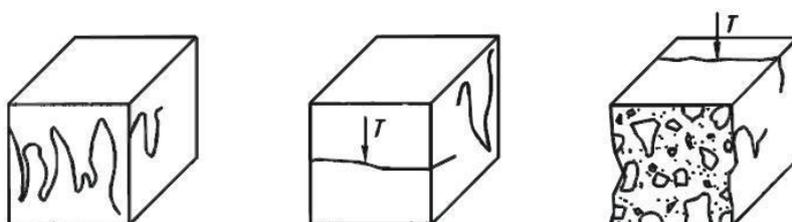


Figura 7 - Exemplos de ruturas de provetes cúbicos - não satisfatórias.
Fonte: NP EN 12390-3:2009

Estes testes são efetuados com betão colocado em obra, supondo-se representar o betão presente nas estruturas. Por vezes verifica-se que a sua resistência na estrutura é menor que a obtida em ensaios de provetes normalizados devido a defeitos na aplicação, na cura e outros fatores que diferenciam as condições reais dos modelos que tendem a aproximar-se da realidade.

Muitas vezes é desejável ter a noção exata da real resistência do betão na estrutura (in situ). É o caso particular de suspeita de baixos níveis de resistência devido á má preparação das referidas amostras, o aparecimento de fendas ou outros sinais de perigo na estrutura que possam justificar a investigação do material aplicado. Outras vezes existem também alterações aquilo que inicialmente teria sido projetado para determinada obra, tentando aumentar as cargas admissíveis pela mesma, sendo para isso necessário um estudo da resistência do betão e da posição e tamanho da armadura de aço.

2.3.1.2. Ensaio Semi-Destrutivo

A forma mais correta de medir a resistência do betão "in situ" seria obtendo carotes cilíndricos do elemento estrutural pretendido da estrutura usando uma broca de diamante conforme indica a figura 8 e 9. As carotes podem conter um pouco de aço embutido sendo, por isso, devidamente inspecionadas e retificadas segundo a norma em vigor. Embora esta possa parecer uma forma perfeitamente clara de avaliar a qualidade do betão, há uma série de problemas na interpretação dos resultados obtidos que não vão ser referidos pois não é o que se pretende com esta dissertação.



*Figura 8 - Extração de carotes cilíndricos.
Fonte: "Net" (Sem identificação)*



*Figura 9 - Carotes cilíndricos.
Fonte: "Net" (Sem identificação)*

Estas carotes devem ser extraídas de diversos elementos estruturais de diferentes designações - pilares, vigas, lajes, muros, etc. – como também se deve extrair de diversos elementos estruturais com a mesma designação.

Para se conseguir uma boa análise da resistência do betão “*in situ*” é necessário, para o ensaio ser minimamente credível, de muitas carotes, o que torna este processo caro e demorado e pode comprometer a estabilidade da estrutura. A obtenção das mesmas não é fácil, havendo restrições quanto às zonas de onde possam ser retiradas, pelo facto de este processo poder comprometer a estabilidade da estrutura, apesar de a deixar sempre de certa forma danificada, sendo necessária a sua reparação.

Os resultados obtidos com este processo são considerados mais reais que os do ensaio de compressão, a provetes normalizados, e também do que o ensaio não destrutivo.

2.3.1.3. Ensaio Não Destrutivo

Têm sido estudados outros métodos que possibilitam a análise da resistência do betão “*in situ*” sem que a peça estrutural a ser avaliada fique danificada, ou que fique com pequenos danos que possam ocorrer que, para além de serem facilmente reparáveis, não comprometam o desempenho do estrutural nem do material. São, por isso, considerados não destrutivos.

Os ensaios não destrutivos de uma forma geral têm a desvantagem de não medir a resistência á compressão e sim outras propriedades que se supõe correlacionadas coma resistência à compressão (Castro, 2009).

Um desses métodos, que é muitas vezes utilizado em todo o mundo, com muitos exemplos na “internet”, que se adapta a estudos de edifícios construídos ou pelo menos com a superestrutura executada, com um baixo custo, simplicidade na utilização e rapidez nos resultados, é o ensaio esclerométrico.

O ensaio esclerométrico mede a dureza superficial do material e foi desenvolvido em 1948 pelo engenheiro suíço Ernest Schmidt, ficando o aparelho nele utilizado conhecido mundialmente por “Schmidt Hammer” (Machado, 2005).

A exemplo de outros métodos não destrutivos, neste método a avaliação da resistência do betão é feita através de uma correlação de valores obtidos entre este e o ensaio de resistência á compressão de provetes normalizados.

Na figura 10 vê-se um esclerómetro, da marca "seta", e o respetivo mostrador com possíveis leituras. Efetua-se a leitura e no próprio aparelho de medida existe geralmente uma curva correlação como a da figura 11.



Figura 10 - Esclerómetro



Figura 11 - Relação entre a resistência á compressão de cubos em N/mm^2 (MPa) e a dureza ao choque, fornecida pelo fabricante para o uso de esclerómetros Schmidt.

Esta relação entre a resistência á compressão de cubos e a dureza ao choque (dureza superficial) encontra-se afetada nomeadamente com fatores relacionados com a própria resistência do betão. No entanto, durante a realização de um ensaio esclerométrico, os resultados obtidos podem ser afetados pela rugosidade da superfície, pela humidade do betão, pela concentração de agregado grosso na superfície, pela posição da armadura e pela posição do esclerómetro (Castro, 2009).

Com base nos resultados obtidos em vários ensaios e na tentativa de se encontrar a melhor correlação para determinado tipo de betão, vários investigadores apresentaram propostas de curvas determinadas com base nos resultados obtidos nos seus ensaios. Essas curvas são obtidas através da determinação de uma linha de tendência num gráfico que relaciona o ensaio esclerométrico com o de resistência á compressão.

2.3.2. Avaliação de resistência através da dureza superficial

2.3.2.1. Descrição do método

Avaliação de resistência através da dureza superficial é um ensaio não destrutivo que é realizado com um aparelho chamado Esclerómetro, pelo que, é atribuído ao ensaio o nome de Ensaio Esclerométrico.

O método da esclerometria é também conhecido pelo método de *rebound hammer method* ou de *Esclerómetro de Schmidt*, sendo este ultimo nome dado pelo Engenheiro suíço Ernest Schmidt, que em 1948 desenvolveu o primeiro modelo de martelos de Schmidt.

Atualmente encontram-se no mercado uma panóplia de esclerómetros homologados e produzidos por diversos fabricantes, fruto de uma evolução tecnológica e de vários estudos elaborados e testados por diversas entidades.

Este método encontra-se normalizado pela ACI 228.1R-03 e ASTM C805-02.

O método e os procedimentos para a determinação do índice esclerométrico em estruturas de betão são descritos na NP EN 12504-2

O ensaio consiste em comprimir a barra de percussão do esclerómetro contra a superfície do betão, uma massa (martelo) com uma mola que adquire uma quantidade de energia devido à extensão da mola até uma determinada posição conforme Figura 12.

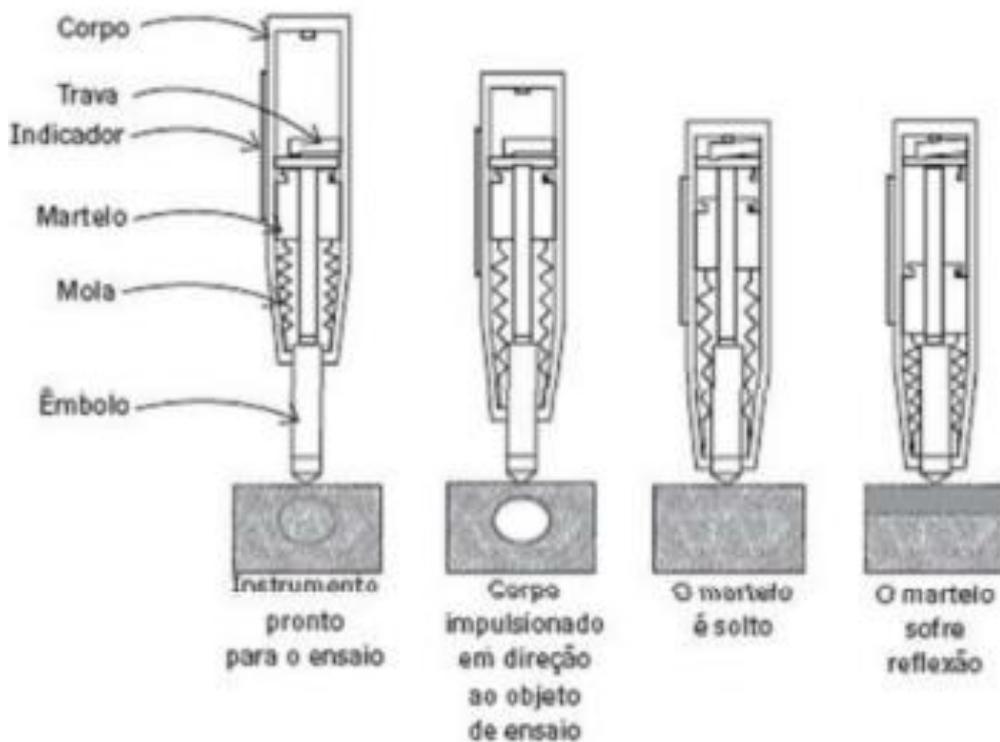


Figura 12 - Ilustração da sequência de execução do ensaio de Esclerometria (Moura, 2012)

No fundo o que acontece com o êmbolo não é mais do que uma lei simples de física, toda a ação tem uma reação da mesma intensidade e de sentido contrário.

Quando a mola se solta, a massa faz ricochete ao embater contra a barra de percussão, ainda em contato com o betão. A distância percorrida pela massa no retorno, em percentagem da deformação inicial da mola, é denominada índice esclerométrico (IE) (Neville, 1997).

$$IE = \left(\frac{\delta_r - \delta_0}{\delta_i - \delta_0} \right) = \frac{\Delta r}{\Delta i}, \text{ Sendo:}$$

δ_0 - Distância da massa do esclerómetro, não ativada, à superfície a ensaiar, ou seja, alongamento inicial de referência do êmbolo do Esclerómetro.

δ_i - Distância da massa do esclerómetro, pronto a disparar, à superfície a ensaiar;

δ_r - Distância da massa do esclerómetro, devido à mola se encontrar tensionada devido ao ressalto provocado pelo betão;

$\Delta i = (\delta_i - \delta_0)$ - deslocamento antes do impacto

$\Delta r = (\delta_r - \delta_0)$ - deslocamento após o ressalto

A relação $\left(\frac{\Delta r}{\Delta i}\right)$, geralmente é expressa com percentagem (%), sendo adotada como a variável independente para fazer a correlação com a resistência do betão.

Simplificando toda a ação e após se efetuar a leitura no aparelho, recorreremos a um ábaco (Figura 13), normalmente colada na parte lateral do aparelho e fornecida pelo fabricante, para se estimar a resistência à compressão do material ensaiado.

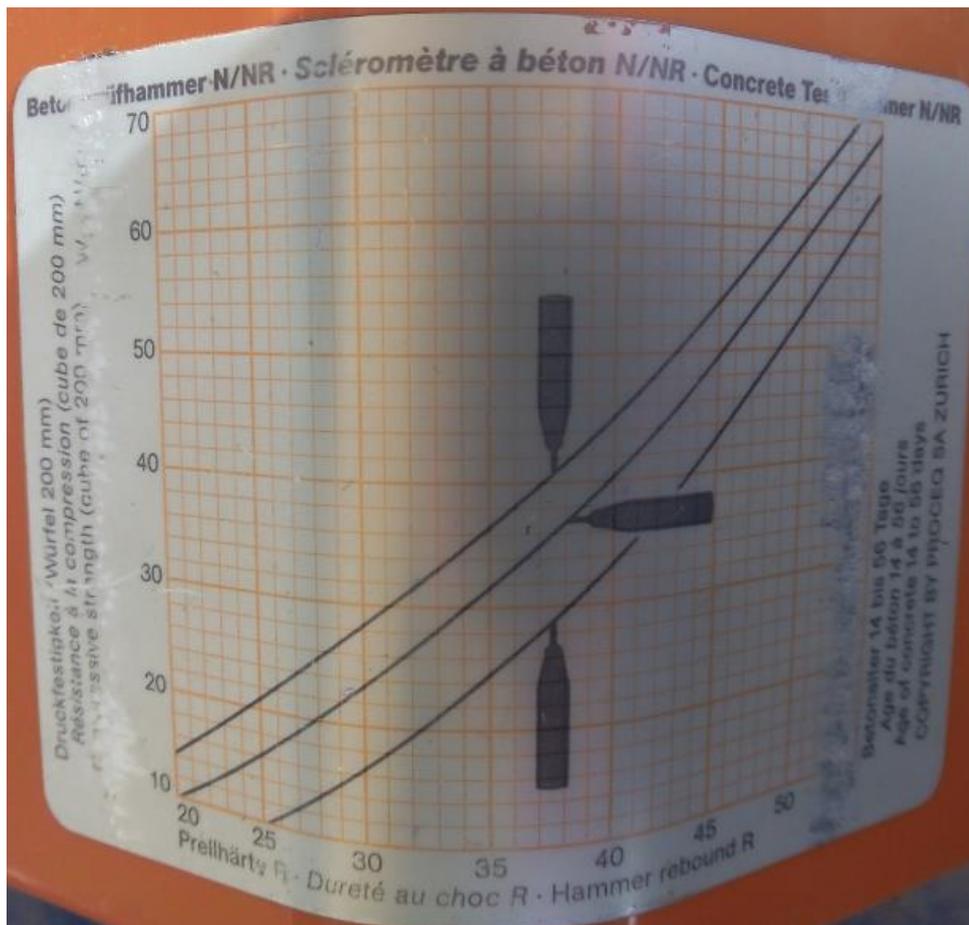


Figura 9 - Ábaco de correlação do martelo de Schmidt (Moura, 2012)

O esclerómetro deve ser usado preferencialmente na forma ortogonal em relação à área de ensaio. Mas, para cada posição, tanto na vertical de cima para baixo, como na vertical de baixo para cima assim como na horizontal existe uma linha para cada posição no Ábaco de Correlação com a correspondente correção do índice esclerométrico para o índice esclerométrico efetivo, pelo fato de os resultados serem afetados pela influência da gravidade sobre a força da mola do esclerómetro.

Outros modelos existentes no mercado diferem na rigidez da mola e na massa do martelo, permitindo assim testar várias energias de impacto em diversos materiais.

2.3.2.2. Aplicações

O principal objetivo deste ensaio é a medição da resistência à compressão do betão, avaliando as suas propriedades mecânicas, através da medição da dureza superficial. É também frequentemente utilizado para avaliar a homogeneidade do betão.

2.3.2.3. Parâmetros que influenciam os resultados

Sendo um ensaio que mede a dureza superficial, é pertinente referir que este ensaio apenas mede o ressalto numa certa massa superficial do betão, os resultados refletem somente a qualidade da superfície e não da profundidade da secção que está a ser testada. Os resultados são assim afetados pela irregularidade da superfície de teste o tipo de agregado e ainda pela idade do betão testado, a sua humidade, o tipo de cimento, a carbonatação bem como um eventual movimento da peça durante o ensaio.

Este ensaio apenas indica as propriedades da camada superficial do betão com cerca de 20mm ou 30mm de profundidade (Câmara, 2006).

A rugosidade da superfície tem um efeito preponderante na precisão dos resultados. Se o teste for realizado numa superfície rugosa, a ponta do percutor poderá causar esmagamento excessivo da mesma, o que resultará na redução do índice esclerométrico medido. Para obter resultados mais precisos, deverá retificar-se a superfície a testar, tornando-a mais lisa.

A dureza superficial do betão aumenta rapidamente nos primeiros 7 dias, a partir dos quais se verifica um crescimento menor. Contudo, como é conhecido, para o betão curado adequadamente, há um aumento significativo da resistência depois dos 7 dias, devido às reações de hidratação do cimento.

Deve ter-se especial precaução no caso de se testarem betões com menos de três dias de idade ou com resistência à compressão menor do que 7 MPa, visto que o valor do índice esclerométrico vem demasiado baixo e o erro introduzido é elevado. Nesta situação, o martelo esclerométrico poderá deixar marcas visíveis na superfície do betão aquando do impacto.

Segundo Bungey (1989), este método não deve ser aplicado em betões com resistência à compressão inferiores a 10MPa.

O teor de humidade do betão tem um profundo efeito nos resultados do teste esclerométrico. Provetes testados em condições saturadas mas com superfície seca, geralmente mostram índices esclerométricos mais baixos do que os dos provetes secos ao ar (Crawford, 1997).

O tipo de cimento tem também um efeito significativo no índice esclerométrico, já que, para betões de agregados correntes, a resistência do cimento é um fator determinante na resistência do betão com ele produzido.

O índice esclerométrico é significativamente afetado pela carbonatação superficial do betão. Os valores para um betão carbonatado podem ser 50% superiores aos obtidos num betão não carbonatado. Os efeitos da carbonatação são, em geral, mais severos para os betões mais antigos, onde a espessura carbonatada pode ter vários milímetros de espessura, em casos extremos pode atingir valores superiores a 20mm (Sampaio, 2010).

Quando se testam zonas onde o agregado grosso se encontra junto à superfície ensaiada, obtêm-se leituras anormalmente elevadas, já que o agregado é muito mais rígido do que a pasta de cimento. Logo deve-se fazer uma quadrícula com vários ensaios no mesmo elemento estrutural, conforme exemplifica a figura 14.



Figura 14 - Pretende-se neste exemplo fazer 9 ensaios

Quando os resultados são extremamente altos ou extremamente baixo que a média deveram ser ignorados no cálculo da média das leituras realizadas.

Os elementos a ensaiar têm que pertencer a uma estrutura fixa, devem ser rigidamente fixos. Qualquer movimento causado pelo impacto do esclerómetro resulta na diminuição do índice esclerométrico.

2.3.2.4. Vantagens e limitações

A facilidade de manuseio, o baixo custo do equipamento, a rapidez com que os dados são obtidos e danos praticamente nulos à superfície ensaiada, podem ser citadas como algumas das vantagens desse ensaio. Pequenas marcas na superfície ensaiada podem ocorrer em betões de baixas idades ou baixas resistências.

Este método ajuda na avaliação da uniformidade superficial do betão, no monitoramento da resistência do elemento ao longo do tempo, além de estimar a resistência. Tem a limitação ocasionada pela carbonatação do betão que, com o passar do tempo atinge uma certa camada superficial da peça, influenciando nos índices esclerométricos (Câmara, 2006).

2.4. Térmico

A obrigatoriedade da certificação energética dos edifícios ganhou elevada importância na execução de novas edificações e na reconstrução/remodelação de antigas construções. Daí que tem vindo a ser estudada ao longo destes últimos anos e tem sido objeto de alguma investigação. Neste subcapítulo apresenta-se uma recolha bibliográfica de diversos estudos realizados, que permitem o enquadramento deste trabalho, dando a conhecer alguns conceitos, em termos de conclusão, com o intuito de avaliar a qualidade térmica dos edifícios.

2.4.1. Anomalias associadas ao deficiente isolamento térmico

Em edifícios, as condensações superficiais ocorrem sobretudo na estação de Inverno devido á falta de ventilação ou de aquecimento interior, sempre que as faces interiores das paredes exteriores se encontram a uma temperatura inferior à temperatura ponto de orvalho, para os valores da temperatura e da humidade relativa verificados no interior.

No caso de soluções de paredes heterogéneas, as condensações superficiais verificam-se inicialmente em zonas de ponte térmica, como exemplo temos a figura 15 vista pelo interior e a figura 16 vista pelo exterior, progredindo posteriormente para a zona corrente da parede, quando esta tem, globalmente, insuficiente isolamento térmico [(Aguiar, 2004); (Appleton, 2011); (Henriques, 2007)].



Figura 15 - Três pontes térmicas (interior) – pilares; viga; caixa de estore



Figura 16 - Três pontes térmicas (exterior) – pilares; viga; caixa de estore

Os paramentos com humidade superficial são propícios à formação e desenvolvimento de fungos e bolores, que formam manchas negras nas paredes e tetos. Nos edifícios antigos, estas anomalias podem ser agravadas por falta de manutenção.

É de prever que num estado mais avançado, a humidade presente na superfície do elemento construtivo afete as características dos materiais constituintes, especialmente os acabamentos interiores e elementos de madeira das fachadas ou em contato com estas e o revestimento do teto.

Posteriormente, as condensações superficiais podem dar origem a condensações internas, uma vez que as paredes de edifícios antigos são constituídas por materiais porosos e que são portanto permeáveis ao vapor de água. O vapor de água, ao atravessar a parede por difusão, condensa no seu interior sempre que a pressão parcial do vapor de água iguala a pressão de saturação correspondente à temperatura ambiente. As condensações interiores podem não originar anomalias visíveis, mas conduzem muitas vezes à degradação interior da parede. Além disso, a humidade aumenta significativamente a condutibilidade térmica dos materiais, logo a água condensada na parede diminui a sua resistência térmica, comprometendo o conforto térmico do espaço habitacional [(CCE, 2000), (Henriques, 2007)] .

2.4.2. ETICS (*External Thermal Insulation Composite System*)

O sistema ETICS (*External Thermal Insulation Composite System*) é aplicado pelo exterior da fachada e é formado por placas de isolamento térmico fixos ao paramento exterior, por colagem e/ou fixação mecânica (através de buchas de fixação conforme recomendação do fabricante). Estas são revestidas com um reboco delgado armado com uma malha mineral flexível, tal como fibra de vidro, aplicada diretamente sobre as placas de isolamento térmico. Por fim é aplicado um acabamento final, embora no caso do isolamento térmico em cortiça, este também possa servir de acabamento final. Na figura 17 pode-se ver como se aplica o sistema ETICS junto a um peitoril.



Figura 17 - ETICS - pormenores

Os acabamentos em ETICS são por norma mais espessos e com mais resistência mecânica que um acabamento vulgar. Revestem todas potenciais pontes térmicas, com acabamento a tinta de areia, contribuindo para a resistência mecânica e estanqueidade à penetração de água do sistema, sem no entanto comprometer a permeabilidade ao vapor de água da fachada (Silva, 2012).

No sistema ETICS o material de isolamento térmico varia assim como o modo de fixação. A solução corrente é constituída por **placas revestidas por um reboco delgado** de ligante sintético ou misto, aplicado pelo menos em duas camadas, espaçadas por, normalmente, uma rede de fibra de vidro. A camada de base armada é sobreposta por uma camada de primário à base de resinas em solução aquosa, seguida de uma camada de acabamento,

sendo esta normalmente um revestimento plástico espesso. O primário tem como função melhorar a aderência do acabamento, contudo nem todas as soluções de isolamento térmico por ETICS requerem a sua utilização. A Figura 18 apresenta esquematicamente essa solução na ligação entre dois pisos.

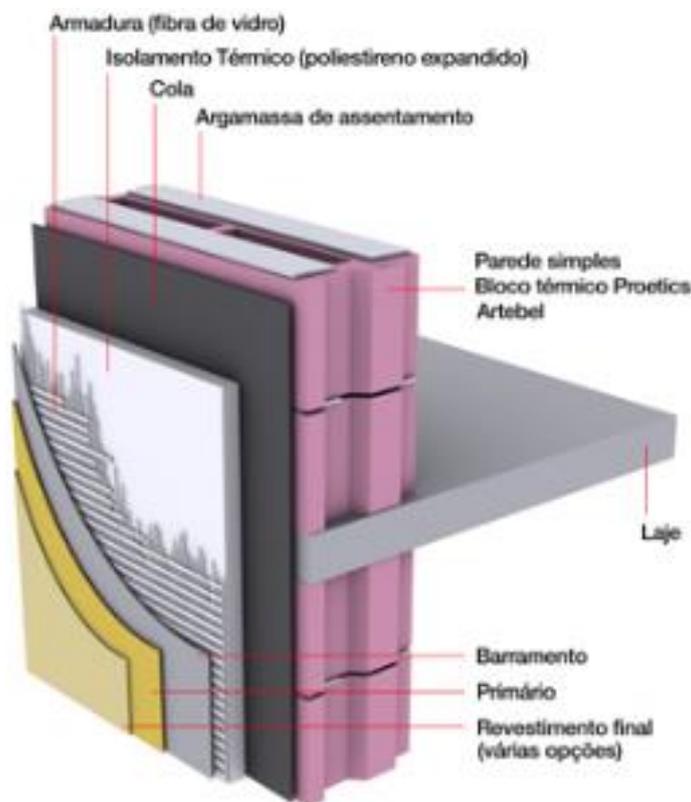


Figura 18- ETICS - solução corrente

Na figura 19 podemos ver o sistema armado com uma malha metálica ou rede de fibra de vidro, que deverá ter pontualmente ligações mecânicas ao suporte, através de grampos ou cavilhas. Normalmente utiliza-se o MW ou o EPS como isolamento térmico deste sistema. As placas de isolamento térmico devem possuir ranhuras na sua face exterior, de forma a permitir uma melhor aderência ao revestimento. O acabamento final poderá ser um revestimento delgado plástico ou acabamento em tinta.

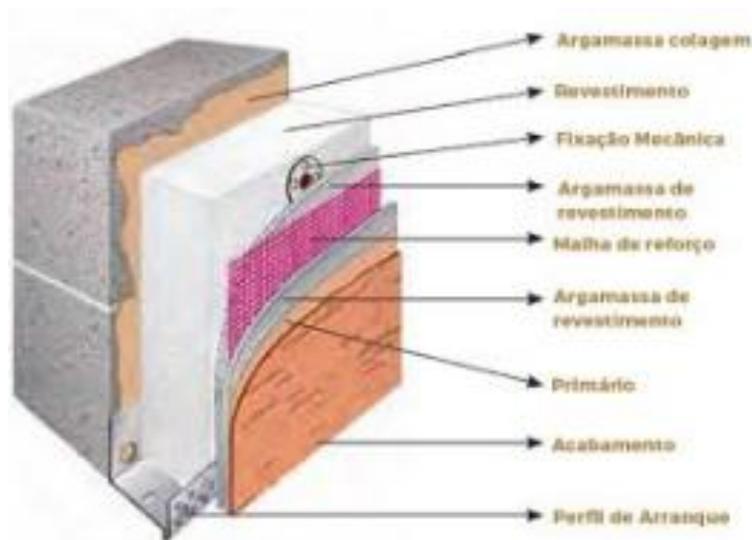


Figura 10 - ETICS – sistema com MW ou EPS com fixação mecânica

2.5. Projeto

Para construir um edifício é necessário idealizar o que se pretende em desenho. Para isso é necessário executar um projeto antes do início da execução da obra. O projeto é constituído por diversas áreas de intervenção dividido em arquitetura e as restantes especialidades (estrutura, eletricidade, hidráulico, térmico, arranjos exteriores, etc.), sendo que as especialidades necessárias são em função do edifício pretendido e do local a implantar o respetivo edifício. Por isso é importante compreender a diferença entre os diferentes projetos e as diferentes fases para entender melhor a interação entre eles e a finalidade de cada um.

2.5.1. Programa preliminar

O Programa preliminar contém, além de elementos específicos constantes da legislação e regulamentação aplicável, os elementos constantes na Portaria n.º 701-H/2008 – artigo 2º, podendo alguns destes ser dispensados consoante a obra a projetar.

O Programa Preliminar é um resumo dos principais objetivos propostos pelo cliente, discriminando as características gerais pretendidas para a obra, cada um dos espaços a projetar, as suas inter-relações e o seu modo de funcionamento.

2.5.2. Programa Base

O Programa base é apresentado de forma a proporcionar ao Dono da Obra a compreensão clara das soluções propostas pelo Projetista, com base nas indicações expressas no programa preliminar (Portaria n.º 701-H/2008 – artigo 4º), é a primeira fase do processo.

2.5.3. Estudo Prévio

No estudo prévio desenvolvem-se as soluções aprovadas no Programa base, sendo constituído por peças escritas e desenhadas e por outros elementos informativos, de modo a possibilitar ao Dono da Obra a fácil apreciação das soluções propostas pelo Projetista e o seu confronto com os elementos constantes naquele (Portaria n.º 701-H/2008 – artigo 5º).

O Estudo Prévio compreende a segunda fase do processo, a qual tem como objetivo chegar a soluções formais que se enquadrem nos objetivos propostos. Nesta fase procura-se integrar as especificidades funcionais do programa e as exigências dos diferentes sistemas que ele incorpora - estruturas, ventilações, iluminação, abastecimento e drenagem de águas e outros mediante as necessidades de cada obra - na conceção arquitetónica do edifício. São produzidas peças desenhadas, que comprovem a exequibilidade do projeto, ainda sem definições construtivas. Para maior facilidade de visualização por parte do dono de obra poderão ser apresentadas maquetas da solução proposta. Alcançados que estejam os requisitos do cliente o estudo prévio dá origem a uma nova fase: o Anteprojeto.

2.5.4. Anteprojeto ou Projeto Base

No Anteprojeto, ou Projeto base, desenvolve-se a solução definida no Estudo prévio aprovado, sendo constituído por peças escritas e desenhadas e outros elementos de natureza informativa que permitam a conveniente definição e dimensionamento da obra, bem como o esclarecimento do modo da sua execução (Portaria n.º 701-H/2008 – artigo 6º)

A fase de Anteprojeto pressupõe o desenvolvimento do estudo prévio pela definição de todos os fatores importantes da arquitetura e das

engenharias. As alternativas estudadas terão um grau de desenvolvimento maior que no estudo prévio, incorporando já soluções construtivas estruturais e infraestruturais. Nesta fase preparam-se todas as peças escritas e desenhadas para a entrega do Projeto Base á entidade licenciadora, sendo apenas apresentado 1 exemplar da proposta.

2.5.5. Projeto de Execução

No Projeto de execução desenvolve-se o Projeto base aprovado, sendo constituído por um conjunto coordenado das informações escritas e desenhadas de fácil e inequívoca interpretação por parte das entidades intervenientes na execução da obra, obedecendo ao disposto na legislação e regulamentação aplicável (Portaria n.º 701-H/2008 – artigo 5º).

O Projeto de Execução constitui a quarta fase no desenvolvimento do projeto, e tem como objetivo a apresentação do projeto para Licenciamento na Câmara Municipal, incluindo peças escritas e desenhadas em número pedido pela entidade respetiva, ao nível de rigor necessário para a construção. Durante este período o coordenador encarrega-se da coordenação de todas as especialidades envolvidas. A finalização desta etapa é atingida com a elaboração das peças escritas e desenhadas necessárias para o início da construção da obra. Estas compreendem um mapa de acabamentos com a definição de todos os revestimentos da construção, um caderno de encargos com a discriminação de todos os procedimentos construtivos, um mapa de medições com a quantificação de cada um dos artigos do caderno de encargos, desenhos gerais e diversos desenhos de pormenor com a representação de todos os detalhes técnicos, mapas de vãos interiores e exteriores e mapas de casas de banho. Serão entregues 3 exemplares do projeto, um para o cliente e dois para a obra. Com base nestes documentos, o cliente pode solicitar propostas de orçamento a diversos construtores, escolhendo a que melhor salvaguardar os seus interesses.

2.5.6. Assistência Técnica á Obra

A última etapa no desenvolvimento do projeto é a Assistência Técnica à Obra, durante a qual a equipa projetista se mantém disponível para o esclarecimento de dúvidas que possam surgir durante o período de

construção da obra. Serão realizadas visitas à obra caso o desenvolvimento desta o justifique.

2.5.7. Execução da Obra

Para que uma obra seja bem executada é importante cumprir o projeto de execução corretamente. No entanto, no decorrer da obra, podem surgir problemas e há que tomar medidas para os solucionar dentro das boas práticas de obra. Assim sempre que ocorra um erro de obra este poderá ser detetado no imediato pelo diretor de obra ou pelo diretor de fiscalização.

Pode ser possível que o problema seja solucionado de imediato sem prejudicar o bom funcionamento dos trabalhos, tanto relativamente a nível de prazos contratuais como do ponto de vista estrutural e arquitetónico. Pode haver erros que ao serem corrigidos trazem custos muito graves para o empreiteiro. Nesse caso deverá ser solicitada a assistência técnica à obra do autor do projeto. A eles incumbirá decidir o tipo de medida a adotar de modo a salvaguardar o interesse do projeto e do dono de obra. Todos os acontecimentos deveram ficar registados no livro de obra.

Nem sempre os projetos possuem todos os elementos necessários para os vários cenários que podem surgir durante a execução da obra. A título de exemplo, só se pode analisar a consistência do solo após a movimentação de terras. Por isso é comum na execução das obras de construção de edifícios novos só ser analisado o solo depois do respetivo movimento de terras.

É também possível que um produto possa deixar de ser fabricado ou por razões anormalmente especulativas atinja preços proibitivos. Nesse caso o diretor de fiscalização deve comunicar o facto ao fiscal e ao projetista para que em conjunto com o dono de obra se encontrem alternativas de qualidade para o efeito. Uma boa informação existente na elaboração do projeto, atenta a todos os pormenores, e uma boa relação profissional entre todos os intervenientes é um motivo para que seja ultrapassada a dicotomia de interesses e que a obra seja bem executada.

2.6. Obra

Na figura 20 podemos ver, através de uma forma criativa e com animação, que o projeto é a base de todo trabalho na execução de uma obra. O trabalho anterior á execução da obra propriamente dita, é importante para que o produto final se aproxime, tanto quanto possível, da perfeição.



Figura 20 - Estaleiro de Obra

2.6.1. Verificação da conformidade entre diferentes especialidades

A função do coordenador é muito importante para que todos os projetos sejam analisados em conjunto prevenindo e evitando erros que podem, inclusive, prejudicar a integridade estrutural da edificação, como tubos a passar no meio de vigas reduzindo a sua capacidade resistente, quando os elementos estruturais não coincidem ao sobrepormos o projeto estrutural e o arquitetônico.

2.6.2. Assistência à execução

É nesta fase que a construção finalmente toma forma. A execução não é isolada das fases anteriores: pode haver revisões de projetos, prazos, custos e mudanças na legalização da obra. Apesar disso, com um

planeamento bem feito e projetos bem consolidados, a realização tende a ser facilitada.

Cada vez mais, as tecnologias têm sido utilizadas para simplificar a elaboração das fases de um projeto de construção. Como o volume de informações é muito grande, o uso de tecnologia na construção pode ajudar a melhorar a comunicação e a identificação de problemas, além de outras melhorias.

Esses avanços tecnológicos também auxiliam o diálogo entre diversos setores e colaboradores na elaboração de projetos.

3. LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO

3.1. Localização

O edifício situa-se em uma artéria da área urbana de Mirandela no distrito de Bragança representado nas figuras 21, 22 e 23.



Figura 21 - Localização – Distrito de Bragança - Mirandela

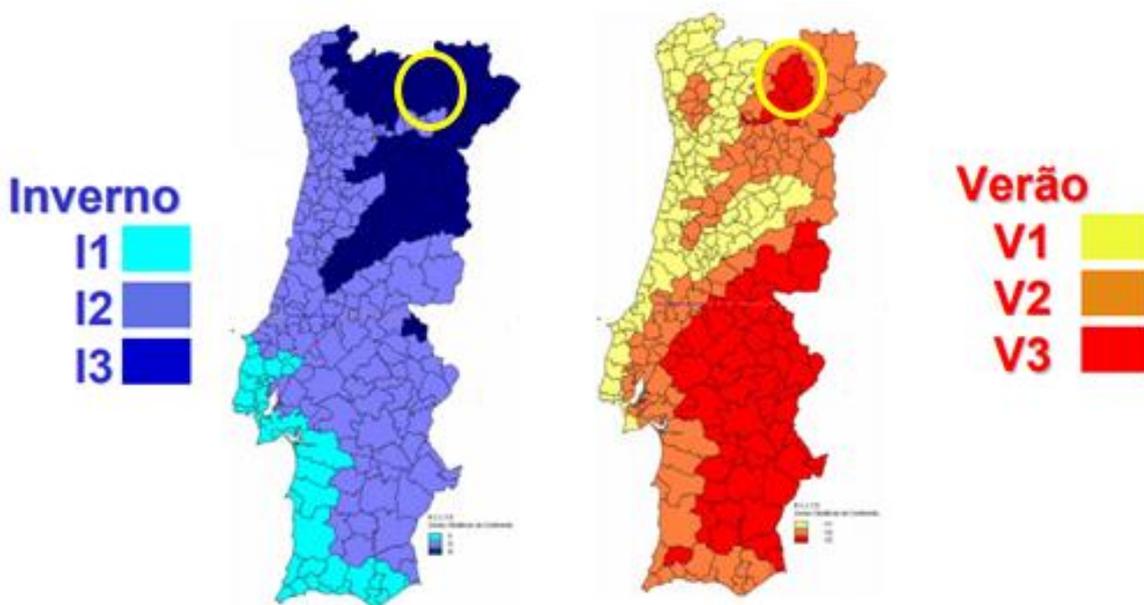


Figura 22 - Localização – Zonas climáticas – Mirandela / Alto Trás-os-Montes

Está inserida em zona mais desfavorável

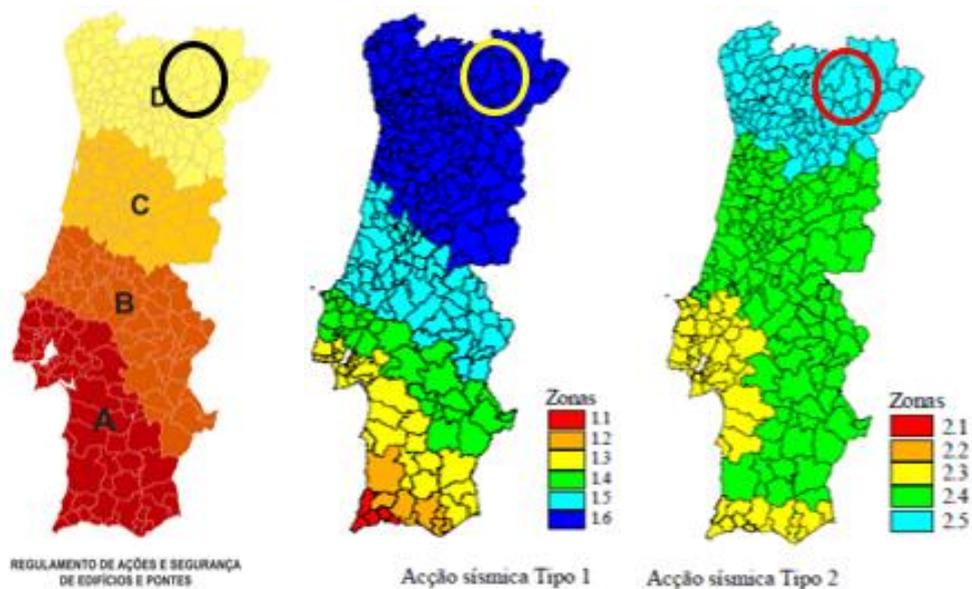


Figura 23 - Localização – zonas sísmicas – RSA DI 235/83 e anexo nacional NA EC8

Está inserida em zona menos desfavorável

3.2. Descrição do edifício

O edifício está inserido numa zona predominantemente habitacional, no limite da Área Urbana Edificada de solo urbanizado, de construções com a mesma cêrcea e aproximadamente a mesma volumetria formando um aglomerado simétrico e homogénea. Na Figura 24 apresenta-se o edifício em apreço, que corresponde ao edifício inacabado.



Figura 24 - Edifício em estudo – “Tosco” concluído

O edifício está de acordo com as políticas de ordenamento contidas no Plano Diretor Municipal, aprovado através da Resolução do Conselho de Ministros 109/94, de 2 de Novembro e do regulamento previsto no processo de loteamento.

O edifício é constituído por três habitações e um local de comércio, garantindo os estacionamentos mínimos necessários (3) no interior do edifício. Nas figuras 25 e 26 apresentam-se os alçados do edifício em estudo.



Figura 25 - Alçados principal e posterior

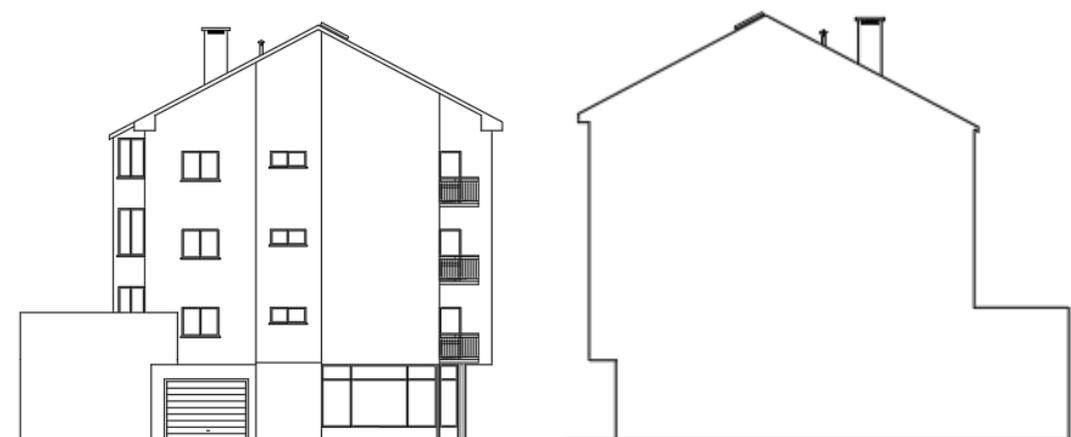


Figura 26 - Alçados laterais esquerdo e direito

Por sua vez na tabela 2 apresentam-se as coordenadas GPS da localização do edifício, na tabela 3 as confrontações e na tabela 4 informação sobre aspetos arquitetónicos.

Tabela 2 - Coordenadas GPS

Latitude	41,48
Longitude	-7,19

Tabela 3 - Confrontações

Norte	Talude de corte com 7m de altura a 8m de distância do edifício
Sul	Via pública
Este	Empena cega encostada ao edifício adjacente
Oeste	Fachada com aberturas virada para logradouro. Distância de 5m entre o edifício e o limite do terreno

Tabela 4 - Distribuição arquitetónica

N.º de Pisos	4	
R/C	3	Garagens
R/C	1	Espaço Comercial
1º Piso	1	Apartamento T3
2º Piso	1	Apartamento T3
3º Piso	1	Apartamento T3
Total – Frações		
Garagens	3	
Espaços Comerciais	1	
Apartamentos	3	T3

A complementar a informação relativamente a aspetos arquitetónicos temos na Figura 27 a planta do R/C, na figura 28 a planta do 1º piso e na figura 29 a planta dos pisos 2 e 3.

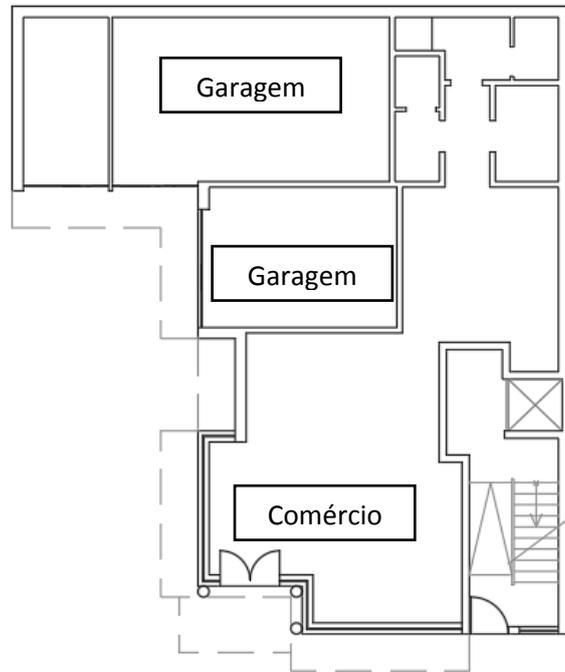


Figura 27 - Planta do R/C

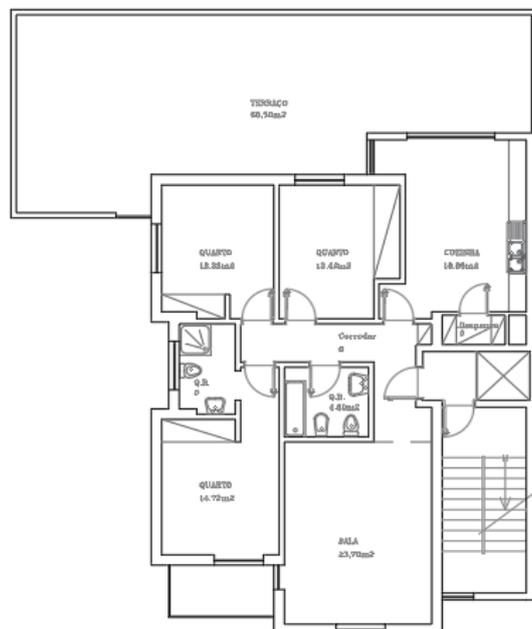


Figura 28 - Planta do 1º Piso

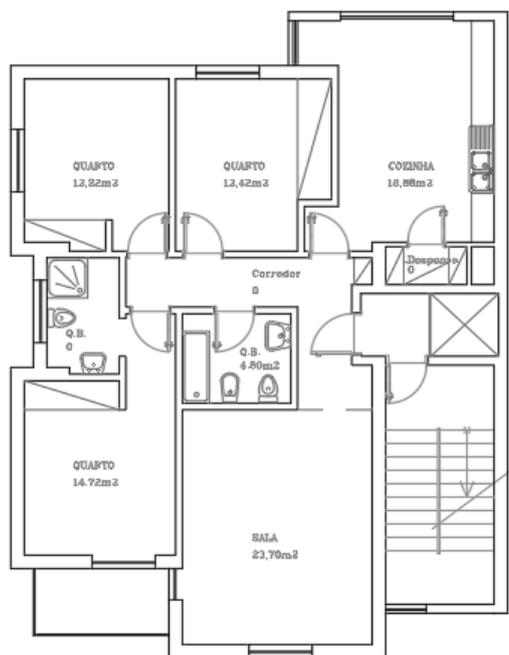


Figura 29 - Planta do 2º e 3º Pisos

Adicionalmente, a Tabela 5 contém informação complementar sobre este edifício e no que diz respeito, essencialmente às áreas e volumes.

Tabela 5 - Implantação

Área do Terreno	246,75	m ²
Área de Implantação	193,76	m ²
Área de Garagens	71,33	m ²
Área Comercial	98,83	m ²
Área Caixa de Escadas	23,60	m ²
Área Bruta do R/C	193,76	m ²
Área Bruta do 1º Piso	215,55	m ²
Área Bruta do 2º Piso	145,12	m ²
Área Bruta do 3º Piso	145,12	m ²
Área Bruta de Construção	699,55	m ²
Volume de Construção	1.741,44	m ³
N.º de Pisos Abaixo da Cota de Soleira	0	
N.º de Pisos Acima da Cota de Soleira	4	
Cércea	12,00	m

4. ESTRUTURA DE BETÃO ARMADO

4.1. Conceção estrutural

4.1.1. Descrição geral

O projeto estrutural foi elaborado de acordo com o projeto de arquitetura (figura 30), respeitando a forma em planta e altura de construção. Toda a conceção estrutural foi condicionada pelos aspetos arquitetónicos, topográficos e geotécnicos.

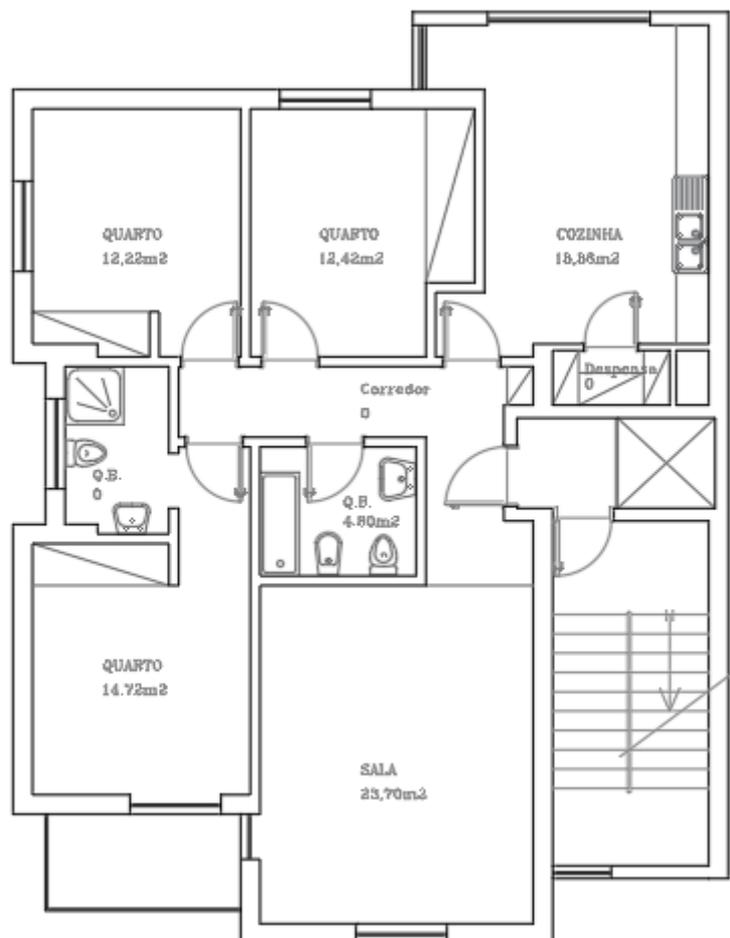


Figura 30 - Planta do 2º piso - apartamento

4.1.2. Solução estrutural

A solução estrutural considerada, representada na figura 31, foi a referente a pórticos de betão armado (pilar – viga) dispostos ortogonalmente. As lajes aligeiradas de vigotas pré-esforçadas apoiam-se em vigas e estas apoiam-se nos pilares. Por sua vez, os pilares apoiam-se em sapatas isoladas e, por último, estas apoiam-se no solo de fundação.

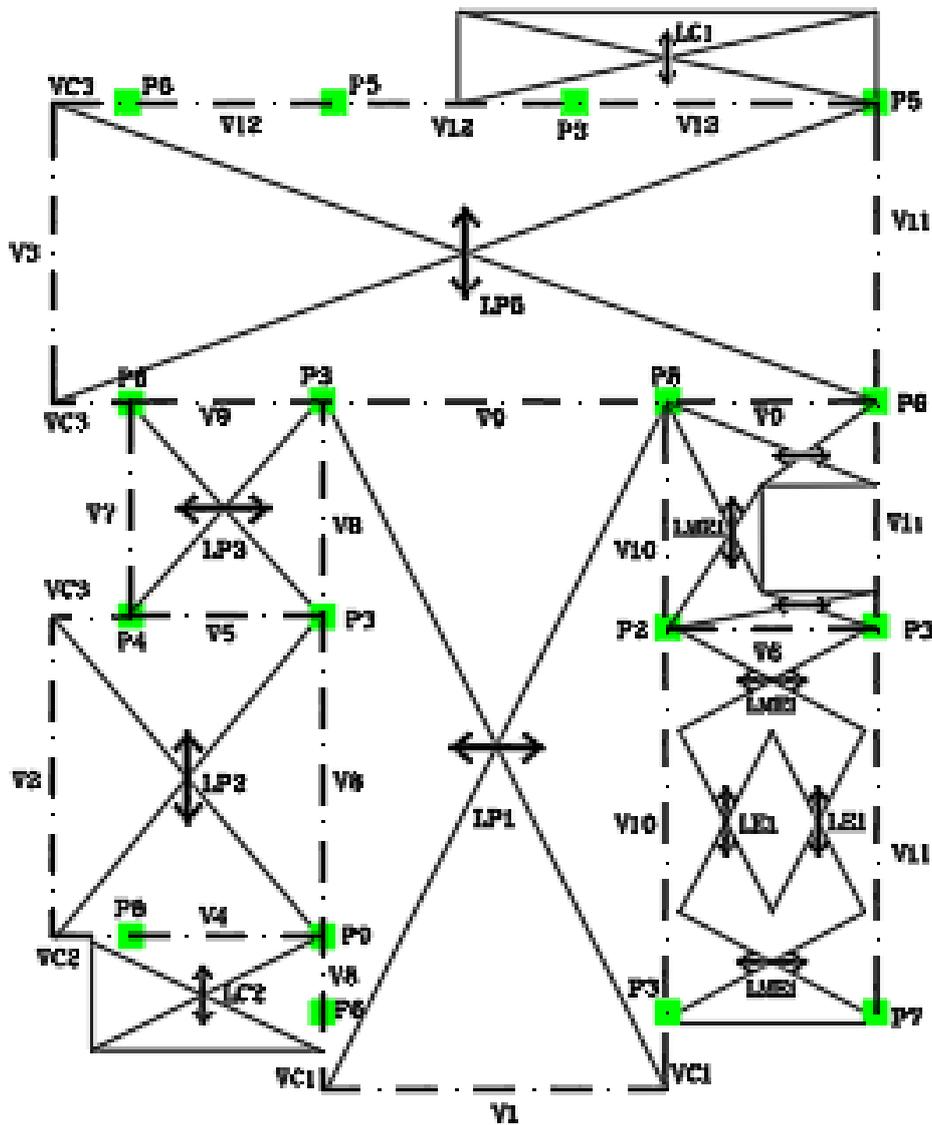


Figura 31 - Planta estrutural do 2º piso

4.1.3. Característica dos materiais (betão e aço)

Partiu-se do princípio que todos materiais utilizados na construção foram de boa qualidade, adequados aos fins em vista, obedecendo às características mínimas exigidas pelos regulamentos em vigor, particularmente, no que se refere ao fabrico e colocação do betão. O betão foi trabalhado para satisfazer as condições estipuladas no Regulamento de Betões e Ligantes Hidráulicos (R.B.L.H.) e ainda aos artigos 13º e 14º de R.E.B.A.P., com as respetivas equivalências com o EC2, referentes ao tipo e classe de betão, natureza e dosagem do ligante.

Tendo em conta os aspetos anteriormente mencionados, optou-se por escolher um betão B20 (C16/20), e um aço A400 NR, cujas principais mecânicas e físicas encontram-se definidas na Tabela 6.

Tabela 6 - Principais características do betão C16/20 e do Aço A400 NR

Betão - C16/20		Aço - A400NR	
f_{ck} [MPa]	16	f_{yk} [MPa]	400
$f_{ck,cube}$ [MPa]	20		
f_{cd} [MPa]	10,67	f_{yd} [MPa]	348
f_{cm} [MPa]	24	ϵ_{yd} [‰]	1,74
f_{ctm} [MPa]	1,9		
E_{cm} [GPa]	29	E_s [Gpa]	200
γ_c	1,5	γ_s	1,15
γ [KN/m ³]	24	γ [KN/m ³]	77
Betão Armado		γ [KN/m ³]	25

Por sua vez, na Tabela 7 apresentam-se os coeficientes de endurecimento do betão em função da idade do betão. Estes valores referem-se a betões correntes (em termos de composição, condições de fabrico e de cura), e cujo ligante é o cimento *Portland* normal de endurecimento corrente.

Tabela 7 - Coeficientes de endurecimento em função da idade do betão

Idade do betão (dias)	3	7	14	28	90	360	∞
Coeficiente de endurecimento	0.40	0.65	0.85	1.00	1.20	1.35	1.45

4.1.4. Ações

Foram consideradas as cargas relativas aos diferentes materiais utilizados em conformidade com o peso próprio.

Na tabela 8 apresentam-se as ações permanentes:

*Tabela 8 - Valores para as ações permanentes excluindo o peso próprio.
O valor do peso próprio está na tabela do respetivo material*

Pisos	Altura [m]	Divisórias KN/m ²	Revestimentos KN/m ²
R/C	3,5	Piso térreo	
1º	2,7	1,5	0,5
2º	2,7	1,5	0,5
3º	2,7	1,5	0,5

Na tabela 9 apresentam-se as ações variáveis:

Tabela 9 - Categorias de Utilização das diferentes zonas de ocupação do edifício, respetivos valores de sobrecarga e coeficiente de combinação.

Categoria	Utilização	q _k KN/m ²	Q _k KN	ψ ₀	ψ ₁	ψ ₂
A	Pavimentos	2	2	0,7	0,5	0,3
	Escadas	3	2			
	Varandas	5	2			
H	Cobertura	0,4	1	0	0	0

4.1.5. Capacidade de carga do terreno

A solução adotada para as fundações foi definida em função da capacidade de carga do solo de fundação do terreno de implantação do edifício. Considerou-se para efeitos de cálculo, que a capacidade resistente do solo era de 0.3 Mpa. Esta capacidade, numa análise "in situ", está abaixo da capacidade real do solo. O solo de fundação é rochoso e parece apresentar uma capacidade resistente superior à considerada.

4.2. Elementos estruturais

Para o cálculo dos elementos estruturais de betão armado modelou-se a estrutura como uma malha reticulada ortogonal constituída pela associação de pilares e vigas de betão armado, cujas características mecânicas e geométricas pretendem traduzir tão próximo quanto possível o comportamento real da estrutura.

A título exemplificativo, a Figura 32 mostra uma das vigas contínuas de betão armado, na qual se pode observar a distribuição da armadura ao longo do vão.

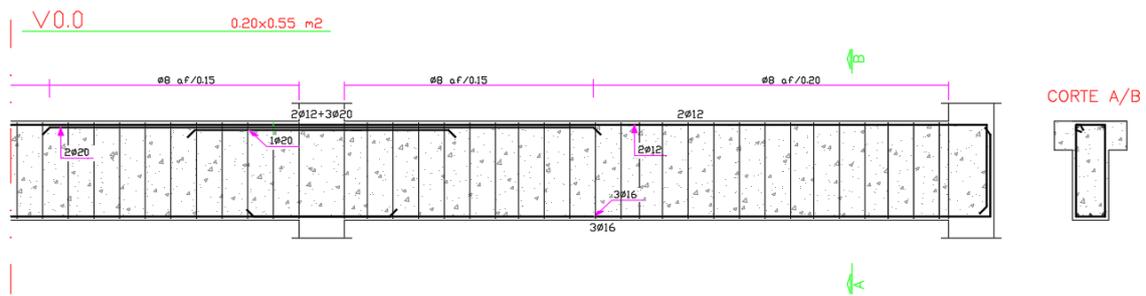


Figura 32 - viga continua tipo

Aquando do estudo da solução estrutural houve a preocupação de evitar fenómenos de torção e de encurvadura. O exemplo da Figura 33 mostra como uma viga em consola é parte integrante de um pórtico. Localizada numa extremidade, os esforços nela produzidos são descarregados no sentido longitudinal da viga do mesmo pórtico, evitando a encurvadura dos pilares de apoio. Utilizando o mesmo princípio, as lajes em consola, apoiadas em vigas, apresentam a armadura longitudinal prolongadas para as lajes aligeiradas, formando contrabalanço, evitando assim, efeitos de torção nas vigas, conforme se pode ver na Figura 34.

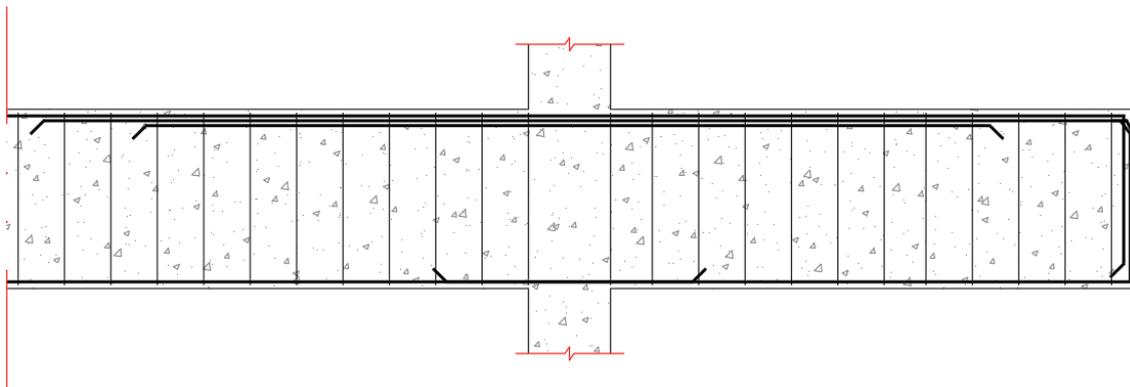


Figura 33 - Viga continua a terminar em consola

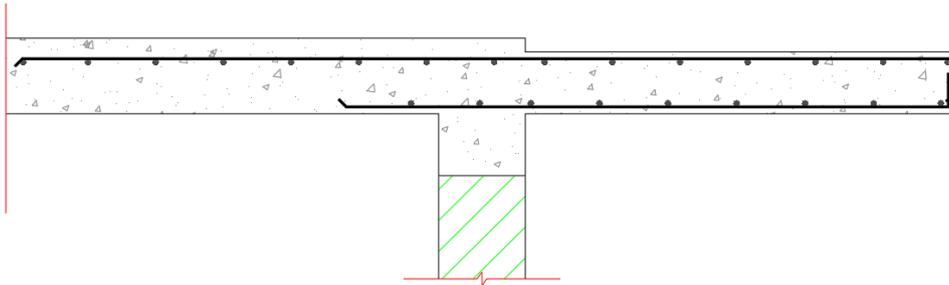


Figura 34 - Laje em consola com o respetivo contrabalanço

Por sua vez, na Figura 35 é possível observar o modo de desenvolvimento dos pilares estudados, nesta dissertação, ao longo dos pisos.

	Pilar P2	Pilar P8	Pilar P9
Piso 4			
Piso 3			
Piso 2			
Piso 1			

Figura 35 - Quadro de Pilares estudados

4.2.1. Dimensionamento

O dimensionamento das vigas foi efetuado em relação ao Estado Limite Último de Resistência, com base nos diagramas de tensões-extensões de cálculo, estipulados no REBAP e/ou EC2.

Os pilares foram calculados tendo em atenção a verificação da segurança em relação ao Estado Limite Último de Encurvadura.

O seu dimensionamento foi realizado em função do mesmo.

As fundações são constituídas por sapatas isoladas de betão armado, calculadas para uma capacidade de carga de 0.3 Mpa do solo de fundação.

Foi definido o esquema estrutural mais adequado para os diferentes tramos da escada e o seu dimensionamento foi realizado em função do mesmo.

As ações permanentes foram avaliadas tendo em conta as dimensões reais dos diferentes elementos estruturais e os pesos volúmicos correspondentes.

4.2.2. Pormenores de ligação

Foi colocada uma armadura de distribuição na camada de betão acima dos blocos (Lajeta de compressão) constituída por uma malha quadrada conforme o estipulado no Documento de Homologação respeitante ao tipo de pavimento utilizado e consoante o tipo de aço utilizado.

Nos extremos das vigotas nos apoios dos pavimentos foram solidarizados. Essa solidarização foi feita com a introdução de zonas maciças com a colocação de armaduras dimensionadas para o efeito.

Foram colocadas nos apoios dos pavimentos armaduras capazes de absorver os esforços de tração na face superior do pavimento. Deste modo, foram constituídas faixas, ao longo dos apoios, de betão maciço com a espessura do pavimento, devidamente armadas.

4.2.3. Procedimentos de boa execução

Antes da betonagem procedeu-se a uma rega abundante das vigotas e dos blocos de cofragem, precedendo a betonagem, a fim de remover impurezas e melhorar a aderência do betão.

Aquando do lançamento, espalhamento, regularização e compactação do betão complementar, houve o cuidado de assegurar a boa aderência às faces expostas das vigotas e a manutenção da espessura prevista da camada de betão acima dos blocos. Também foi restringido o uso de meios potentes de compactação e de vibração, o que exigiu especial cuidado na condução da betonagem. Também foram usadas réguas e vibradores de agulha de pequena dimensão. O betão foi devidamente espalhado.

Para controlo da humidade e depois da betonagem procedeu-se à rega regular do betão aplicado em obra durante os primeiros dias de endurecimento, por meio de rega ou um recobrimento com um material poroso humedecido das superfícies betonadas. Note-se, além disso, que a extensão e a duração destes cuidados dependeram naturalmente das condições atmosféricas.

4.3. Dimensionamento da Laje de Piso do Quarto

4.3.1. Descrição geral

Através da informação fornecida pelo empreiteiro da execução da obra, o material que serviu para a execução das lajes (as vigotas pré-esforçadas e as abobadilhas/tijoleiras) foi fornecido por um comerciante que adquiriu materiais em diversas fábricas, pelo que, o conjunto da laje não correspondeu a um cálculo previamente estabelecido e homologado por nenhum fabricante.

Mediante o tipo de vigotas, a dimensão das tijoleiras/abobadilhas e a espessura da lamina de compressão existente no local que se pretende estudar, projetou-se um tipo de laje pré-esforçada, LP2 da figura 36, próxima das características supostamente existentes e compatível com o vão teórico existente na laje que serve de piso ao quarto com as características da tabela

10 e determinaram-se as ações, considerando cargas uniformemente distribuídas e arbitrando um peso próprio (PP) para a laje.

Tabela 10 – Características do local e definição das cargas uniformemente distribuídas.

Pisos	Altura [m]	Vão [m]	Divisórias KN/m ²	Revestimentos KN/m ²	PP – Peso Próprio KN/m ²	TOTAL KN/m ²
R/C	3,5	Piso térreo				
1º	2,7	4,2	1,5	0,5	3,00	5,00
2º	2,7	4,2	1,5	0,5	3,00	5,00
3º	2,7	4,2	1,5	0,5	3,00	5,00

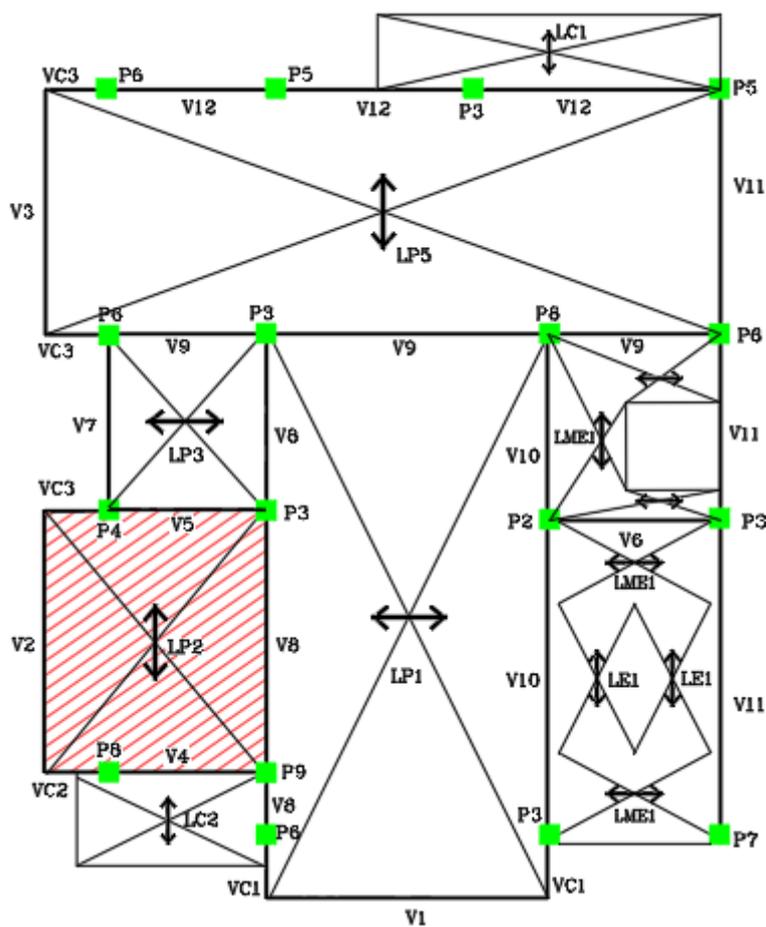


Figura 36 – Planta estrutural – Laje LP2

Na Tabela 11 fornece informação da determinação da altura mínima da laje e, conseqüentemente, da altura considerada. Nesta tabela estão definidas as ações e a combinação de ações consideradas.

Tabela 11 - Determinação da altura da laje e combinação de ações.

Determinação e Combinação de Ações					
Pisos	Altura $h=L/25$		G - Ações Permanentes KN/m ²	Q - Ações Variáveis KN/m ²	Combinação de Ações - Sd KN/m ²
	cm				
1º	17,6	19,0	5,00	2,00	10,50
2º	17,6	19,0	5,00	2,00	10,50
3º	17,6	19,0	5,00	2,00	10,50

4.3.2. Estado Limite de Utilização

Para o Cálculo do Limite de Utilização considerou-se $W=0.30$ para a Combinação Freqüente e $W=0.20$ para a Combinação Quase Permanente, cujos resultados obtidos são os representados na tabela 12.

Tabela 12 - Estado Limite de Utilização.

Estados Limite de Utilização		
Pisos	Combinação Freqüente	Combinação Quase Permanente
	Sdf ($W=0,30$) (G+WxQ)	Sdqp ($W=0,20$) (G+WxQ)
1º	5,6 KN/m ²	5,4 KN/m ²
2º	5,6 KN/m ²	5,4 KN/m ²
3º	5,6 KN/m ²	5,4 KN/m ²

4.3.3. Cálculo de Esforços

Definidas as cargas uniformemente distribuídas determinaram-se os esforços atuantes registados na Tabela 13, importantes para o dimensionamento dos elementos estruturais, em particular as lajes, de forma a ser possível posteriormente definir uma laje homologada compatível.

Tabela 13 - Cálculo de Esforços Atuantes.

Cálculo de Esforços				
Pisos	Msd	Msdf	Msdqp	Vsd
	$Sd \times L^2 / 8$	$Sdf \times L^2 / 8$	$Sdqp \times L^2 / 8$	$Sd \times L / 2$
	KNm/m	KNm/m	KNm/m	KN/m
1º	23,15	12,35	12,35	22,05
2º	23,15	12,35	12,35	22,05
3º	23,15	12,35	12,35	22,05

Ao usar a ficha técnica da fábrica Flaviarte, verificou-se que a laje compatível com os resultados obtidos no cálculo dos esforços atuantes é a laje "V3-BN40x15-19" conforme corte esquemático da Figura 37.

CORTE ESQUEMÁTICO DA LAJE (V3-BN40x15-19)

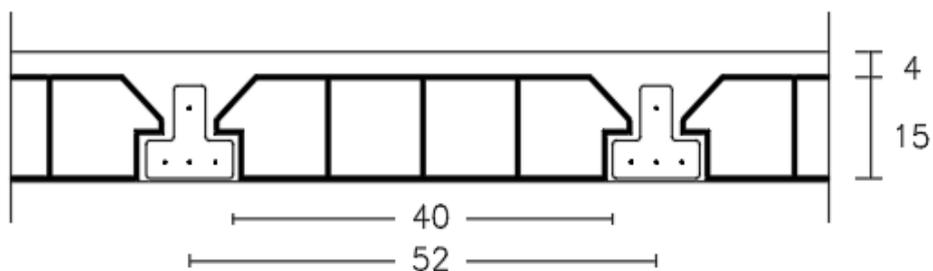


Figura 37 - Corte esquemático da laje LP2

Observando a Tabela 14 verifica-se que os esforços resistentes, obtidos da ficha técnica da Flaviarte, são superiores aos esforços atuantes de cálculo e o peso próprio da laje escolhida é inferior ao peso próprio inicialmente considerado no cálculo como peso provável para a laje. Pelo que, a laje escolhida da Flaviarte seria adequada.

Tabela 14 - Comparação entre Esforços Atuantes e Resistentes.

Verificação - Laje da Flaviarte (V3-BN40x15-19)											
Pisos	Msd	Mrd	Vsd	Vrd	Msd _f	Mfctk	PP - Peso Próprio	PP - Peso Próprio			
	Cálculo	Flaviarte	Cálculo	Flaviarte	Cálculo	Flaviarte	Cálculo	Flaviarte			
	KNm/m	KNm/m	KN/m	KN/m	KNm/m	KNm/m	KN/m ²	KN/m ²			
1º	23,15	27,70	22,05	22,30	12,35	16,30	3,00	2,92			
2º	23,15	27,70	22,05	22,30	12,35	16,30	3,00	2,92			
3º	23,15	27,70	22,05	22,30	12,35	16,30	3,00	2,92			
Msd < Mrd		OK	Vsd < Vrd		OK	Msd _f < Mfctk		OK	PP _c > PP _f		OK

4.3.4. Cálculo das Flechas

Considerando que as lajes em estudo têm características iguais à “V3-BN40x15-19” da Flaviarte, cujas características são as indicadas na ficha técnica disponibilizada pelo fabricante, calcularam-se as flechas máximas que a laje poderia suportar e cujos resultados estão registados na Tabela 15.

A flecha máxima, para o caso de afetar paredes divisórias (L/500), é desprezável em virtude de não existirem paredes divisórias sobre o espaço ocupado pela laje, e conforme se pode verificar nas Figuras 30 e 31. Neste caso, as paredes divisórias assentam em cima das vigas de betão armado.

Tabela 15 - Cálculo das Flechas da laje.

Cálculo da Deformada								
Pisos	Flecha	Flecha	Flecha	EI	Flecha	Flecha - Longo Prazo		
	Máxima L / 400 mm	Máxima (Div) L / 500 mm	Máxima (Sdqp) L / 250 mm		Instantânea $(5/348) \times Sd / L^4 / EI$ mm	R $1 + 2 \times G / Sdf$	X EI / R	Flecha mm
1º	10,50	8,40	16,80	7.816,00	3,20	2,79	2.805,74	8,92
2º	10,50	8,40	16,80	7.816,00	3,20	2,79	2.805,74	8,92
3º	10,50	8,40	16,80	7.816,00	3,20	2,79	2.805,74	8,92

4.3.5. Verificação da Deformada Existente.

Para a determinação da deformada existente provocada apenas pelo peso próprio da laje utilizou-se um aparelho de nivelamento conforme se pode verificar na figura 38. É importante referir que não se consegue com facilidade nem com o devido rigor encontrar a deformada correta. Considerar rigoroso o valor encontrado seria ignorar alguns factos.

A deformada da laje betonada foi calculada da seguinte forma: verificou-se o nível entre uma extremidade e a outra e seguidamente mediu-se o desnível a meio vão. A diferença de cota entre a média das duas cotas do extremo e a cota a meio vão, poder-se-ia considerar que seria equivalente à flecha. No entanto, não se pode ignorar que ao betonar uma laje a superfície superior fica ligeiramente irregular, não fica totalmente nivelada e o próprio escoramento poderá ceder algo, mesmo que pouco perceptível, mas que influênciam a conclusão que se poderá tirar. Pelo que, sem considerar rigorosa a medição, obteve-se os resultados apresentados na Tabela 16 da deformada, os quais não parecem estar muito longe do valor real.

Tabela 16 - Cálculo da Flecha instantânea e Flecha Existente.

G - PP da Laje				FLECHA		
Pisos	Altura [m]	Vão [m]	PP Peso Próprio KN/m ²	EI	Instantânea (5/348)xGxL ⁴ /EI mm	Deformada mm
1º	0,19	4,2	2,92	7.816,00	1,67	0,53
2º	0,19	4,2	2,92	7.816,00	1,67	0,65
3º	0,19	4,2	2,92	7.816,00	1,67	0,73



Figura 38 - Aparelho de nivelamento

4.3.6. Verificação da Flecha com a laje carregada

Partindo da presunção de que se conhece a flecha provocada pelo peso próprio da laje, calculou-se e verificou-se a flecha da laje considerando apenas as restantes ações provocadas pelas divisórias, revestimentos e ações variáveis.

Para verificação da possível flecha que a laje poderá sofrer ao ser carregada com os esforços atuantes previstos no projeto, carregou-se a laje com sacos de adubo em todo o comprimento da laje no sentido das vigotas e numa faixa com a largura de 1 metro, simulando uma carga uniformemente distribuída equivalente aos esforços atuantes previstos no projeto.

A carga utilizada não foi majorada. Inicialmente, solicitou-se a laje com uma carga de 2 KN/m² numa faixa com a largura de 1 m, o que equivale a dizer 2 KN/m, que correspondem às ações permanentes, excluindo o peso próprio da laje, previstas no cálculo da laje, conforme a Figura 39.



Figura 39 - Ações permanentes, excluindo o peso próprio da laje

Posteriormente, carregou-se a laje com uma carga de 2 KN/m² numa faixa com a largura de 1 metro correspondente às ações variáveis, somando no total 4 KN/m, conforme figura 40.

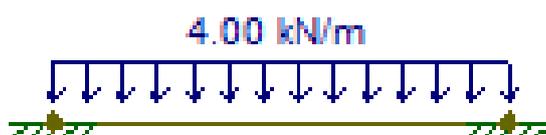


Figura 40 - Ações permanentes anteriores mais ações variáveis

A laje foi calculada como sendo simplesmente apoiada com carga linear, no entanto, ela está parcialmente encastrada nas vigas de betão armado onde descarregam os esforços.

De referir que, embora na laje em estudo não existam paredes divisórias a solicitar diretamente na laje, é de bom senso considerar não só porque está previsto no regulamento, como também poderá, um dia, a habitação sofrer alterações indefinidas.

4.3.6.1. Combinação de Ações

Na tabela 17 estão representadas as ações permanentes apenas provocadas pelas paredes divisórias e revestimentos e as ações variáveis.

Tabela 17 - Cálculo das ações sem considerar o peso próprio da laje.

Determinação e Combinação de Ações						
Sem considerar o PP da Laje						
Pisos	Vão [m]	G - Ações Permanentes			Q - Ações Variáveis KN/m ²	TOTAL Sem majoração KN/m ²
		Divisórias KN/m ²	Revestimentos KN/m ²	sub-Total KN/m ²		
1º	4,20	1,50	0,50	2,00	2,00	4,00
2º	4,20	1,50	0,50	2,00	2,00	4,00
3º	4,20	1,50	0,50	2,00	2,00	4,00

Na tabela 18 estão representadas as ações permanentes totais e as ações variáveis, considerando o PP (peso próprio) da laje do tipo "Flaviarte".

Tabela 18 - Cálculo das ações.

Determinação e Combinação de Ações							
Pisos	Vão [m]	G - Ações Permanentes				Q - Ações Variáveis KN/m ²	TOTAL Sem majoração KN/m ²
		Divisórias KN/m ²	Revestimentos KN/m ²	PP-Laje KN/m ²	sub-Total KN/m ²		
1º	4,20	1,50	0,50	2,92	4,92	2,00	6,92
2º	4,20	1,50	0,50	2,92	4,92	2,00	6,92
3º	4,20	1,50	0,50	2,92	4,92	2,00	6,92

4.3.6.2. Cálculo da Flecha

Na tabela 19 estão representadas a flecha de cálculo e a deformada verificada no ensaio, conforme já referido e representado na figura 43, provocada pelas ações permanentes (apenas paredes divisórias e revestimentos) e variáveis (sobrecarga).

Tabela 19 - Comparação entre flecha instantânea e a deformada medida in situ e desprezando o peso próprio da laje.

Estados Limite de Utilização		FLECHA		
S/ PP da Laje				
Pisos	Combinação Freqüente	EI	Instantânea	Deformada
	S/ PP da Laje		$(5/348) \times Sdf \times L^4 / EI$	
	Sdf (W=0,30) (G+WxQ)		mm	mm
1º	2,6 KN/m ²	7.816,00	1,49	0,35
2º	2,6 KN/m ²	7.816,00	1,49	0,50
3º	2,6 KN/m ²	7.816,00	1,49	0,40

Na Tabela 20 estão indicadas a flecha de cálculo e a deformada verificada no ensaio considerando as ações permanentes totais e as ações variáveis, considerando o PP (peso próprio) da laje de uma laje tipo Flaviarte.

Tabela 20 - Comparação entre flecha instantânea e deformada.

Estados Limite de Utilização		FLECHA		
Pisos	Combinação Freqüente	EI	Instantânea	Deformada
	C/ PP da Laje		$(5/348) \times Sdf \times L^4 / EI$	
	Sdf (W=0,30) (G+WxQ)		mm	mm
1º	5,52 KN/m ²	7.816,00	3,16	1,27
2º	5,52 KN/m ²	7.816,00	3,16	1,14
3º	5,52 KN/m ²	7.816,00	3,16	1,36

Para a determinação da deformada, além dos procedimentos já referidos, mediu-se também com "laser" os diferentes afastamentos entre lajes, conforme as figuras 41 e 42 exemplificam.



Figura 41 - Medidor a "laser"

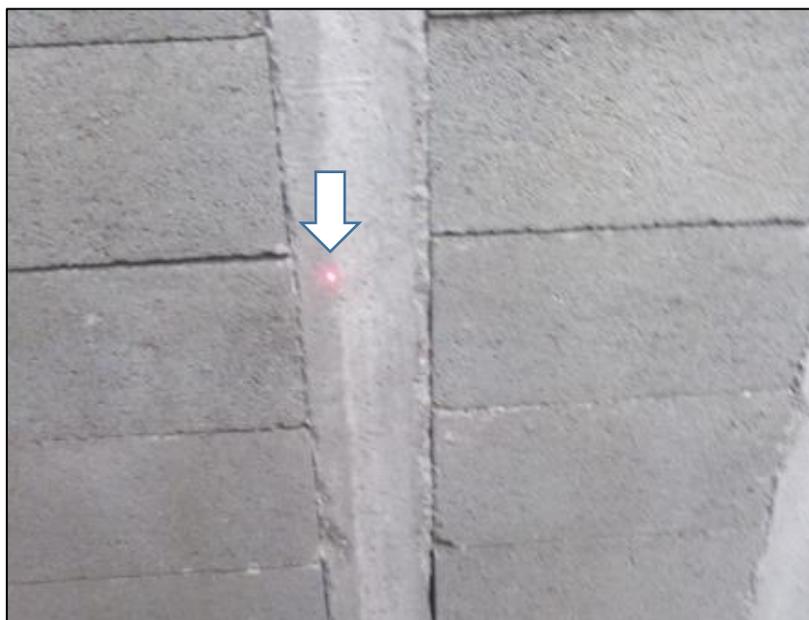


Figura 42 - Observação do ponto do "laser"

A carga aplicada nas lajes dos diferentes pisos, caracteriza-se por ser uma carga estática, conforme se pode observar na figura 43.

Na mesma figura também se observa que apenas foi carregada uma laje de cada vez e por fases, simulando, primeiro, a carga permanente e, depois, adicionando a carga correspondente à sobrecarga.

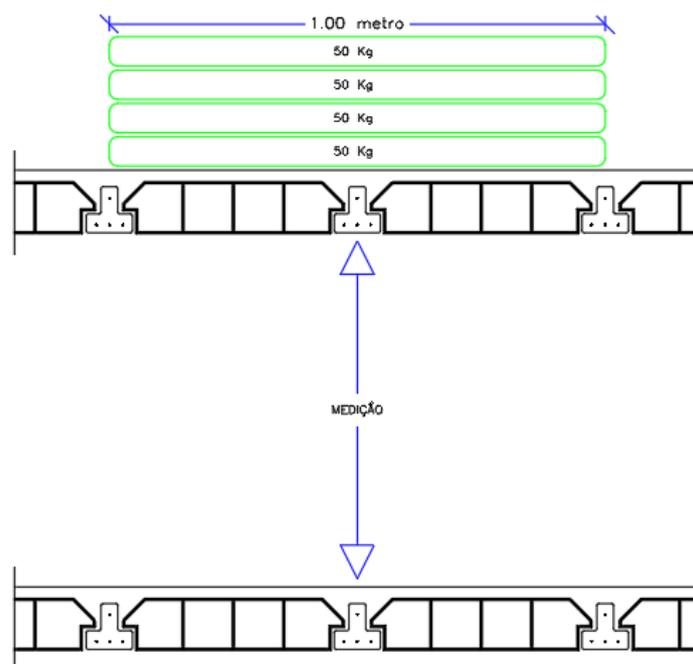


Figura 43 - Esquema da medição da deformada

4.3.7. Conclusão dos ensaios à laje

O trabalho experimental desenvolvido teve como principal objetivo a avaliação do desempenho estrutural da laje LP2 em todos os pisos do edifício. Considerou-se para o efeito que a laje utilizada na construção tem as mesmas características da laje do fabricante aqui referido. A avaliação incidiu também sobre o comportamento da laje relativamente à flecha e possível fendilhação, embora que inexistente pelo menos à vista desarmada.

Após este trabalho experimental realizado é possível afirmar que o desempenho das lajes em serviço é superior ao previsto em projeto mesmo relativamente ao estado limite último.

Qualquer uma das lajes do edifício não apresentou, tanto a nível superior (na lamina de compressão) como a nível inferior (teto do piso inferior) qualquer sinal à vista desarmada de fissuração. É importante referir que a nível inferior as fendas apareceriam com maior visibilidade se o teto estivesse rebocado. No entanto não se detetou qualquer princípio de fissuração.

Os resultados apresentados na Tabela 21 correspondem aos valores da deformada (flecha) da laje para diferentes valores de carga.

Os resultados expostos nas Tabelas 16, 19, 20 e 22 são exemplificativas da capacidade resistente da laje aos esforços atuantes. A deformada experimental é inferior ao respetivo valor analítico e aos limites máximos regulamentares.

Tabela 21 - Cálculo das Deformadas da laje.

Pisos	Flecha - PP da Laje		Flecha - Divisórias + revestimento		Flecha - Div. + Ver. + Sob		Flecha - G + Q	
	PP	Deformada	G	Deformada	G+Q	Deformada	G+Q	Deformada
	Laje	Verificada	S/PP da Laje	Verificada	S/PP da Laje	Verificada		Verificada
	KN/m ²	mm	KN/m ²	mm	KN/m ²	mm	KN/m ²	mm
1 ^o	2,92	0,53	2,00	0,36	4,00	0,73	6,92	1,26
2 ^o	2,92	0,65	2,00	0,32	4,00	0,66	6,92	1,31
3 ^o	2,92	0,73	2,00	0,39	4,00	0,78	6,92	1,51

Tabela 22 - Cálculo das Flechas/Deformada da laje.

FLECHAS DE CÁLCULO - DEFORMADA						
Pisos	Flecha Máxima L / 400 mm	Flecha Máxima (Div) L / 500 mm	Flecha Máxima (Sdqp) L / 250 mm	Flecha Longo Prazo mm	Flecha Instantânea $(5/348) \times Sdqp \times L^4 / EI$ mm	Deformada mm
1 ^o	10,50	8,40	16,80	8,92	3,16	1,26
2 ^o	10,50	8,40	16,80	8,92	3,16	1,31
3 ^o	10,50	8,40	16,80	8,92	3,16	1,51

4.4. Fendilhação

4.4.1. Introdução

Tendo em conta que as diferenças de temperatura ocorrem ao longo de toda a vida da estrutura, de uma forma cíclica, com maior ou menor intensidade, consoante esta se encontre mais ou menos exposta ao meio ambiente, particularmente sob o efeito direto do sol, todos os elementos de uma estrutura de betão, durante a sua vida útil, estão sujeitas a deformações impostas quando expostas à ação do meio ambiente.

Estas deformações ao serem restringidas pelas ligações ao exterior e entre os diferentes elementos estruturais, induzem tensões axiais de tração no betão que propiciam o aparecimento de fendas. A abertura dessas fendas devem ser limitadas de modo a permitir uma boa aparência e um comportamento adequado em serviço, em particular, garantindo as condições de funcionamento adequadas à sua função e de durabilidade. Uma das formas eficientes de limitar a abertura de fendas é o uso de quantidade de armadura adequada na direção perpendicular à direção das possíveis fendas.

O betão estrutural para além de ter a capacidade resistente necessária, deve assegurar determinadas características de comportamento em serviço, e ainda, possuir uma durabilidade suficiente de modo a tornar a estrutura eficiente ao longo do seu tempo de serviço.

4.4.2. Abertura de fendas

Uma eventual abertura de fenda de valor superior ao admissível regulamentarmente é um sinal de que poderá estar em causa a qualidade do elemento estrutural, em particular, a sua durabilidade. De uma forma geral, as fissuras poderão surgir devido a alguns fatores tais como:

- Tensões de tração superiores à capacidade resistente do betão;
- Retração do betão;
- Secagem muito rápida;
- Falta de armadura;
- Entre outros.

4.4.3. Estado de conservação

Após diversas visitas ao edifício em estudo não se observou à vista desarmada nenhuma fissura nos elementos estruturais de betão armado, Figura 44. Esta conclusão mostra que o edifício, apesar de estar inacabado, ter cerca de 15 anos de idade, estar exposto diretamente às intempéries, tem se revelado durável pois não apresenta danos estruturais.

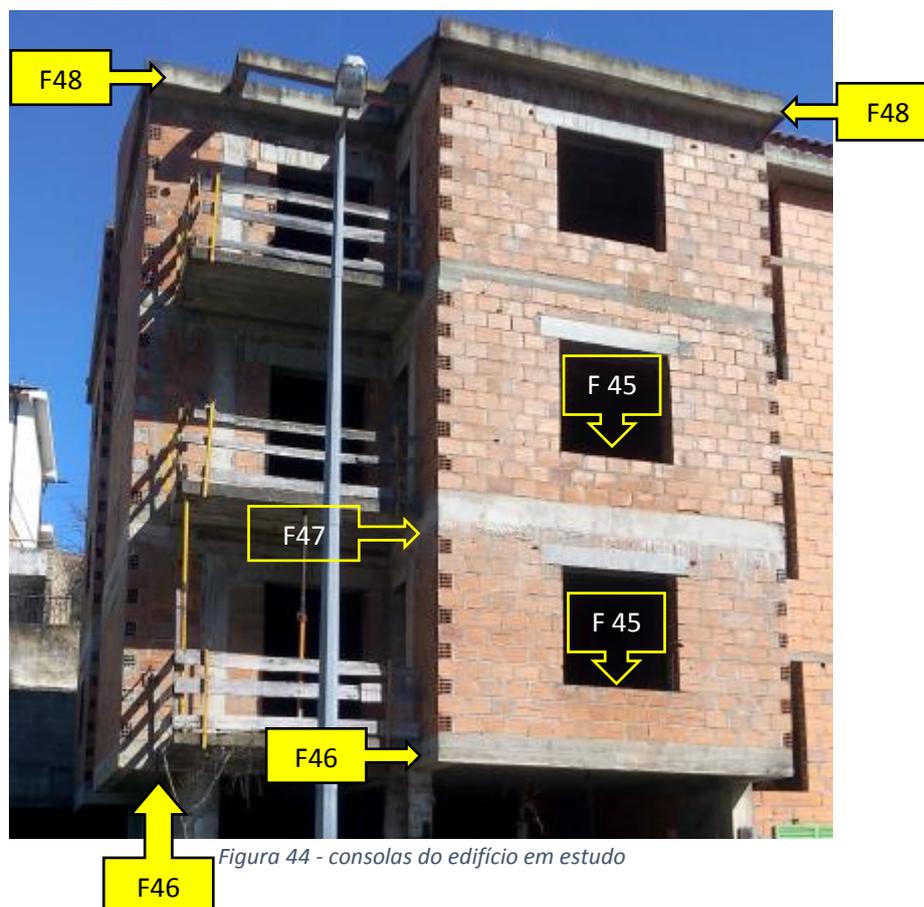


Figura 44 - consolas do edifício em estudo

A título exemplificativo, é possível observar a ausência de fissuração nas lajes aligeiradas que se encontram apoiadas em vigas contínuas que terminam em tramo em consola (na primeira e segunda fotografias) e na ligação desta laje à laje maciça de betão armado (no caso da terceira foto), Figura 45.



Figura 45 - Zonas de ligação de elementos estruturais suscetível de fendilhação

Complementarmente, nas fotografias da Figura 46 também se observa a ausência de fissuração em vigas em consola e junto ao apoio nos pilares. Estas consolas são o prolongamento de vigas contínuas. Nas duas primeiras fotografias as consolas são vistas pelo exterior e na figura 47 vista pelo interior do edifício.



Figura 46 - Zonas de ligação de elementos estruturais suscetível de fendilhação



Figura 47 - Zonas de ligação de elementos estruturais suscetível de fendilhação

Por sua vez, nas Figuras 48 e 49 também se observa esta realidade em cornijas e lajes em consola do edifício de caso de estudo.



Figura 48 - Zonas de ligação de elementos estruturais suscetível de fendilhação



Figura 49 - Zonas de ligação de elementos estruturais suscetível de fendilhação

Na Figura 50 o mesmo se passa nas lajes de escada e na ligação destas com as lajes maciças do patamar.



Figura 50 - Zonas de ligação de elementos estruturais suscetível de fendilhação

4.5. Ensaios de esclerómetro

4.5.1. Esclerómetro

O esclerómetro é um aparelho que permite obter "in situ", de uma forma simples e não destrutiva, a resistência à compressão de elementos de betão armado. Na figura 51 vê-se um aparelho deste tipo, da marca "seta", aberto e pode-se observar o papel onde ficam registados os resultados dos ensaios.



Figura 51 - Esclerómetro aberto usado no ensaio

4.5.2. Características do ensaio

Este é um método não-destrutivo que mede a dureza superficial do betão, fornecendo elementos para a avaliação da qualidade do betão endurecido não podendo ser considerado suficiente para avaliação definitiva. Neste caso particular, o betão aplicado na obra já tem cerca de 14 anos de idade.

Na planta estrutural da figura 52 estão identificados os elementos estruturais (pilares, escadas, patamar e consola) sobre os quais foram feitos os ensaios. Os ensaios foram realizados em todos pisos e sempre nos mesmos elementos estruturais.

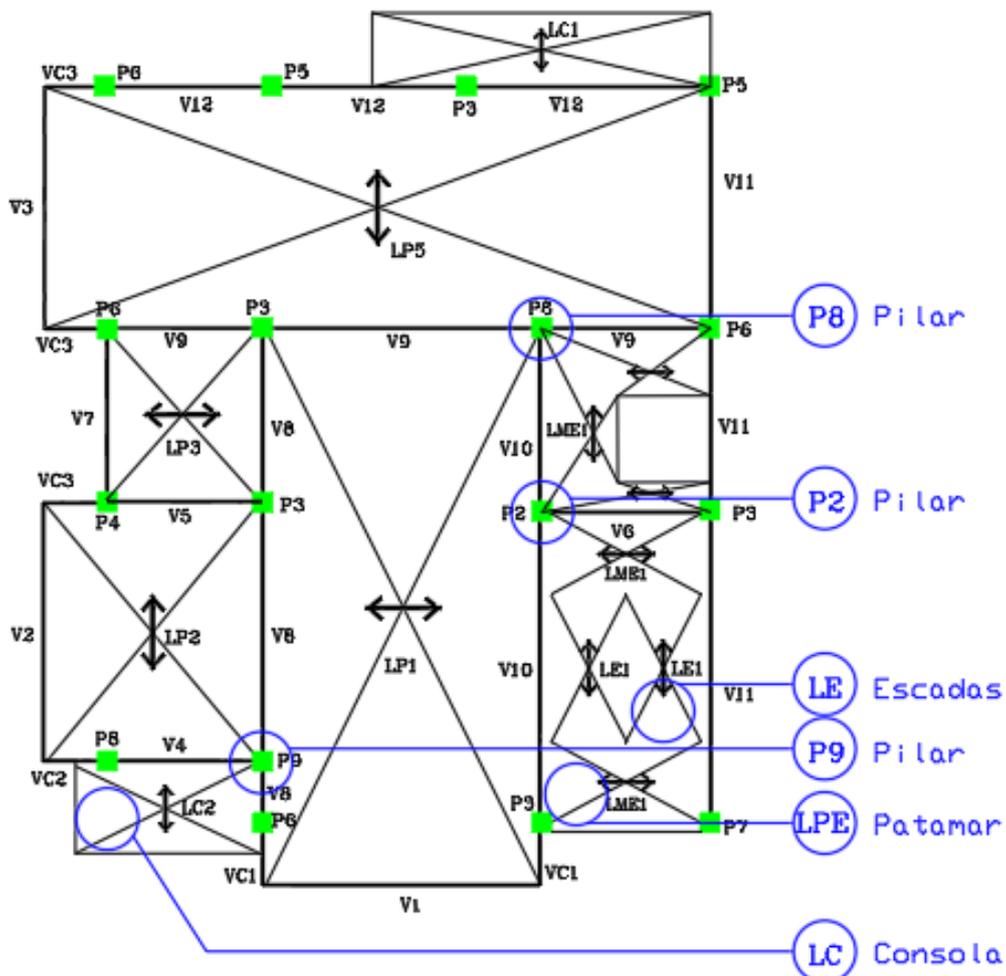


Figura 52 - Marcação das zonas de ensaio na planta estrutural

4.5.3. Execução do ensaio

4.5.3.1. Zona de contato

As zonas de contato devem ser secas, limpas e planas. É de evitar superfícies irregulares, ásperas, curvas ou talhadas, pois não fornecem resultados homogêneos.

Devem ser evitadas superfícies húmidas ou carbonatadas. Caso se deseje ensaiá-las, devem ser adequadamente preparadas e se necessário aplicados coeficientes de correção, os quais devem ser descritos nos resultados.

Na Figura 53, tenta-se mostrar, a cor branca, a quadrícula feita no patamar intermédio das escadas e no degrau de escada. Em cada quadrícula foram realizados 9 impactos.



Figura 53 - Zona de ensaio no edifício – patamar de escadas e degrau de escada

Paralelamente, na Figura 54 é possível observar a quadrícula adotada num pilar, neste caso, o pilar P9. Tal como em todas as quadrículas deste ensaio, esta também tem 9 zonas de impacto.



Figura 54 - Zona de ensaio no edifício – P9

4.5.3.2. Preparação da área de impacto

As áreas de ensaio devem ser inicialmente preparadas por meio de polimento enérgico manual com prisma ou disco abrasivo de carbono e silício através de movimentos circulares. Toda poeira e pó superficial devem ser removidos a seco

A área deve estar localizada, nas faces verticais ou horizontais de elementos, componentes e peças de betão, como pilares, paredes, lajes, etc.

A área de ensaio deve estar convenientemente afastada das regiões afetadas por exsudação, segregação, concentração excessiva de armadura, juntas de betonagem, cantos e arestas. Assim é conveniente evitar bases e topos de pilares, regiões inferiores de vigas e regiões próximas dos apoios.

As áreas devem estar geométrica e uniformemente distribuídas pela região da estrutura que está a ser analisada. O número mínimo de áreas de ensaio deve ser em função da própria heterogeneidade do betão, aumentando com esta.

As peças de grande volume de betão devem ser avaliadas com mais de uma área de ensaio suficientemente afastadas.

Na figura 55 podemos ver a caixa aberta com o esclerômetro, rolos de papel e disco abrasivo para limpeza.



Figura 55 - Caixa Esclerômetro com todos utensílios

4.5.3.3. Impactos

Em cada área de ensaio devem ser efetuadas no mínimo nove impactos e, no máximo, dezasseis impactos. Na Figura 56 mostra-se uma quadrícula de 9 zonas de impacto e nota-se a concavidade provocada pelo impacto do esclerômetro ao fazer o ensaio.

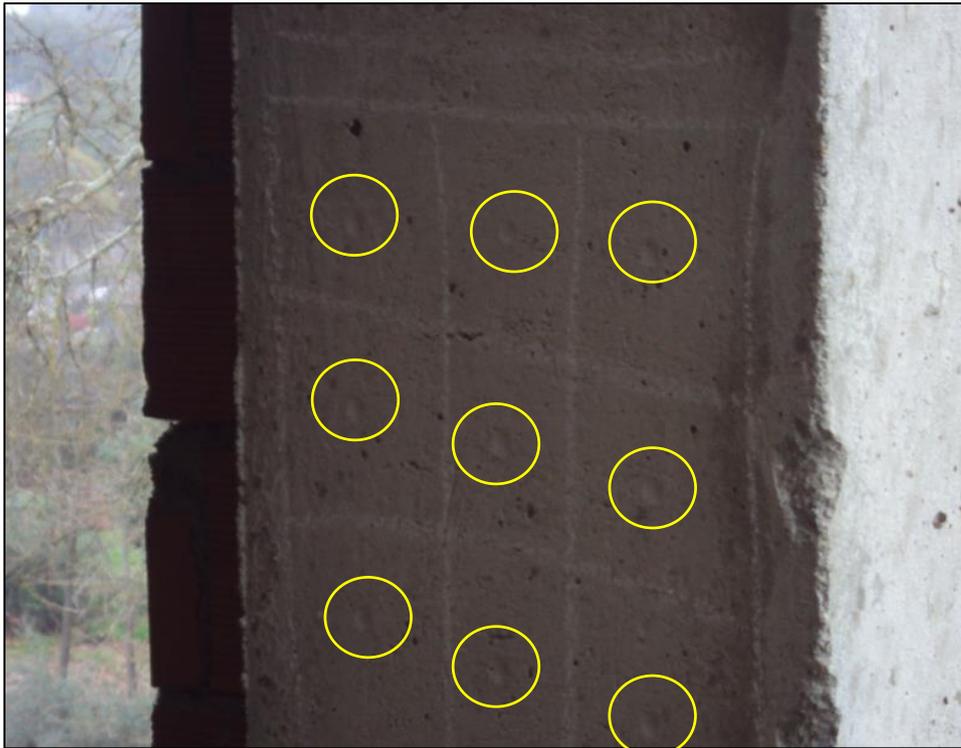


Figura 56 - Zona de impactos - P9

Os impactos devem estar uniformemente distribuídos na área de ensaio. Para isso, desenha-se a área de impacto com quadriculas com cerca de cinco centímetros de aresta.

Só deve haver um impacto sobre o mesmo ponto. Quando isso ocorrer, o segundo valor lido não deve ser considerado no cálculo dos resultados.

4.5.3.4. Resultados

Calcula-se a média aritmética dos valores obtidos no ensaio com o esclerômetro e por cada zona ou área de ensaio.

Foram desprezados os valores afastados mais de 10% do valor médio obtido da média aritmética ficando com o mínimo de cinco valores. Nenhum dos valores fornecidos pelo esclerômetro finais devem diferir em mais do que 10% da média final. Se isso ocorrer, o ensaio dessa área deve ser abandonado.

O valor médio fornecido pelo esclerômetro nas respectivas áreas de ensaio, foi corrigido através da leitura existente no gráfico fixo ao esclerômetro (Figura 60) para um valor correspondente à posição do esclerômetro na altura do impacto.

O gráfico tem três posições: com a ponteira virada para baixo, serviu para o ensaio do patamar de escadas e para as próprias escadas; com a ponteira virada para a direita (na vertical), serviu para os pilares; com a ponteira virada para cima que pode servir para um teto, mas que neste caso não foi aplicado.

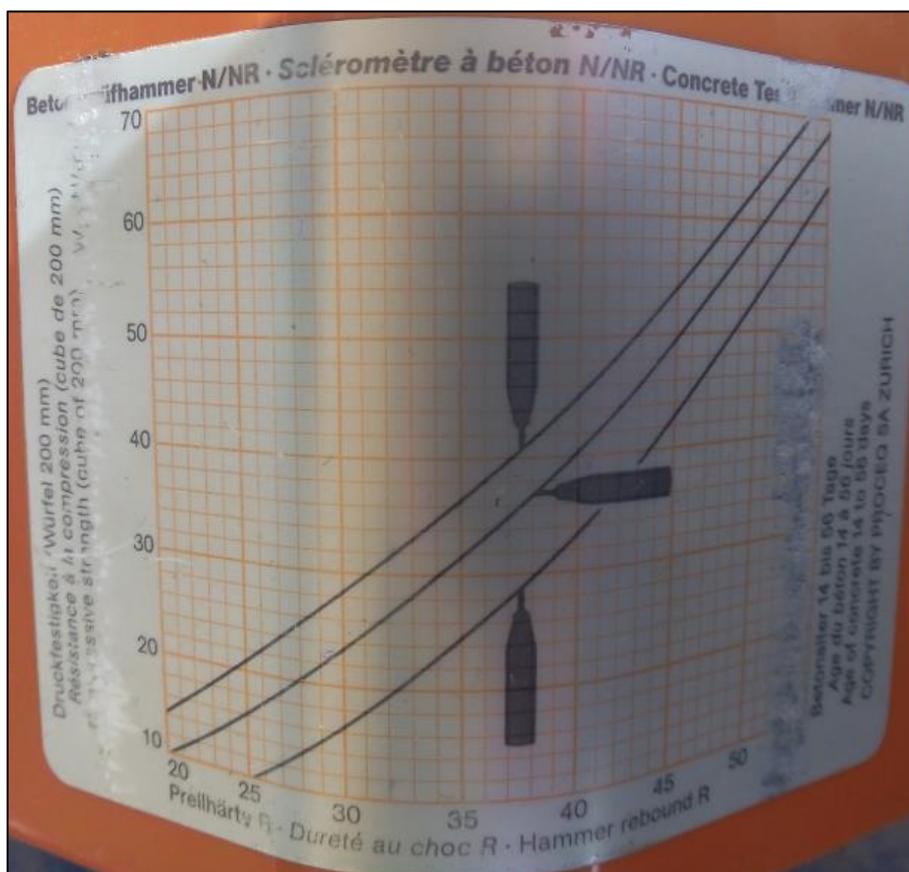


Figura 57 - Gráfico do esclerômetro

4.5.3.5. Relatório de resultados

Nas tabelas 23 a 28 descrevem o relatório dos resultados relativos a cada elemento estrutural onde foram feitos os ensaios, desde a leitura no mostrador do esclerómetro no momento do impacto, até ao valor médio considerado ajustado á realidade. Cada tabela tem 5 quadros e uma foto do local de ensaio. Cada quadro descreve o seguinte:

- a) No primeiro quadro no canto superior direito indica o elemento estrutural onde se fez o ensaio (P-pilar; LE-laje de escadas; LPE-laje de patamar de escadas; LC-laje em consola) e o índice esclerométrico efetivo médio final (valor estimado para a resistência á compressão do elemento ensaiado);
- b) No segundo quadro temos as leituras registadas no esclerómetro no final do impacto em todo o desenvolvimento do elemento estrutural, ou seja, em todos os pisos e/ou elementos iguais;
- c) No terceiro quadro temos os valores 10% acima e abaixo do valor médio obtido da leitura direta no esclerómetro.
- d) O quarto quadro não é mais do que a repetição do segundo quadro sem os valores superiores em 10% acima e a abaixo do valor médio;
- e) O quinto quadro representa o resultado final do ensaio para cada elemento estrutural. Representa a média da leitura no esclerómetro de todos pisos e a equivalente obtida pela leitura na curva de correlação correspondente;
- f) Por último, cada tabela tem uma foto de um dos locais onde se localiza o elemento estrutural correspondente.

Tabela 23 - P2 - resultados obtidos nos ensaios

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

P2

23,00 MPa

ELEMENTO ESTRUTURAL	Piso	IE - ÍNDICE ESCLEROMÉTRICO									
		LE - LEITURA DO ESCLERÔMETRO									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	Média
		MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
Pilar - P2	r/c	27	23	30	22	24	22	23	24	23	24,22
	1º	31	30	30	29	31	29	31	33	30	30,44
	2º	33	30	36	34	30	36	34	39	37	34,33
	3º	37	27	30	25	25	30	28	28	31	29,00

		VALORES ACIMA E ABAIXO 10% DA LEITURA DO ESCLERÔMETRO		
		Média	Média (-) 10%	Média (+) 10%
Pilar - P2	r/c	24,22	21,80	26,64
	1º	30,44	27,40	33,49
	2º	34,33	30,90	37,77
	3º	29,00	26,10	31,90

ELEMENTO ESTRUTURAL	Piso	IE - ÍNDICE ESCLEROMÉTRICO									
		LE - valores compreendidos entre (-) 10% e (+) 10% da Leitura do Esclerômetro									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	Média
		MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
Pilar - P2	r/c	23	23	30	22	24	22	23	24	23	23,00
	1º	31	30	30	29	31	29	31	33	30	30,44
	2º	33		36	34		36	34		37	35,00
	3º		27	30			30	28	28	31	29,00

Pilar - P2	r/c		IEc - ÍNDICE ESCLEROMÉTRICO EFETIVO	
			IE	IEc
			Média dos 4 pisos	Média dos 4 pisos
		23,00		
	1º	30,44		
	2º	35,00		
	3º	29,00	29,36 MPa	23,00 MPa



Leitura no P2

Tabela 24 - P8 - resultados obtidos nos ensaios

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

P8

27,00 MPa

ELEMENTO ESTRUTURAL	Piso	IE - ÍNDICE ESCLEROMÉTRICO									
		LE - LEITURA DO ESCLERÔMETRO									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	Média
		MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
Pilar - P8	r/c	24	24	25	24	24	26	23	28	26	24,89
	1º	40	36	32	35	37	37	34	30	35	35,11
	2º	29	33	36	38	30	32	40	37	37	34,67
	3º	28	44	35	38	31	34	36	34	26	34,00

		VALORES ACIMA E ABAIXO 10% DA LEITURA DO ESCLERÔMETRO		
		Média	Média (-) 10%	Média (+) 10%
Pilar - P8	r/c	24,89	22,40	27,38
	1º	35,11	31,60	38,62
	2º	34,67	31,20	38,13
	3º	34,00	30,60	37,40

ELEMENTO ESTRUTURAL	Piso	IE - ÍNDICE ESCLEROMÉTRICO									
		LE - valores compreendidos entre (-) 10% e (+) 10% da Leitura do Esclerômetro									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	Média
		MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
Pilar - P8	r/c	24	24	25	24	24	26	23		26	24,50
	1º		36	32	35	37	37	34		35	35,14
	2º		33	36	38		32		37	37	35,50
	3º			35		31	34	36	34		34,00

Pilar - P8	r/c		IEc - ÍNDICE ESCLEROMÉTRICO EFETIVO	
			IE	IEc
			Média dos 4 pisos	Média dos 4 pisos
		24,50		
	1º	35,14		
	2º	35,50		
	3º	34,00	32,29 MPa	27,00 MPa



Leitura no P8

Tabela 25 - P9 - resultados obtidos nos ensaios

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

P9

30,00 MPa

ELEMENTO ESTRUTURAL	Piso	IE - ÍNDICE ESCLEROMÉTRICO									
		LE - LEITURA do ESCLERÔMETRO									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	Média
		MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
Pilar - P9	r/c	36	41	31	45	48	36	38	41	39	39,44
	1º	32	33	33	28	34	30	34	38	32	32,67
	2º	30	30	38	30	32	32	29	26	30	30,78
	3º	31	33	29	29	29	28	31	29	31	30,00

		VALORES ACIMA E ABAIXO 10% DA LEITURA DO ESCLERÔMETRO		
		Média	Média (-) 10%	Média (+) 10%
Pilar - P9	r/c	39,44	35,50	43,39
	1º	32,67	29,40	35,93
	2º	30,78	27,70	33,86
	3º	30,00	27,00	33,00

ELEMENTO ESTRUTURAL	Piso	IE - ÍNDICE ESCLEROMÉTRICO									
		LE - valores compreendidos entre (-) 10% e (+) 10% da Leitura do Esclerômetro									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	Média
		MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
Pilar - P9	r/c	36	41				36	38	41	39	38,50
	1º	32	33	33		34	30	34		32	32,57
	2º	30	30		30	32	32	29		30	30,43
	3º	31	33	29	29	29	28	31	29	31	30,00

Pilar - P9	r/c		IEc - ÍNDICE ESCLEROMÉTRICO EFETIVO	
			IE	IEc
			Média dos 4 pisos	Média dos 4 pisos
		38,50		
	1º	32,57		
	2º	30,43		
	3º	30,00	32,88 MPa	30,00 MPa



Leitura no P9

Tabela 26 - LC - resultados obtidos nos ensaios

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

LC	29,00 MPa
----	-----------

ELEMENTO ESTRUTURAL	Piso	IE - ÍNDICE ESCLEROMÉTRICO										
		LE - LEITURA DO ESCLERÔMETRO										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	Média	
		MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
LC	1º	34	30	28	30	32	28	28	32	28	30,00	
	2º	26	28	26	27	27	28	28	27	29	27,33	
	3º	32	32	38	37	32	40	32	34	38	35,00	

VALORES ACIMA E ABAIXO 10% DA LEITURA DO ESCLERÔMETRO				
		Média	Média (-) 10%	Média (+) 10%
LC	1º	30,00	27,00	33,00
	2º	27,33	24,60	30,07
	3º	35,00	31,50	38,50

ELEMENTO ESTRUTURAL	Piso	IE - ÍNDICE ESCLEROMÉTRICO									
		LE - valores compreendidos entre (-) 10% e (+) 10% da Leitura do Esclerômetro									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	Média
		MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
LC	1º		30	28	30	32	28	28	32	28	29,50
	2º	26	28	26	27	27	28	28	27	29	27,33
	3º	32	32	38	37	32		32	34	38	34,38

LC	Piso	Média	IEc - ÍNDICE ESCLEROMÉTRICO EFETIVO	
			IE	IEc
LC	1º	29,50		
	2º	27,33	Média dos 4 pisos	Média dos 4 pisos
	3º	34,38	30,40 MPa	29,00 MPa



Leitura no LC

Tabela 27 - LE - resultados obtidos nos ensaios

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

LE	30,00 MPa
----	-----------

ELEMENTO ESTRUTURAL	Piso	IE - ÍNDICE ESCLEROMÉTRICO									
		LE - LEITURA DO ESCLERÔMETRO									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	Média
		MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
LE	1º	33	27	28	35	28	24	25	25	26	27,89
	2º	26	31	32	30	30	36	26	28	32	30,11
	3º	35	32	33	34	34	27	36	38	38	34,11

VALORES ACIMA E ABAIXO 10% DA LEITURA DO ESCLERÔMETRO				
		Média	Média (-) 10%	Média (+) 10%
LE	1º	27,89	25,10	30,68
	2º	30,11	27,10	33,12
	3º	34,11	30,70	37,52

ELEMENTO ESTRUTURAL	Piso	IE - ÍNDICE ESCLEROMÉTRICO									
		LE - valores compreendidos entre (-) 10% e (+) 10% da Leitura do Esclerômetro									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	Média
		MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
LE	1º		27	28	35	28				26	28,80
	2º		31	32	30	30		28		32	30,50
	3º	35	32	33	34	34		36			34,00

LE	Piso	Média	IEc - ÍNDICE ESCLEROMÉTRICO EFETIVO	
			IE	IEc
			Média dos 4 pisos	Média dos 4 pisos
	1º	28,80		
	2º	30,50		
	3º	34,00	31,10 MPa	30,00 MPa



Leitura no LE

Tabela 28 - LPE - resultados obtidos nos ensaios

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

LPE	28,00 MPa
-----	-----------

ELEMENTO ESTRUTURAL	Piso	IE - ÍNDICE ESCLEROMÉTRICO									
		LE - LEITURA DO ESCLERÔMETRO									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	Média
		MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
LPE	1º	24	22	25	27	24	26	24	24	22	24,22
	2º	32	32	32	36	30	28	34	31	32	31,89
	3º	28	34	38	26	30	32	34	32	28	31,33

VALORES ACIMA E ABAIXO 10% DA LEITURA DO ESCLERÔMETRO				
		Média	Média (-) 10%	Média (+) 10%
LPE	1º	24,22	21,80	26,64
	2º	31,89	28,70	35,08
	3º	31,33	28,20	34,47

ELEMENTO ESTRUTURAL	Piso	IE - ÍNDICE ESCLEROMÉTRICO									
		LE - valores compreendidos entre (-) 10% e (+) 10% da Leitura do Esclerômetro									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	Média
		MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
LPE	1º	24	22	25		24	26	24	24	22	23,88
	2º	32	32	32		30		34	31	32	31,86
	3º		34			30	32	34	32		32,40

LPE	Piso	Média	IEc - ÍNDICE ESCLEROMÉTRICO EFETIVO	
			IE	IEc
			29,38 MPa	28,00 MPa



Leitura no LPE

4.5.4. Conclusão dos ensaios

Para melhor conhecimento e percepção da resistência real à compressão dos elementos estruturais submetidos a ensaio ter-se-ia que fazer ensaios mais precisos e mais credíveis os quais são destrutivos e realizados em laboratório. Este ensaio é uma forma simplificada de termos uma noção do estado real de uma estrutura.

Na tabela 29 temos a conclusão dos ensaios por elemento estrutural e a comparação, em termos de resistência á compressão, com a inicialmente pretendida na fase de projeto. Para efeitos comparativos calculou-se a margem entre o valor estimado em projeto e o valor obtido nos ensaios.

Tabela 29 - Comparação entre o Betão de Calculo e o Betão Aplicado em Obra considerando o coeficiente de endurecimento de 1,00 (28 dias) previsto no artigo 15º do REBAP

RESISTÊNCIA à COMPRESSÃO					MARGEM ACIMA DO PROJETO
Classe do Betão		Leitura			
		IE	IEc		
anterior	atual	MPa	MPa		
P2	B 20	C 16/20	29,36	23,00	1,15
P8	B 20	C 16/20	32,29	27,00	1,35
P9	B 20	C 16/20	32,88	30,00	1,50
LC	B 20	C 16/20	30,40	29,00	1,45
LE	B 20	C 16/20	31,10	30,00	1,50
LPE	B 20	C 16/20	29,38	28,00	1,40

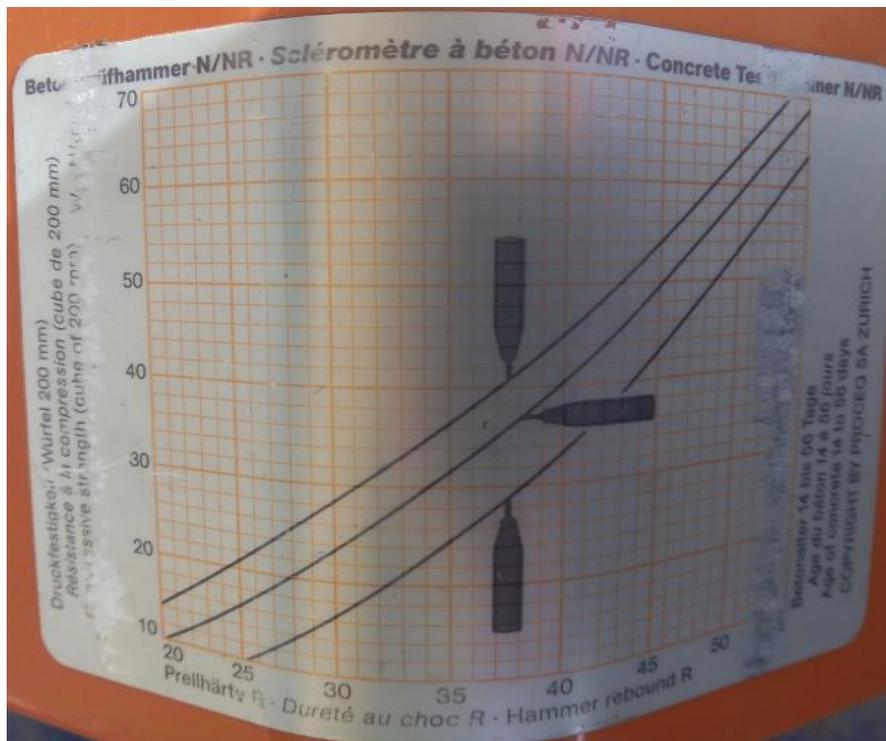
IE	Índice Esclerométrico
IEc	Índice Esclerométrico Efetivo

Igualmente na tabela 30 temos também a conclusão dos ensaios mas por piso em vez de ser por elemento estrutural. Para efeitos comparativos além do cálculo da margem entre o valor estimado em projeto e o valor obtido nos ensaios, também se faz comparação entre o betão usado em obra e o betão de cálculo usando os sinais >, <, V (maior; menor; ou). Os pilares estão num quadro e as lajes noutra pelo facto de utilizarem diferente curva de correlação.

Tabela 30 - Classificação do Betão por Piso
 Considerando o coeficiente de endurecimento de 1,00 (28 dias) previsto no artigo 15º do REBAP

CLASSIFICAÇÃO DO BETÃO POR PISO								
LEITURA 0° (→) EM PILARES								
Elemento		P2	P8	P9	IE	IEc	Margem Segurança	Betão Obra > v < Betão Calculo
Estrutural		MPa	MPa	MPa	MPa	MPa		
Piso	r/c	23,00	24,50	38,50	28,67	21,00	1,05	> C 16/20
	1º	30,44	35,14	32,57	32,72	27,00	1,35	> C 16/20
	2º	35,00	35,50	30,43	33,64	29,00	1,45	> C 16/20
	3º	29,00	34,00	30,00	31,00	25,00	1,25	> C 16/20

CLASSIFICAÇÃO DO BETÃO POR PISO								
LEITURA (-)90° (↓) EM LAJES								
Elemento		LC	LE	LPE	IE	IEc	Margem Segurança	Betão Obra > v < Betão Calculo
Estrutural		MPa	MPa	MPa	MPa	MPa		
Piso	r/c							> C 16/20
	1º	29,50	28,80	23,88	27,39	24,00	1,20	> C 16/20
	2º	27,33	30,50	31,86	29,90	28,50	1,43	> C 16/20
	3º	34,38	34,00	32,40	33,59	34,00	1,70	> C 16/20



Ábaco de correlação do martelo de Schmidt fornecido pelo fabricante

Conforme se pode verificar nas tabelas 29 e 30 os elementos estruturais de betão armado da obra ensaiados têm uma margem de segurança acima daquela que é imposta pela legislação, considerando para o efeito um coeficiente de endurecimento de 1,00 equivalente á idade do betão com 28 dias. A capacidade resistente característica à compressão do betão é menor do que a resistência efetiva, calculada pelo uso de um esclerômetro. Pelo que o betão utilizado no edifício aparenta ser de boa qualidade e com uma capacidade resistente superior á prevista no projeto.

Na tabela 31 temos, mais uma vez, a conclusão dos ensaios por elemento estrutural e a comparação com a inicialmente pretendida na fase de projeto, mas desta vez considerou-se 1,45 de coeficiente de endurecimento. Para efeitos comparativos calculou-se a margem entre o valor estimado em projeto e o valor obtido nos ensaios.

Tabela 31 - Comparação entre o Betão de Calculo e o Betão Aplicado em Obra considerando o coeficiente de endurecimento de 1,45 (∞ dias) previsto no artigo 15º do REBAP

RESISTÊNCIA à COMPRESSÃO					MARGEM ACIMA DO PROJETO	CE ∞ dias = 1,45
Classe do Betão		Leitura				
		IE	IEc			
anterior	atual	MPa	MPa			
P2	B 20	C 16/20	29,36	23,00	1,15	(<) 1,45
P8	B 20	C 16/20	32,29	27,00	1,35	(<) 1,45
P9	B 20	C 16/20	32,88	30,00	1,50	(>) 1,45
LC	B 20	C 16/20	30,40	29,00	1,45	(=) 1,45
LE	B 20	C 16/20	31,10	30,00	1,50	(>) 1,45
LPE	B 20	C 16/20	29,38	28,00	1,40	(<) 1,45

IE	Índice Esclerométrico
IEc	Índice Esclerométrico Efetivo
CE	Coeficiente de endurecimento

Igualmente na tabela 32 temos também a conclusão dos ensaios mas por piso em vez de ser por elemento estrutural. Para efeitos comparativos além do cálculo da margem entre o valor estimado em projeto e o valor obtido nos ensaios, também se faz comparação entre o betão usado em obra e o betão de cálculo usando os sinais >, <, V (maior; menor; ou). Os pilares estão num quadro e as lajes noutra pelo facto de utilizarem diferente curva de correlação conforme ábaco de correlação do martelo de Schmidt fornecido pelo fabricante ilustrado na tabela 30.

Tabela 32 - Classificação do Betão por Piso
Considerando o coeficiente de endurecimento de 1,45 (∞ dias) previsto no artigo 15º do REBAP

CLASSIFICAÇÃO DO BETÃO POR PISO									
LEITURA 0° (→) EM PILARES									
Elemento		P2	P8	P9	IE	IEc	Margem Segurança	CE	Betão Obra > v < Betão Cálculo
Estrutural		MPa	MPa	MPa	MPa	MPa		∞ dias	
Piso	r/c	23,00	24,50	38,50	28,67	21,00	1,05	1,45	< C 16/20
	1º	30,44	35,14	32,57	32,72	27,00	1,35	1,45	< C 16/20
	2º	35,00	35,50	30,43	33,64	29,00	1,45	1,45	= C 16/20
	3º	29,00	34,00	30,00	31,00	25,00	1,25	1,45	< C 16/20

CLASSIFICAÇÃO DO BETÃO POR PISO									
LEITURA (-)90° (↓) EM LAJES									
Elemento		LC	LE	LPE	IE	IEc	Margem Segurança	CE	Betão Obra > v < Betão Cálculo
Estrutural		MPa	MPa	MPa	MPa	MPa		∞ dias	
Piso	r/c								
	1º	29,50	28,80	23,88	27,39	24,00	1,20	1,45	< C 16/20
	2º	27,33	30,50	31,86	29,90	28,50	1,43	1,45	< C 16/20
	3º	34,38	34,00	32,40	33,59	34,00	1,70	1,45	> C 16/20

Conforme se pode verificar nas Tabelas 31 e 32, nem todos elementos estruturais estudados, considerando para o efeito um coeficiente de endurecimento de 1,45 equivalente á idade do betão com (∞) dias, conforme o artigo 15º do REBAP, estão em conformidade com as características

pretendidas no projeto. A resistência característica à compressão do betão não é menor que a resistência efetiva em todos elementos estruturais estudados, calculada pelo uso de um esclerómetro. Logo o betão utilizado no edifício pode não corresponder ao previsto no projeto. No entanto, o betão usado na estrutura oferece a suficiente qualidade e segurança, sabendo que, para o cálculo estrutural foram usados coeficientes de segurança nos materiais e nas fórmulas de cálculo da estrutura, e para acrescentar, o dimensionamento foi executado em conformidade com o REBAP, no qual a fórmula de cálculo prevê um coeficiente de segurança adicional para a tensão de rotura do betão à compressão de $0.85f_{cd}$, que no EC2 não prevê. Como também, pelo facto de os valores obtidos estarem muito próximos dos valores pretendidos e acima dos valores considerando um coeficiente de endurecimento equivalente à idade do betão com 28 dias.

O gráfico da figura 58 exemplifica o comportamento efetivo dos elementos de betão armado estudados e aquilo que seria espectável comparativamente com o coeficiente de endurecimento previsto no REBAP (Tabela 7).

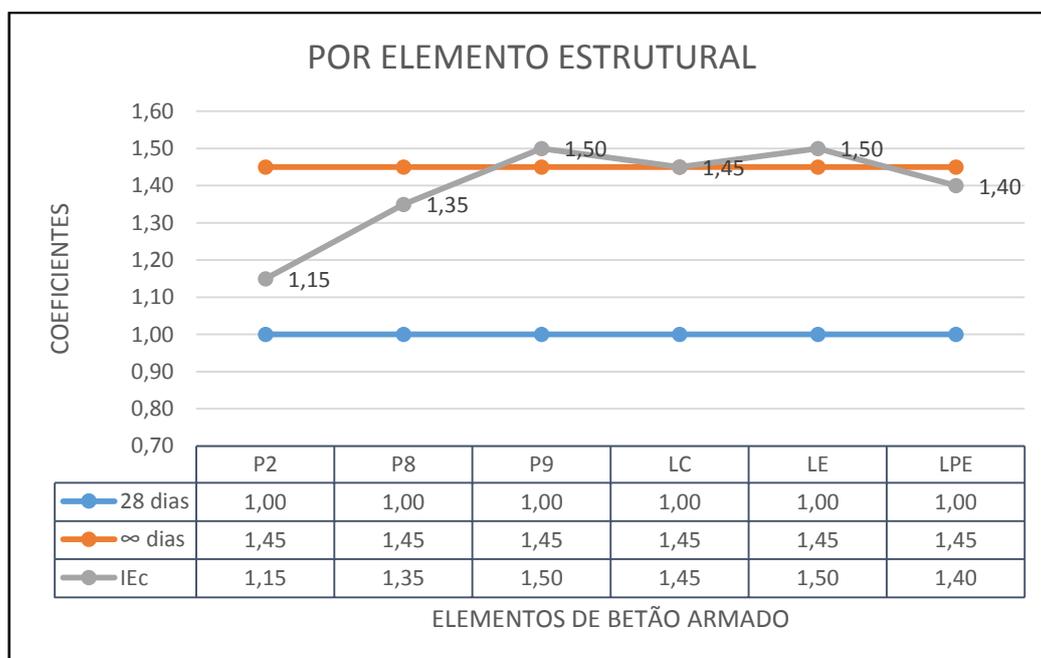


Figura 58 – Comparação entre coeficientes de endurecimento e coeficiente efetivo

4.6. Análise estrutural

4.6.1. Fendilhação

A fendilhação depende do tipo de agressividade do meio ambiente ao qual está associado uma largura máxima e a respetiva combinação de ações (art.º 68.2) e é necessário verificar o estado limite de largura de fendas (w).

No entanto o REBAP enuncia que poderá considerar-se satisfeita a verificação da segurança aos SLS de largura de fendas, quando a classe ambiental for pouco ou moderadamente agressiva e sejam cumpridas as disposições relativas a espaçamento de varões. Outra forma de verificar o estado limite de largura de fendas é efetuando o cálculo expedito da largura de fendas (art.º 70º).

"A verificação da segurança em relação à fendilhação em estruturas de betão armado e pré-esforçado (à parte considerações de ordem estética) destina-se, fundamentalmente, a garantir que, durante a vida da obra, as armaduras não sofram corrosão que comprometa significativamente a sua resistência. Trata-se, portanto, basicamente, de um problema de durabilidade."

Pelo que, com base na observação efetuada à obra, e do ponto de vista macroscópico, não há qualquer razão para pôr em causa a durabilidade estrutural.

4.6.2. Deformação

Todas as vigas, incluindo as consolas que são mais suscetíveis a flechas, não apresentam deformação aparente. As paredes de alvenaria de tijolo, tanto as que estão por baixo das vigas como aquelas que estão por baixo das lajes, não apresentam qualquer tipo de fissuração. Pelo que, os valores estabelecidos pelos regulamentos, incluindo a limitação de 1,5cm para a flecha máxima quando os elementos podem afetar paredes divisórias, estão perfeitamente dentro dos parâmetros estabelecidos por regulamento de betão armado.

Desta forma, entre outros fatores importantes que determinam o comportamento das estruturas de betão armado, a altura mínima das vigas foi satisfeita (art.º89 do REBAP).

4.6.3. Verificação estrutural

Na fase de projeto estrutural foram colocadas variáveis básicas que nem todas, nesta fase da obra, estão a ser testadas. O edifício ainda não é habitado, pelo que, não foi sujeito a sobrecargas, na modelação imposta por essas sobrecargas e as sobrecargas muito variáveis produzidas pela permanência humana. O peso próprio de todo o edifício não está completo porque ainda faltam os trabalhos de revestimentos e acabamentos. Como o edifício não está habitado também não têm havido ocorrências que possam pôr em causa a sua estabilidade.

Posto isto, a análise estrutural pode representar um conjunto de incertezas que só serão desfeitas com a conclusão da obra e com a sua utilização.

4.7. Edifício contíguo

4.7.1. Introdução

Uma vez que o edifício adjacente está completamente revestido com argamassa incluindo pintado e apresenta patologias superficiais presumivelmente ao nível do reboco e para melhor podermos avaliar o comportamento dos rebocos temos que abordar alguns conceitos conhecidos sobre o reboco tradicional.

4.7.1.1. Camadas do reboco tradicional

O reboco tradicional é constituído por três camadas:

- ❖ Para melhorar a aderência salpica-se a superfície com uma camada de argamassa (com 3 a 5mm) com elevado teor em ligante designada por SALPISCO
- ❖ Depois para garantir planeza e verticalidade reveste-se a superfície com uma camada de base (com 10 a 15mm) para regularização superficial e impermeabilização designada por EMBOÇO.

- ❖ Para finalizar reveste-se a superfície com uma camada de acabamento (com 5 a 10mm) decorativa, para impermeabilização, resistente ao choque com baixo teor em ligante designada por REBOCO.

4.7.1.2. Reboco tradicional

O reboco tradicional é um revestimento com ligantes minerais com base em cimento e cal e podem ser:

- ✓ Fortes com elevado teor de ligante em que as argamassas têm boa aderência, boa trabalhabilidade mas elevada tendência para fendilhação.
- ✓ Fracos com baixo teor de ligante em que as argamassas têm fraca aderência, pouca trabalhabilidade, porosa e pouca tendência para fendilhação.
- Camada única que originam fendas largas á superfície que atingem facilmente o suporte.
- Várias camadas reduzem a largura das fendas, dificultam o seu desenvolvimento em profundidade e provocando fissuras estreitas e desconstradas.

4.7.1.3. Características do reboco tradicional:

- Argamassas de cimento e areia têm elevada resistência, grande compacidade, elevada rigidez, elevada retração e grande tendência para a retração.
- Argamassas de cimento, cal apagada e areia têm maior trabalhabilidade, maior deformação na rotura, maior porosidade e menor suscetibilidade à fendilhação.
- Argamassas de cal hidráulica natural e areia têm características entre as argamassas de cimento e areia e as de cal apagada e areia. São utilizadas em obras de reabilitação e obras novas.
- Argamassas de cal hidráulica artificial e areia têm resistência à compressão semelhante à obtida com argamassas de cal hidráulica natural e menor deformação à rotura.

4.7.2. Descrição geral do edifício adjacente

O edifício adjacente da figura 59 foi construído com uma solução estrutural idêntica á do edifício em estudo, considerada clássica, considerando para tal uma malha de estruturas praticadas ortogonais. As lajes apoiam em vigas e estas descarregam nos pilares. Por sua vez os pilares descarregam nas sapatas isoladas e por último estas descarregam no terreno.



Figura 59 - Edifício contiguo

Ambos os edifícios foram construídos em datas muito próximas, pelo que, o estado de deformação estrutural pode ser comparado, também porque os princípios utilizados de cálculo são, de uma forma geral, semelhantes. A diferença mais acentuada entre eles é a de que o edifício em estudo apenas tem a estrutura e a alvenaria concluída e o edifício adjacente está completamente concluído.

4.7.3. Fendilhação exterior

No edifício contiguo não se consegue verificar se existem fissuras ao nível estrutural. O exterior do edifício apresenta bastantes fissuras (figura 60) que pela sua configuração são apenas ao nível do reboco. Estas fissuras com uma abertura inferior a 0.2mm, conforme se observa na figura 61, não são profundas nem desencontradas (não há assentamentos) nem tiveram

evolução (figura 62), só por isso é prova de que não são estruturais. São fissuras superficiais ao nível do reboco muito provavelmente provocado pelas argamassas por terem elevado teor de ligante.



Figura 60 - Paredes exteriores do edifício contiguo

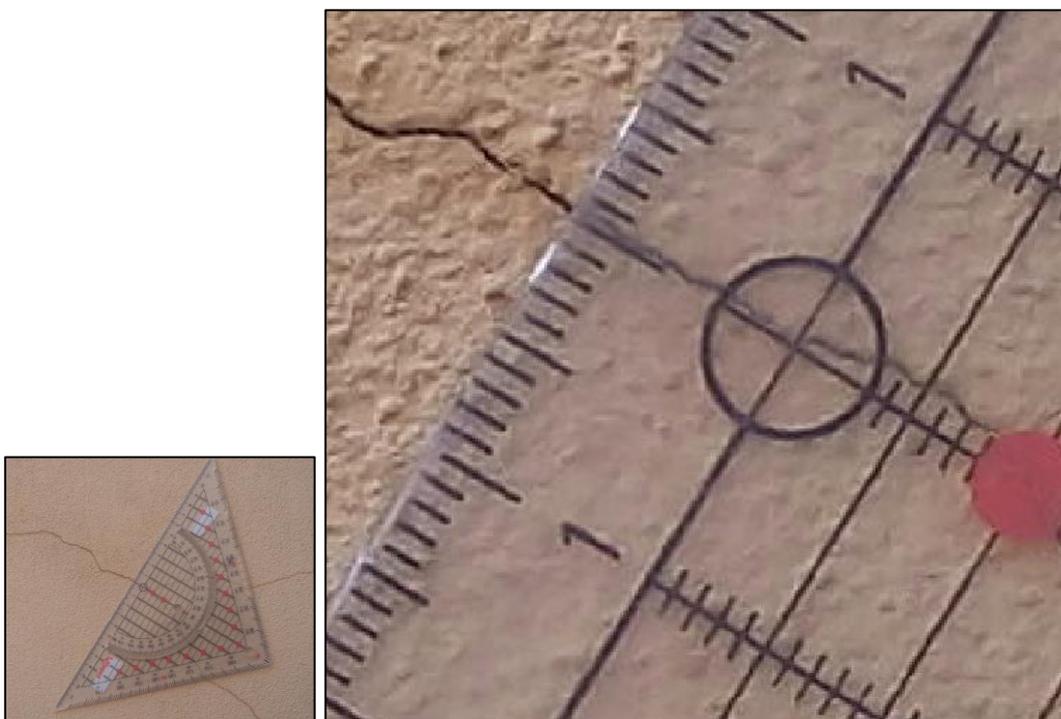


Figura 61 – Abertura da fissura no edifício contiguo

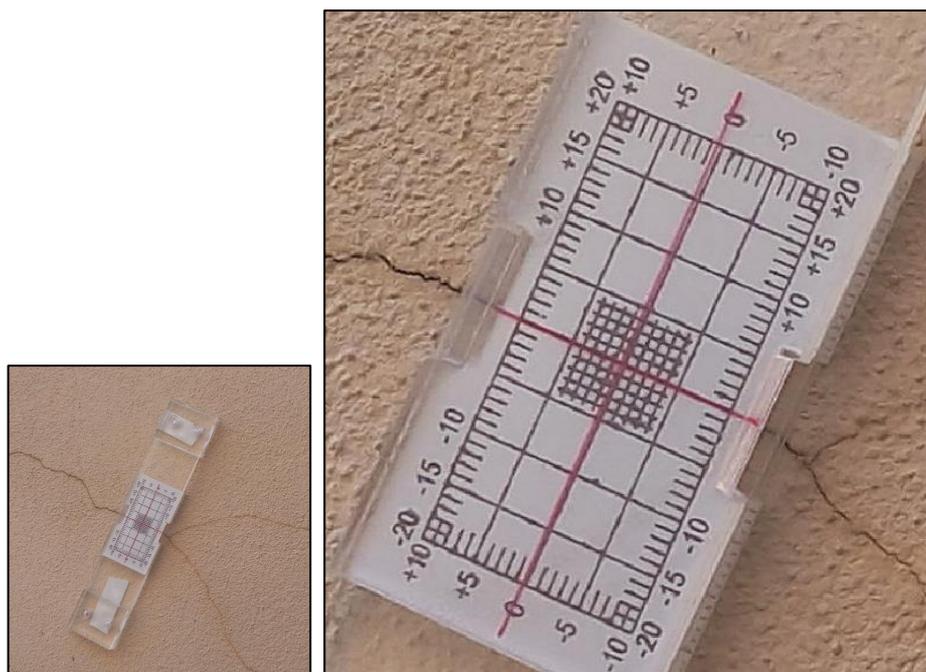


Figura 62 – Evolução da abertura da fissura no edifício contíguo

As fissuras existentes são estreitas e formam uma malha pelo que se deduz que o reboco foi executado por várias camadas o que dificultou o desenvolvimento em profundidade. Usando a classificação da tabela 33 podemos afirmar que são fissuras medianas irrelevantes.

Tabela 33 - Classificação de fissuramentos

	TRINCA mm	FISSURA mm	MICROFISSURA mm
ABERTURA	>0,5 e <1,0	≤ 0,5	≤ 0,05

Se as argamassas fossem de cimento e areia, com elevada resistência, o número de fendas seria provavelmente maior. Ao contrário se as argamassas fossem de cimento, cal apagada e areia teriam maior deformação na rotura e menos fendilhação. Pelo que, entendo que estamos na presença de algo que se situa ao nível do meio-termo, argamassas de cal hidráulica natural e areia.

4.7.4. Patologias interiores

As patologias encontradas no interior do edifício, apenas na caixa de escadas, estão relacionadas com a ação de diversos agentes como a água e muito provavelmente ligeiros assentamentos.

No caso da figura 63 as fissuras só aparecem do lado da caixa de escadas, zona não aquecida. O revestimento da parede apresenta-se deteriorado com fissuras e algum destacamento do revestimento. É provável que frequentemente exista o fenómeno de condensações superficiais.



Figura 63 - Parede interior virada para a caixa de escadas

No caso da figura 64, parece ter havido um assentamento da estrutura ou simplesmente um assentamento da alvenaria. Desconhece-se o esquema estrutural e em virtude de o edifício não ter cave é mais suscetível que tenha havido um assentamento no betão do piso térreo já que a alvenaria parece assentar no massame do R/C.



Figura 64 - Separação na parede interior virada para a caixa de escadas.

Na figura 65 podemos ver a claraboia fechada e junto a esta existe um destacamento de revestimento provocado provavelmente pela entrada de humidade.



Figura 65 - destacamento do revestimento na parede junto á claraboia.

De notar que a ventilação da caixa de escadas é feita pela porta de acesso ao edifício e pela claraboia existente no telhado (figura 65) que se encontra quase sempre fechada. Sendo assim, se não existir outro tipo de ventilação que tenha passado despercebido, coloca-se a questão se realmente funciona a ventilação na caixa de escadas. Por outro lado, as paredes da caixa de escadas, zona não aquecida, estão em contato com os apartamentos, zonas aquecidas.

5. COMPORTAMENTO TÉRMICO

O objetivo deste capítulo é o de estudar a solução térmica existente anterior a 4/06/2006 e apresentar uma solução térmica melhorada que cumpra a legislação atualmente em vigor (Decreto Lei nº118/2013), que rege o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE) e o Regulamento do Desempenho Energético de Edifícios de Habitação (REH)

Este sistema obriga à emissão do Certificado Energético (CE) para todas as frações do edifício, que classifica cada fração em termos do seu Desempenho Energético, segundo uma escala pré-definida de 8 classes representadas na figura 66, em que a classe A+ corresponde ao melhor Desempenho Energético e a classe F ao pior Desempenho Energético.

O Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE) implementado em Portugal tem como objetivo apresentar um conjunto de informação relevante sobre o Desempenho Energético dos Edifícios, nomeadamente:

- Informar do Desempenho Energético dos Edifícios, classificando-os de modo a que o consumidor final os possa comparar e escolher estes em função da Classe Energética;
- Apresentar um quadro de Medidas de Melhoria, identificadas pelo Perito Qualificado, que conduzam à melhoria da Eficiência Energética, do conforto e da eventual redução dos consumos de energia para diversos fins;
- Identificar as componentes do edifícios e os seus sistemas técnicos, permitindo assim cadastrar, num único documento, informação relacionada com o desempenho energético e que por vezes não está ao alcance imediato do utilizador do edifício.



Figura 66 - Classificação Energética

5.1. Existente – licenciamento anterior a 4/07/2006

5.1.1. Descrição geral

O edifício como foi referido localiza-se em Mirandela e tem quatro pisos conforme se pode observar na figura 22 da página 32. O rés-do-chão destina-se a comércio e a garagens, e os três restantes pisos destinam-se a habitação. Por opção o estudo térmico incidirá exclusivamente sobre o apartamento no primeiro piso. Inicialmente foi elaborado um estudo térmico e aprovado pelo respetivo Município em conformidade com a legislação na altura em vigor.

5.1.2. Marcação das envolventes

Neste artigo apenas serão apresentadas nas figuras 67, 68 e 69 as plantas relativas ao primeiro piso destinado a habitação. As restantes plantas, do segundo e terceiro pisos habitacionais, encontram-se no Anexo A.

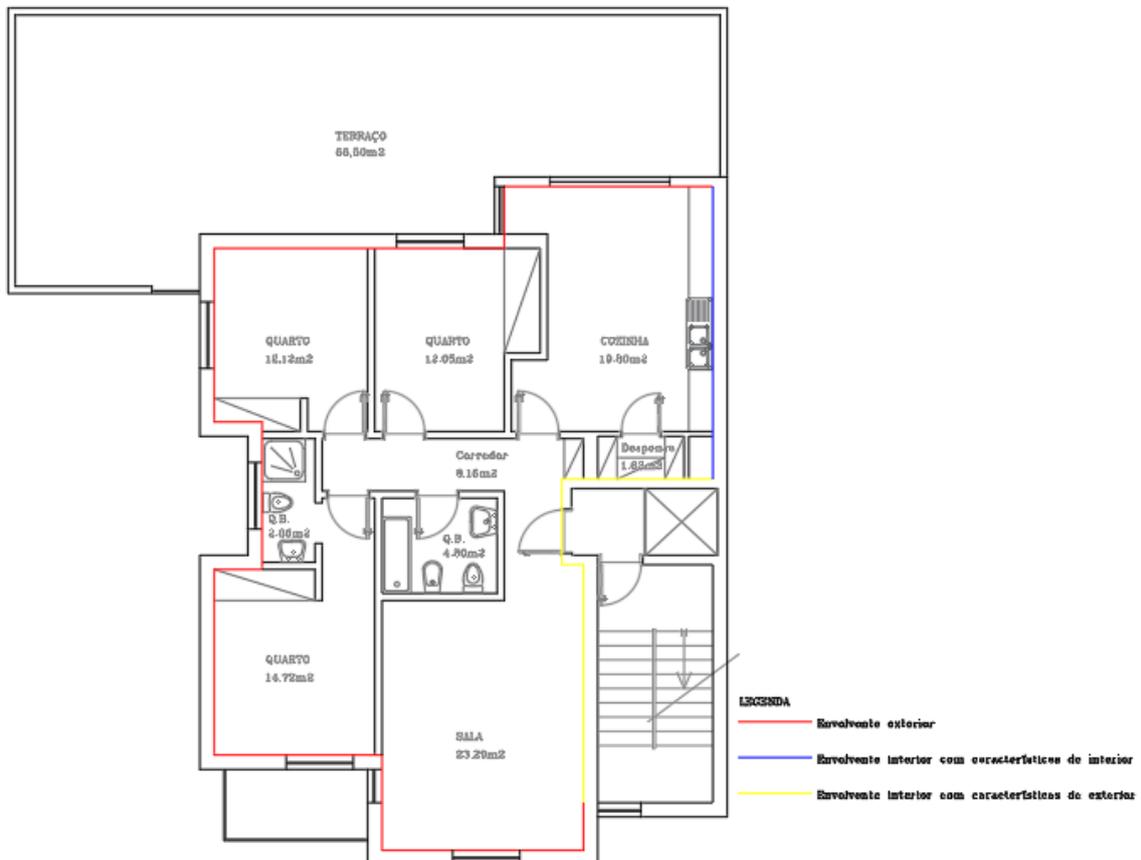


Figura 67 - envolvente com/sem requisitos

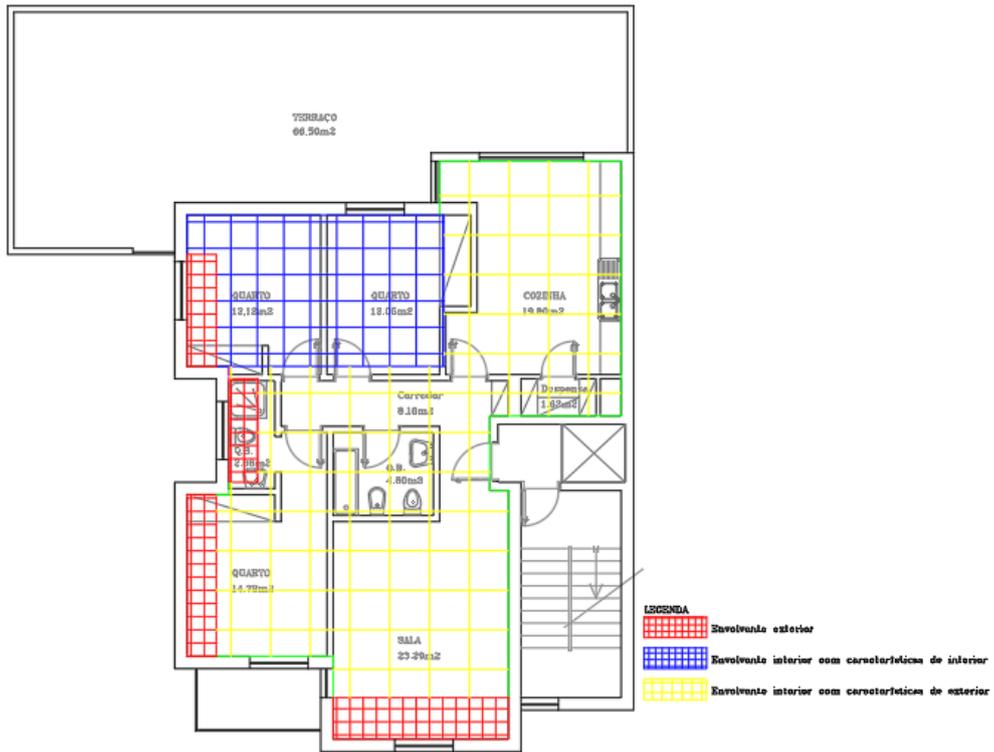


Figura 68 - identificação tipo de pavimento

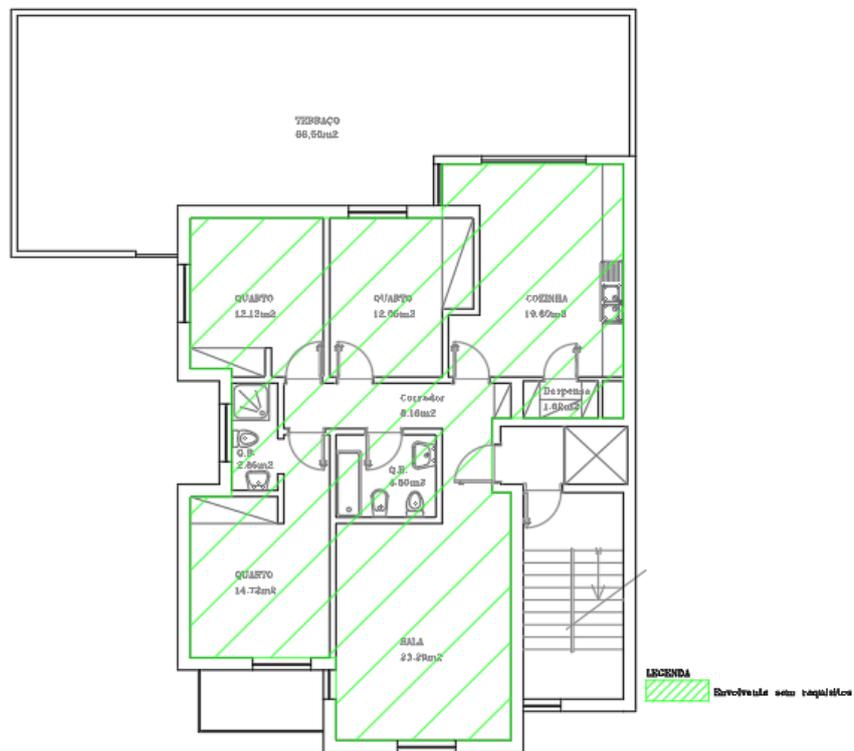


Figura 69 - identificação tipo de cobertura

5.1.3. Solução construtiva

5.1.3.1. Paredes exteriores

As paredes exteriores protegem os ambientes interiores de elementos externos, como o clima e o ruído, ajudando a controlar o ambiente dentro do edifício. Por vezes também têm como funções as de assegurar estabilidade e resistir mecanicamente a ações externas, resistir ao fogo, dificultando ou mesmo impedindo a propagação de um incêndio para o interior do edifício, garantir a estanquidade à água e ao ar e proporcionar um nível de conforto térmico e acústico adequados ao tipo de ocupação do edifício.

As paredes exteriores, conforme se indica na figura 70, são em alvenaria dupla de tijolo furado com a seguinte constituição:

- Pano exterior – tijolo furado 30x20x15cm³.
- Caixa-de-ar – isolamento térmico em poliestireno expandido tipo “Walmate”, com 4cm de espessura, preenchendo totalmente a caixa-de-ar.
- Pano interior – tijolo furado 30x20x11cm³.
- Face interior do pano interior, no andar, prevê-se reboco estanhado com acabamento a tinta plástica de cor clara.
- Face exterior do pano exterior, prevê-se reboco areado pintado a tinta plástica de cor branca.

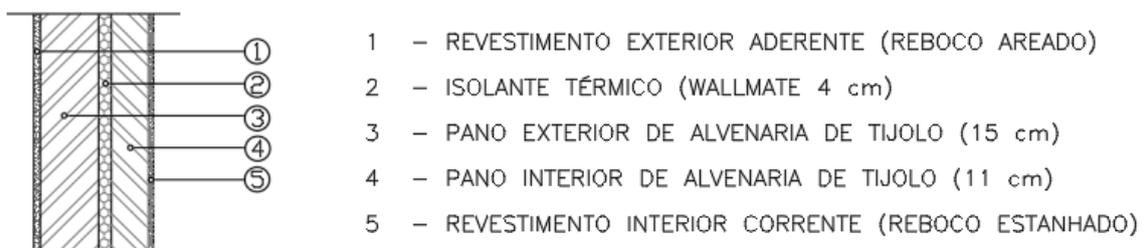
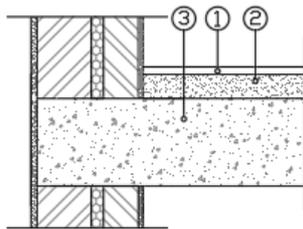


Figura 70 - parede dupla exterior de alvenaria de tijolo

5.1.3.2. Pavimentos

Nos pavimentos em contacto com o exterior ou em contacto com espaços não-úteis, a solução construtiva inicial é a das figuras 71 e 72. Estas lajes aligeiradas e/ou maciças não têm isolamento térmico.



- 1 - REVESTIMENTO
- 2 - CAMADA DE REGULARIZAÇÃO - ARGAMASSA DE CIMENTO
- 3 - BETÃO ARMADO

Figura 71 - pavimento interior sem isolamento

A laje da figura 72 é constituída por vigotas de betão (pré-esforçadas), abobadilha cerâmica e uma camada de betão na face superior (lamina de compressão).

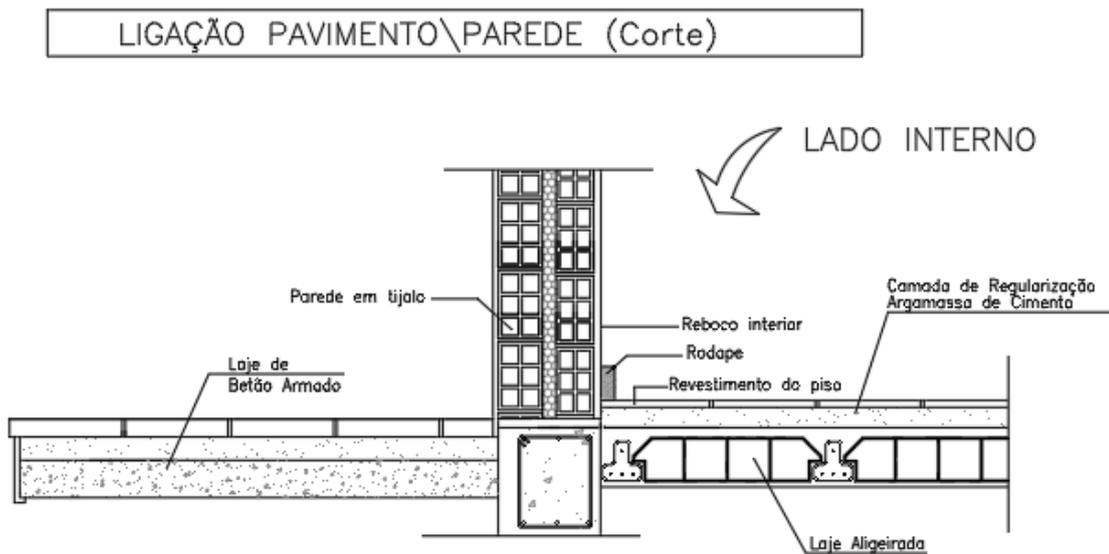


Figura 72 - pavimento interior sem isolamento e consola pelo exterior

5.1.3.3. Envidraçados

O desempenho de cada tipo de envidraçado depende das propriedades dos materiais que a constituem. No edifício em estudo optou-se por caixilharia em PVC.

As soluções de PVC apresentam um custo inferior e melhor desempenho térmico. O alumínio apresenta um coeficiente de transmissão térmica elevado, o risco de condensações no Inverno é elevado e no verão o sobreaquecimento é elevado se não tiver corte térmico.

O PVC é um material termoplástico que resulta da combinação química de carbono, hidrogénio e cloro, apresentando um conjunto interessante de propriedades, pois é um material resistente, impermeável e isolante. Atendendo a esta caracterização do PVC, a caixilharia obtida a partir deste material manifesta um bom desempenho em termos de estanquidade à água, permeabilidade ao ar e de isolamento térmico e acústico. No entanto é aceitável em termos de resistência mecânica relativamente a outras soluções como por exemplo as caixilhariias em madeira ou alumínio. Daí que, os perfis em PVC apresentem secções superiores.

O vidro é o componente com maior expressão no vão envidraçado, em termos de área, e é aquele que estabelece as principais funções do mesmo. Sendo um mau condutor de calor tem uma reduzida resistência ao choque térmico. Neste caso a caixilharia é constituída por vidro duplo (6mm - 16mm de caixa de ar - 6mm), conforme figura 73.

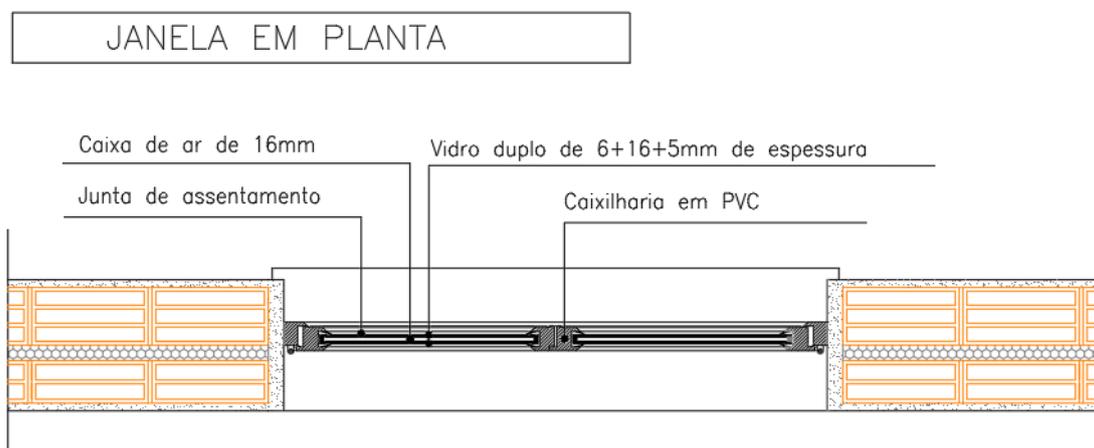


Figura 73 - caixilho envidraçado de uma janela

5.1.3.4. Pontes térmicas

As pontes térmicas são definidas como toda e qualquer zona da envolvente dos edifícios em que a resistência térmica, R , é significativamente alterada em relação à zona corrente. Assim sendo, nas zonas onde estão presentes pontes térmicas, as linhas de fluxo de calor deixam de ser retilíneas, aspeto característico de um processo unidirecional, e tomam as direções em que a resistência oferecida à passagem de calor é menor. Esta particularidade transforma a transmissão de calor nessas zonas num processo bidimensional ou mesmo tridimensional.

Resultam de uma heterogeneidade, registando-se nessas zonas um acréscimo de trocas de calor pela envolvente. Na sua origem podem-se destacar os seguintes fatores:

- Materiais com diferentes condutibilidades térmicas;
- Variação na espessura de um elemento;
- Diferenças entre áreas interiores e exteriores, como é o caso que ocorre nos encontros entre paredes (cunhais), entre paredes e tetos, e entre paredes e pavimentos, conforme se pode verificar nas figuras 74 e 75 em que se apresentam dois exemplos de pontes térmicas.

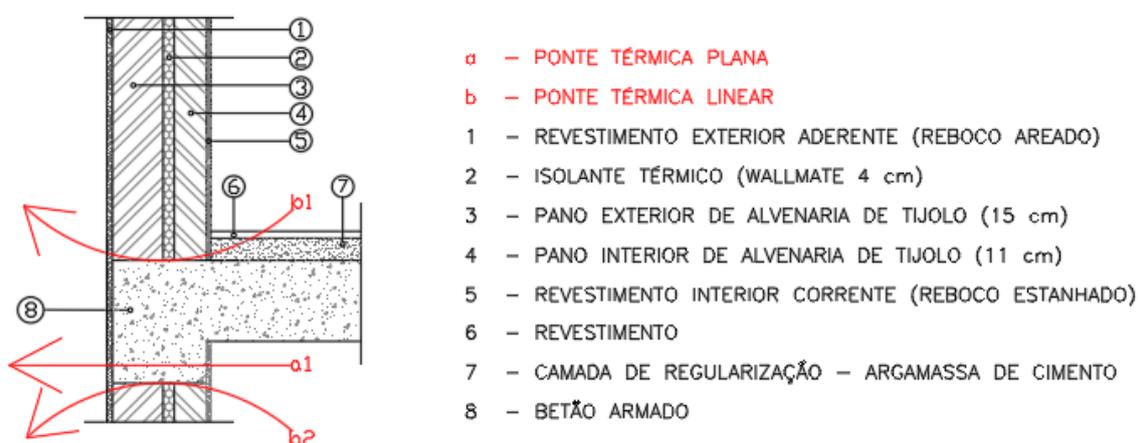


Figura 74 - Elementos de betão em contato direto com o exterior

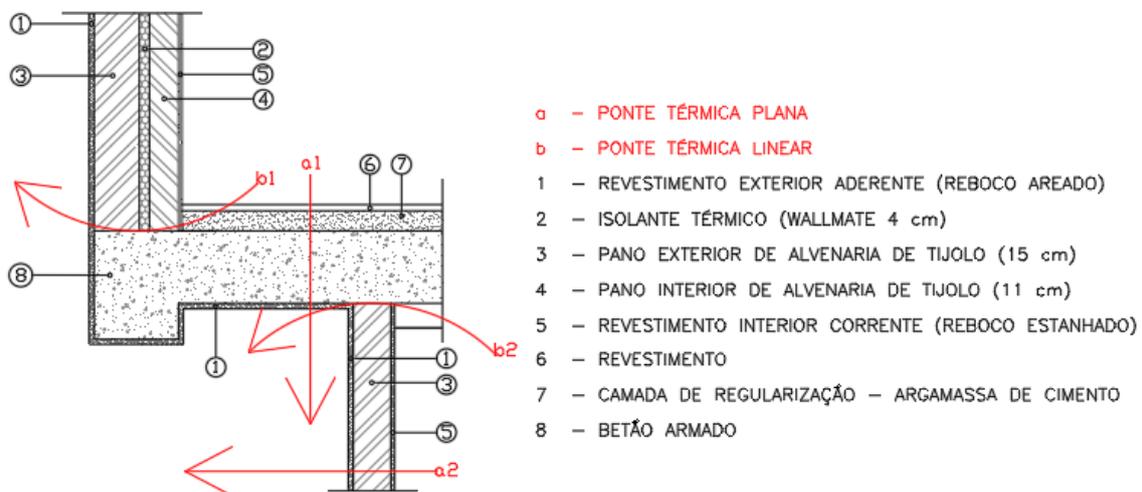


Figura 75 - Elementos de betão em contato direto com o exterior

5.1.4. Resultados – BALANÇO ENERGÉTICO

Nas tabelas 34 até 37 apresentam-se os resultados do estudo do comportamento térmico do andar em estudo, utilizando a folha de cálculo para o REH, desenvolvida pelo ITeCons, para o edifício existente.

Tabela 34 - Indicadores energéticos - ITeCons

Indicadores Energéticos			
Sigla	Descrição		
Nic	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/m2.ano)		
Nvc	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/m2.ano)		
Qa	Energia útil para preparação de água quente sanitária (kWh/ano)		
Wvm	Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores (kWh/ano)		
Eren	Energia produzida a partir de fontes renováveis para usos regulados (kWh/ano)		
Eren AQS	Energia produzida a partir de fontes renováveis para produção de AQS (kWh/ano) (para efeito de verificação do requisito mínimo)		
Eren,ext	Energia produzida a partir de fontes renováveis para outros usos (kWh/ano)		
Ntc	Necessidades nominais anuais globais de energia primária (kWh/m2.ano)		

Sigla	Valor	Referência	
Nic	100,21	53,27	
Nvc	25,71	29,15	
Qa	2377	2377	Ntc/Nt
Wvm	0,00		1,46
Eren	0	0	
Eren AQS	0	0	Classe Energética
Eren,ext	0,00		C
Ntc	162,30	111,01	

Tabela 35 – Indicadores de desempenho - ITeCons

Indicadores de Desempenho			
	Valor de Referência (kWh/m2.ano)	Valor do Edifício (kWh/m2.ano)	Renovável (%)
Aquecimento	59,86	111,35	0,00
Arrefecimento	9,72	8,57	0,00
AQS	26,87	29,52	0,00
Energia Renovável (%)		0,00	Emissões de CO2 (t/ano)
			3,14

Tabela 36 – Avaliação – Identificação de medidas - ITeCons

Avaliação do Potencial para a Identificação de Medidas de Melhoria				
[alínea b) do ponto 4. do Despacho n.º 7113/2015 de 29 de Junho]				
Verde (superior a 30%) - Elevado potencial de melhoria				
Amarelo (entre 0% e 30%) - Algum potencial de melhoria				
Vermelho (inferior a 0%) - Não existe potencial de melhoria				
			Solução Inicial	Simulação em curso
Variação das necessidades de energia útil utilizando os valores de referência do coeficiente de transmissão térmica (U_{REF})	Aquecimento	✓	38,8%	—
	Arrefecimento	!	4,5%	—
Variação das necessidades de energia final utilizando os valores de referência para os sistemas técnicos:	Aquecimento	✓	38,1%	—
	Arrefecimento	!	4,5%	—
	AQS	!	9,0%	—

Tabela 37 – Dados climáticos - ITeCons

Dados Climáticos			
Graus-dia	1.374		
Zona Climática de Inverno	I2	Zona Climática de Verão	V3
Temperatura Média Exterior Inverno (°C)	7,3	Temperatura Média Exterior Verão (°C)	24,7
Duração da estação de aquecimento (meses)	7,3	Duração da estação de arrefecimento (meses)	4,0

5.2. Proposta – legislação atual – a partir de 1/01/2016

5.2.1. Descrição geral

Neste artigo, em virtude de a solução existente não se adaptar á legislação atual, irá ser apresentada uma proposta de melhoria da térmica do respetivo edifício situado na cidade de Mirandela. Apresentam-se assim as melhores e mais adequadas soluções relativas aos vários elementos que constituem o edifício, nomeadamente a envolvente opaca, os vãos envidraçados, os sistemas de ventilação, os sistemas de produção de AQS, os sistemas de climatização e os sistemas para aproveitamento de fontes de energia renováveis.

A marcação das envolventes é a mesma apresentada para o caso existente.

5.2.2. Solução térmica

5.2.2.1. Paredes exteriores

Uma vez revestidas as pontes térmicas será lógico dar continuidade ao revestimento da alvenaria dupla de tijolo – figura 76, mantendo a espessura da parede, o que permite uma melhoria substancial da eficiência energética.

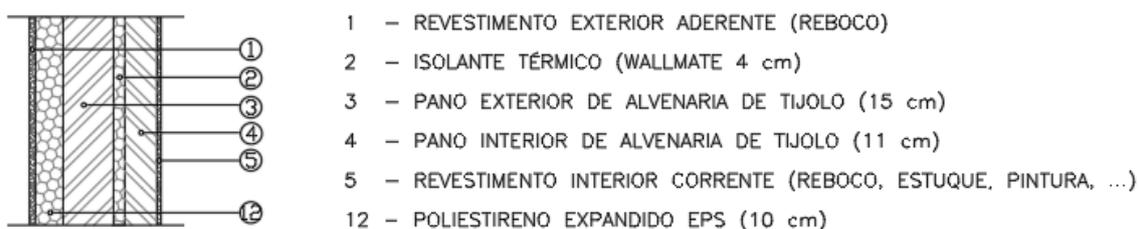


Figura 76 - parede dupla exterior de alvenaria de tijolo

5.2.2.2. Pavimentos

Nos pavimentos em contacto com o exterior ou em contacto com espaços não-úteis, a solução proposta é representada nas figuras 77 e 78, sendo diferente dos pisos intermédios entre duas zonas aquecidas. Nesta

proposta todos os elementos de betão estão isolados com poliestireno expandido extrudado.

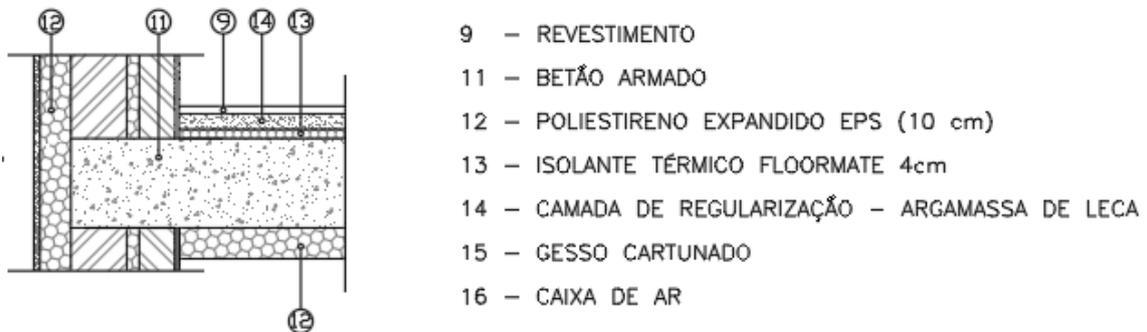


Figura 77 - pavimento interior sem isolamento

LIGAÇÃO PAVIMENTO \ PAREDE (Corte)

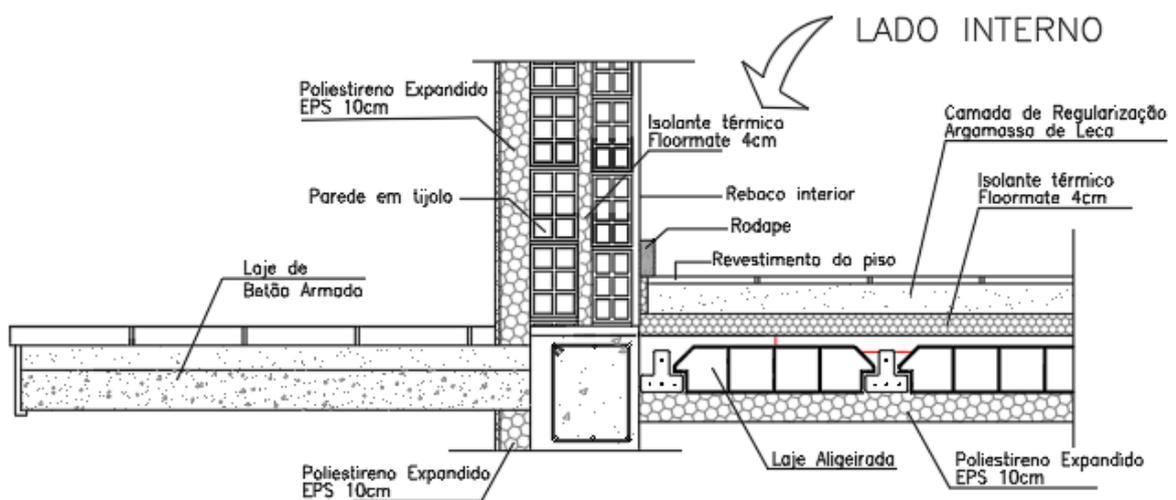


Figura 78 - pavimento interior sem isolamento e consola pelo exterior

5.2.2.3. Envidraçados

Conforme se pode verificar na figura 79, a solução aqui encontrada é semelhante à inicialmente prevista, excluindo o pormenor junto à zona de fixação da caixilharia, nas ombreiras, que são revestidas com EPS até aproximadamente meio do perfil da caixilharia. A solução para o vidro e para a caixilharia foi mantida.

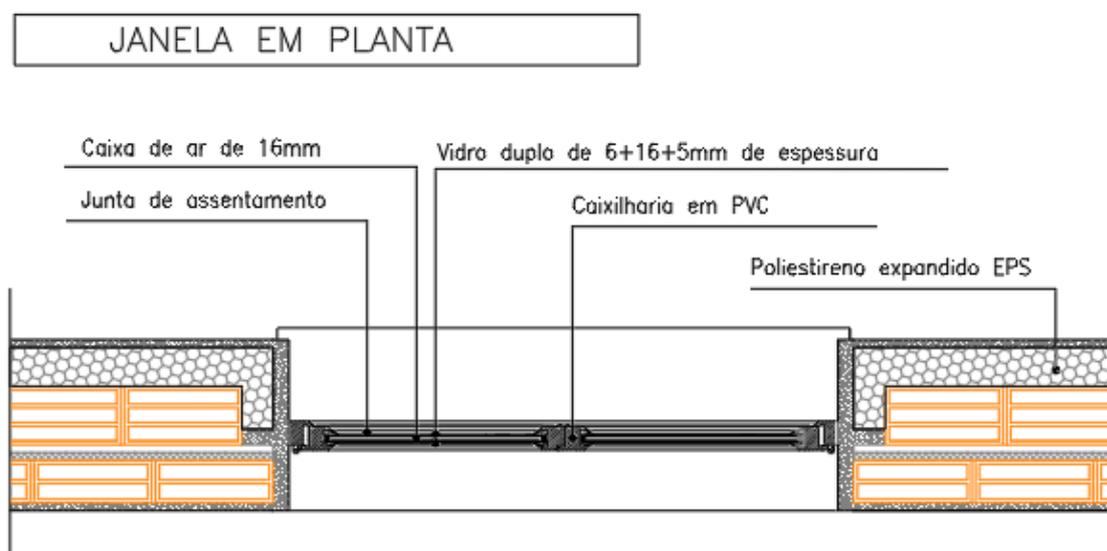


Figura 79 - caixilho envidraçado de uma janela

5.2.2.4. Pontes térmicas

Para melhorar a eficiência energética isolaram-se os elementos de betão em contato com o exterior. Os topos de laje da figura 80 e os tetos da consola da figura 81 foram revestidos com Poliestireno Expandido EPS com 10cm de espessura.

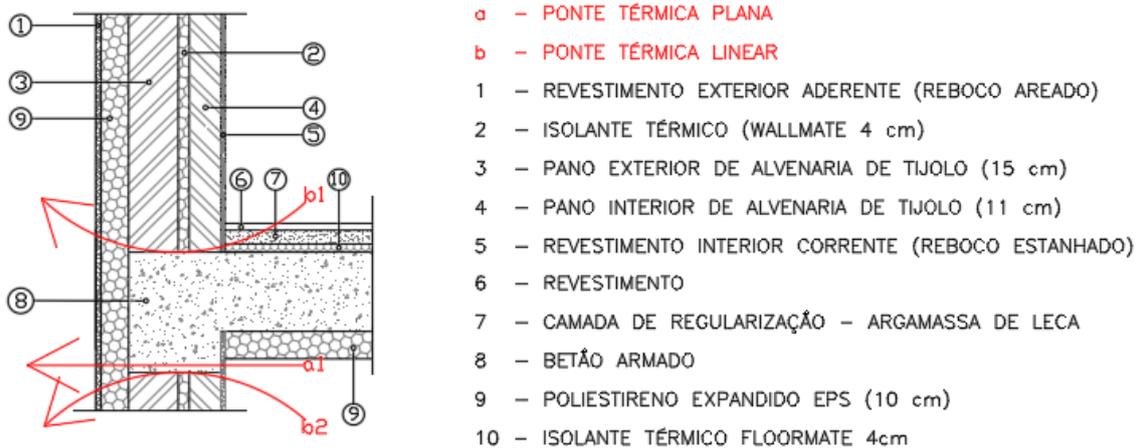


Figura 80 - Elementos de betão em contato direto com o exterior

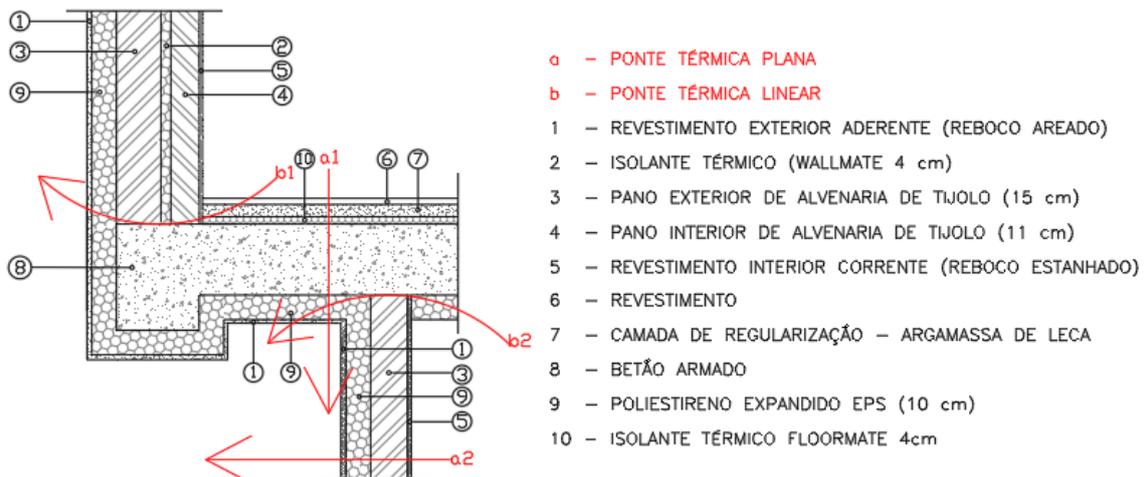


Figura 81 - Elementos de betão em contato direto com o exterior

5.2.3. Resultados – BALANÇO ENERGÉTICO

A classe energética desta fração, após a aplicação das medidas de melhoria referidas anteriormente, passou a ser B. Nas tabelas 38 até 44 apresentam o resultado dos cálculos extraídos da folha de cálculo desenvolvida pelo ITECons.

Tabela 38 - Indicadores energéticos - ITeCons

Indicadores Energéticos	
Sigla	Descrição
Nic	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/m2.ano)
Nvc	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/m2.ano)
Qa	Energia útil para preparação de água quente sanitária (kWh/ano)
Wvm	Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores (kWh/ano)
Eren	Energia produzida a partir de fontes renováveis para usos regulados (kWh/ano)
Eren AQS	Energia produzida a partir de fontes renováveis para produção de AQS (kWh/ano) (para efeito de verificação do requisito mínimo)
Eren,ext	Energia produzida a partir de fontes renováveis para outros usos (kWh/ano)
Ntc	Necessidades nominais anuais globais de energia primária (kWh/m2.ano)

Sigla	Valor	Referência	
Nic	36,03	53,27	
Nvc	23,96	29,15	
Qa	2377	2377	Ntc/Nt
Wvm		0,00	0,64
Eren	1500	1092	
Eren AQS	1500	1092	Classe Energética
Eren,ext		0,00	B
Ntc	70,89	111,01	

Tabela 39 – Indicadores de desempenho - ITeCons

Indicadores de Desempenho				
	Valor de Referência (kWh/m ² .ano)	Valor do Edifício (kWh/m ² .ano)	Renovável (%)	
Aquecimento	59,86	40,03	0,00	
Arrefecimento	9,72	7,99	0,00	
AQS	26,87	25,98	58,07	
Energia Renovável (%)		20,39	Emissões de CO2 (t/ano)	
			1,31	

Tabela 40 – Avaliação – Identificação de melhorias - ITeCons

Avaliação do Potencial para a Identificação de Medidas de Melhoria			
[alínea b) do ponto 4. do Despacho n.º 7113/2015 de 29 de Junho]			
Verde (superior a 30%) - Elevado potencial de melhoria			
Amarelo (entre 0% e 30%) - Algum potencial de melhoria			
Vermelho (inferior a 0%) - Não existe potencial de melhoria			
		Solução Inicial	Simulação em curso
Variação das necessidades de energia útil utilizando os valores de referência do coeficiente de transmissão térmica (U _{REF})	Aquecimento	✓ 38,8%	-35,8%
	Arrefecimento	! 4,5%	-3,9%
Variação das necessidades de energia final utilizando os valores de referência para os sistemas técnicos:	Aquecimento	✓ 38,1%	-37,3%
	Arrefecimento	! 4,5%	-3,9%
	AQS	! 9,0%	9,0%

Tabela 41 – Dados climáticos - ITeCons

Dados Climáticos			
Graus-dia	1.374		
Zona Climática de Inverno	I2	Zona Climática de Verão	V3
Temperatura Média Exterior Inverno (°C)	7,3	Temperatura Média Exterior Verão (°C)	24,7
Duração da estação de aquecimento (meses)	7,3	Duração da estação de arrefecimento (meses)	4,0

Tabela 42 – Indicadores de aquecimento - ITeCons

Indicadores de Aquecimentos											
Paredes (W/°C)			PTP (W/°C)			Portas (W/°C)		PTL (W/°C)			
Hext	Henu,adj	HeCs	Hext	Henu,adj		Hext	Henu,adj	Hext	Henu,adj		
4,46	0,29	0,00	4,48	0,00		0,00	0,42	32,77	0,00		
Coberturas (W/°C)			Pavimentos (W/°C)			Vãos envidraçados (W/°C)		Renovação de Ar (W/°C)			
Hext	Henu,adj		Hext	Henu,adj	HeCs	Hext	Henu,adj	Hve			
0,00	0,00		3,09	25,86	0,00	39,65	0,00	106,51			

Tabela 43 – Indicadores de arrefecimento - ITeCons

Indicadores de Arrefecimento											
Paredes (kWh)		Coberturas			Portas (kWh)		Vãos Envidraçados (kWh)		Ganhos Internos (kWh)		
Qsol,v EXT		Qsol,v EXT		Qsol, Desv		Qsol,v EXT		Qint,v			
48,35		0,00		0,00		0,00		1361,58		1164,41	

Tabela 44 – Medidas de melhoria – ITeCons

Medidas de Melhoria						
Soluçã o Inicial	Nic (kWh/(m ² .ano))	100,21	Nvc (kWh/(m ² .ano))	25,71	Classe Energética	C
	Ni (kWh/(m ² .ano))	53,27	Nv (kWh/(m ² .ano))	29,15		
Os dados inseridos neste cálculo correspondem à: Medida 3						
Medid a de Melho ria	Nic (kWh/(m ² .ano))	36,03	Nvc (kWh/(m ² .ano))	23,96	Classe Energética	B
	Ni (kWh/(m ² .ano))	53,27	Nv (kWh/(m ² .ano))	29,15		
Soluçã o Inicial	Qa/Ap (kWh/(m ² .ano))	23,91	Ntc (kWh _{ep} /(m ² .ano))	162,30	Classe Energética	C
	Qa/Ap ref. (kWh/(m ² .ano))	23,91	Nt (kWh _{ep} /(m ² .ano))	111,01		
Medida de Melhoria Associada a: Envolventes Opacas – Pontes Térmicas Planas						
Medid a de Melho ria	Qa/Ap (kWh/(m ² .ano))	23,91	Ntc (kWh _{ep} /(m ² .ano))	70,89	Classe Energética	B
	Qa/Ap ref. (kWh/(m ² .ano))	23,91	Nt (kWh _{ep} /(m ² .ano))	111,01		

5.3. Tabelas comparativas das duas soluções estudadas

Na tabela 45 são apresentados coeficientes de transmissão térmica superficial e de transmissão térmica linear para os pormenores de soluções térmicas das figuras 70, 74, 75, 79, 80 e 81.

Tabela 45 – Pontes Térmicas – IteCons

	fig.	PT	U	Ψ
solução existente	74	a	2,85	
		b1		0,75
		b2		0,75
	75	a1	1,40	
		a2	1,64	
		b1		0,75
		b2		0,75
70		0,09		
solução proposta	80	a	0,35	
		b1		0,19
		b2		0,19
	81	a1	0,31	
		a2	0,32	
		b1		0,50
		b2		0,50
76		0,07		

Na tabela 46 são indicados os valores de btr e U para os vários locais não aquecidos que existem no edifício para as duas soluções térmicas.

Tabela 46 – btr ; U – IteCons

Designação tipo de solução	Espaço não útil	Área m ²	btr	Existente U	Proposta U	Máx. U
PDI2	Edifício adjacente	15,99	0,60	0,88	0,27	
PDI1	Hall / Elevador	14,04	0,70	1,45	0,31	
VOI1	Hall / Elevador	1,80	0,70	2,07	0,33	
PDI2	Caixa de Escadas	13,00	1,00	0,88	0,27	0,35
PVI1	Garagem	20,56	0,80	1,23	0,30	0,30
PVI2	Loja	74,10	1,00	0,86	0,28	0,30

Na tabela 47 são indicados os valores de **U** dos diversos elementos construtivos nas duas soluções térmicas aqui estudadas.

Tabela 47 – Coeficiente de transmissão térmica-U – IteCons

		Existente U	Proposta U	Máximo U
PDE1	Parede Exterior - Tipo 1	0,51	0,22	0,35
PTDTDE1	Ponte Térmica Plana - Tipo 1	2,85	0,35	0,90
PTDTDE2	Ponte Térmica Plana - Tipo 2	2,85	0,35	0,90
PTDTDE3	Ponte Térmica Plana - Tipo 3	4,90	0,37	0,90
PVE1	Pavimento Exterior - Tipo 1	1,09	0,29	0,30
VE1	Envidraçado Exterior - Tipo 1	2,10	2,10	2,20

5.4. Conclusão do Estudo Térmico

As soluções encontradas de uma forma geral, nomeadamente a envolvente opaca, os vãos envidraçados, os sistemas de ventilação, os sistemas de produção de AQS, os sistemas de climatização e os sistemas para aproveitamento de fontes de energia renováveis, não são as mais adequadas às novas exigências regulamentares.

As soluções térmicas inicialmente estabelecidas para o edifício, em cumprimento com a legislação anterior a 04/07/2006, não sendo as mais adequadas e inadaptadas á nova legislação, cumprem o mínimo estabelecido para grandes intervenções. Na fase de execução, em que se encontra o edifício, é suposto ser suficiente para que a entidade licenciadora aceite as condições iniciais projeto e que conceda novo licenciamento, visto que o estudo inicial preenche os requisitos mínimos, atingindo a classificação energética C.

No entanto, em virtude de estar sem qualquer tipo de revestimento, facilmente se consegue com um ligeiro custo adicional, um melhoramento significativo, colocando as zonas habitacionais com classificação energética B, dois patamares acima da classificação anterior, um patamar acima dos mínimos para edifícios novos e a dois patamares de ter a classificação máxima.

No estudo apresentado no ponto 5.2 preconiza as alterações propostas com o resultado descrito no parágrafo anterior. Saliente-se que apenas são utilizados revestimentos diferentes dos inicialmente previstos, tendo como base revestimentos com isolamento incorporado, principalmente a isolar os elementos estruturais de betão armado.

6. CONCLUSÕES/DISCUSSÃO

6.1. Considerações finais

Os objetivos propostos com a realização deste trabalho foram em parte alcançados com um grau de certeza considerável. Provou-se que o betão utilizado nos elementos estruturais tem uma qualidade superior à estabelecida no seu dimensionamento mas abaixo dos mínimos recomendados na classificação estrutural do Quadro 4.3N do EC2.

Tendo sido utilizado o método que de uma forma simples e não destrutiva, mede a dureza superficial do betão, fornecendo elementos para a avaliação da qualidade do betão endurecido não pode ser considerado suficiente para avaliação definitiva.

Os resultados obtidos com este estudo não devem ser extrapolados a uma escala maior e decisiva no entanto pode-se a partir deles considerar que de uma forma geral a construção cumpriu o que estava previamente estabelecido.

As construções com betão executado "*in situ*" têm uma heterogeneidade na qualidade do betão, pelo que, seria importante fazer ensaios em todos os elementos estruturais e de preferência em mais do que um ponto por elemento.

As melhorias escolhidas para o edifício em estudo, tiveram um resultado excelente. Melhorou a classe energética do edifício e conseguiu-se uma poupança substancial na fatura energética dos utilizadores.

As atuais exigências regulamentares obriga a um aumento do nível de qualidade da envolvente opaca e principalmente à eliminação das pontes térmicas, fator que mais contribuiu para a melhoria. O facto obrigou à utilização de grandes espessuras no isolamento térmico com a consequência de aumento dos custos de intervenção.

Com este trabalho concluímos que o comportamento térmico do edifício foi melhorado com mais conforto térmico e menos consumo energético.

6.2. Solução a adotar.

Com este trabalho facilmente se conclui que é importante um bom desempenho da figura do coordenador do projeto sem esquecer a importância do trabalho da fiscalização da obra. O rigor que impõe estes técnicos define o grau de satisfação que na sua globalidade pode ter a execução de uma obra.

É importante que o diretor da fiscalização da obra seja o coordenador do projeto ou que este seja pelo menos um dos elementos da fiscalização da obra. Em alternativa, como recurso, que na fiscalização da obra esteja um elemento que tenha participado na elaboração do projeto.

Na execução dos projetos estruturais deve-se simplificar, tanto quanto possível, obedecendo aos contornos arquitetónicos, a distribuição e o dimensionamento dos elementos estruturais, para que na execução não crie obstáculos e dúvidas aos executantes. Por isso deve-se evitar idealizar elementos sujeitos a fenómenos como a torção e garantir que os aços estejam corretamente colocados, onde existem esforços de flexão e torção e com o afastamento regulamentar entre varões.

Do ponto de vista térmico há que ter em conta que é no pormenor que se faz a grande diferença. As pontes têm uma área pouco expressiva relativamente às restantes áreas, mas têm um contributo muito importante no desempenho final da obra. É importante evita-las revestindo-as com material isolante de fraca condutibilidade térmica.

Referências Bibliográficas

Artigo, Jorge Pinto, Alberto Silva, Anabela Paiva. Pathologies in an unfinished reinforced concrete building. Book of abstracts. ICOSADOS 2018. 8th International conference on safety and durability of structures. Latvia University of Life Sciences and Technologies. Latvia. 23rd - 25th of May 2018.

NP EN 12390-2:2009 – Ensaio do betão endurecido. Parte 2: Execução e cura de provetes para ensaios de resistência mecânica. Instituto Português da Qualidade, Caparica, Portugal

NP EN 12390-3:2009 – Ensaio do betão endurecido. Parte 3: Resistência à compressão dos provetes de ensaio. Instituto Português da Qualidade, Caparica, Portugal

NP EN 12504-1:2009 – Ensaio do betão nas estruturas. Parte 1: Carotes. Extração, exame e ensaio à compressão. Instituto Português da Qualidade, Caparica, Portugal

NP EN 12504-2:2003 – Ensaio do betão nas estruturas. Parte 2: Ensaio não destrutivo. Determinação do índice esclerométrico. Instituto Português da Qualidade, Caparica, Portugal

NP EN 12620:2004 – Agregados para Betão. Instituto Português da Qualidade, Caparica, Portugal

NP EN 206-1:2007 – Betão. Parte 1: Especificação, desempenho, produção e conformidade. Instituto Português da Qualidade, Caparica, Portugal

NP EN 933-1:2000 – Ensaio das propriedades geométricas dos agregados. Parte 1: Análise granulométrica, Método de Peneiração. Instituto Português da Qualidade, Caparica, Portugal

NP EN 956:1973 – Agregados para Argamassas e Betões. Determinação dos Teores em água Total e água Superficial. Instituto Português da Qualidade, Caparica, Portugal

ASTM C 1074., (2004), *Practice for Estimating Concrete Strength by the Maturity Method*, Annual Books of ASTM Standards, Vol. 04.02, Philadelphia: American Society for Testing Materials.

ASTM C 597, (2009), *Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete*, ASTM.

EC2, Euro Código 2

R.E.B.A.P., Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado.

R.B.L.H., Regulamento de Betões e Ligantes Hidráulicos.

CASTRO, Elisângela de – Estudo da resistência à compressão do concreto por meio de testemunhos de pequeno diâmetro e esclerometria. Dissertação de Mestrado em 85 Bibliografia Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Brasil.

MACHADO, Maurício Domellas – Curvas de correlação para caracterizar concretos usados no Rio de Janeiro por meio de ensaios não destrutivos. Dissertação de Mestrado em Ciências em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, Brasil.

SCHMIDT, E., 1951. A non-destructive concrete tester. Concrete.

NEVILLE, A. M., 1997, Propriedades do Concreto, 2ª edição, Brasil.

EVANGELISTA, Ana C. J. – Avaliação da resistência do concreto usando diferentes ensaios não destrutivos. Tese de Doutorado em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, Brasil, 2002.

CÂMARA, E., (2006), Avaliação da resistência à compressão de concretos utilizados na grande Florianópolis através de ensaios não destrutivos, PGEC, UFSC, Florianópolis.

John Broomfield, 2003, A Reparação do Betão Armado

BUNGEY, J. H., 1989. The Testing of Concrete in Structures. 2ª edição, London, Surrey University Press.

CRAWFORD, G. I. (1997). *Guided to Nondestructive Testing of Concrete*, US Department of Transportation, Federal Highway Administration, Washington.

SAMPAIO, C. M. C. P., (2010), Caracterização do betão através de técnicas não-destrutivas, Tese de Mestrado em Engenharia Civil, FEUP, Porto.

Apontamentos Teóricos da UTAD, Materiais de Construção, Betão Armado.

COUTINHO, Joana, F.E.U.P., Materiais de construção, Fabrico e propriedades do betão

Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), Decreto-Lei n.º 80/2006 de 4 de Abril § D.R. 1ª série-A – N.º 67 - 2468-2513, 2006a.

Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios, Decreto-Lei n.º 78/2006 de 4 de Abril § D.R. 1ª série-A – N.º 67 - 2411 - 2415, 2006b.

Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), Decreto-Lei n.º 40/90, de 6 de Fevereiro § D.R. 1ª série — N.º 31 - 490 - 504, 1990.

Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios, Decreto-Lei n.º 96/2008 de 9 de Junho § D.R. 1ª série — N.º 110 — 3359 - 3372, 2008b.

Modelo dos Certificados de Desempenho Energético e da Qualidade do Ar Interior, Despacho n.º 10250/2008, de 8 de Abril § D.R. 2.ª série — N.º 69 — 15550 - 15556, 2008a.

Fundo de Eficiência Energética (FEE), Decreto-Lei n.º 50/2010 de 20 de Maio § D.R. 1.ª série — N.º 98 — 1739 - 1740, 2010.

Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) — Requisitos de conceção para edifícios novos e intervenções, Portaria 349--B/2013 de 29 de Novembro § D.R. 1.ª série — N.º 232 — N.º 6624-(18) - 6624-(29), 2013c.

Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS), Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de Agosto § D.R. 1ª série - N.º 159 - 4988 - 5004, 2013b.

Publicação dos parâmetros térmicos para o cálculo dos valores que integram o presente despacho, Despacho n.º 15793-K/2013 de 3 de Dezembro § D.R. 2.ª série — N.º 234 — 35088-(58) - 35088-(87), 2013a.

Regime excecional para reabilitação de edifícios, Decreto-Lei n.º 53/2014 de 8 de Abril § D.R. 1.ª série — N.º 69 — 2337 - 2340, 2014.

Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) — Requisitos de conceção para edifícios novos e intervenções, Portaria n.º 379--A/2015 de 22 de Outubro § D.R. 1.ª série — N.º 207 — 9196-(14)-9196-(17), 2015.

CCE, centro para a conservação de energia. *Energy Rehabilitation Methodology for Buildings Located in Urban Areas - A SAVE II Programme Action*. Amadora: Abril de 2000.

LNEC. Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios. Lisboa, 2006.

PAIVA, Anabela. Slides de apoio às aulas teóricas de térmica de edifícios. UTAD, Vila Real.

AGUIAR, J.; MONTEIRO, José. *Argamassas para reboco interior com propriedades térmicas melhoradas*, em Eventos Paralelos da Concreta 2004, Porto.

APPLETON, João. *Reabilitação de Edifícios Antigos - Patologias e tecnologias de intervenção*. Amadora: Edições Orion, 2ª Edição, 2011.

SILVA, João. *Reabilitação térmica de edifícios residenciais: propostas de intervenção*. Dissertação para obtenção de grau de Mestre em Engenharia Civil. Lisboa: ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2012.

SILVA, Luís. *Soluções de reabilitação de paredes/fachadas com desempenho térmico melhorado*. Coimbra, 2014.

Portaria n.º 701-H/2008

R.J.U.E., Regime Jurídico da Urbanização e Edificação,

R.G.E.U., Regulamento Geral das Edificações Urbanas.

ANEXO A

PLANTAS DO 2º PISO E 3º PISO DO EDIFÍCIO

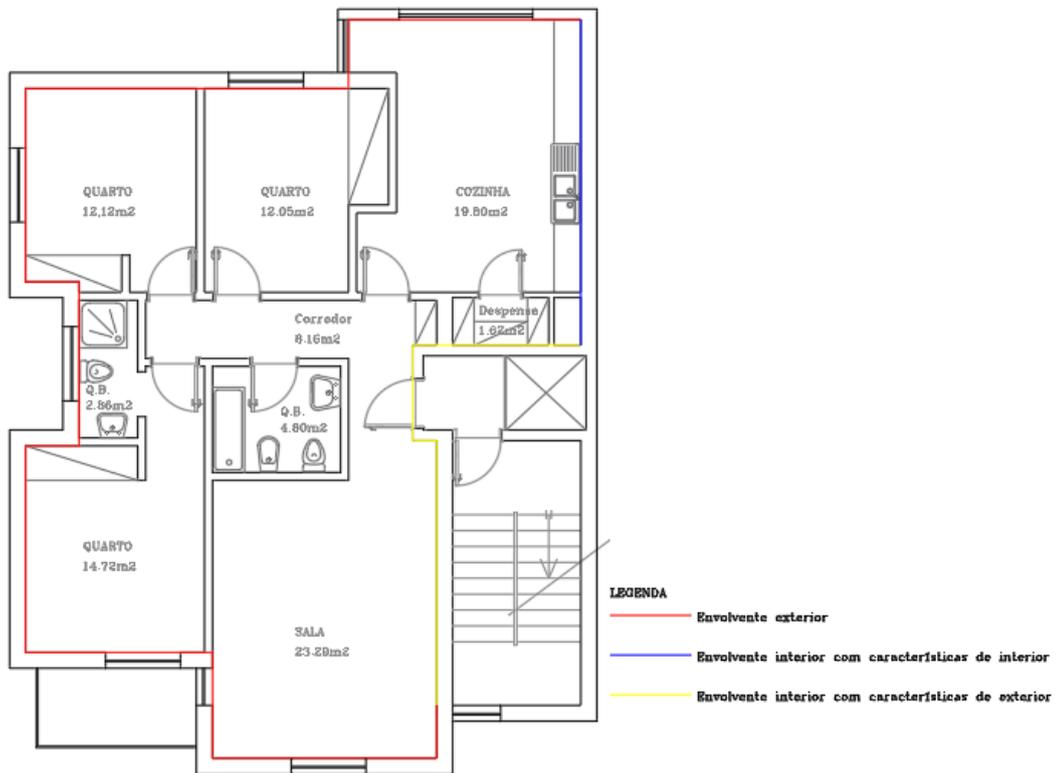


Figura 82 - envoltente com/sem requisitos

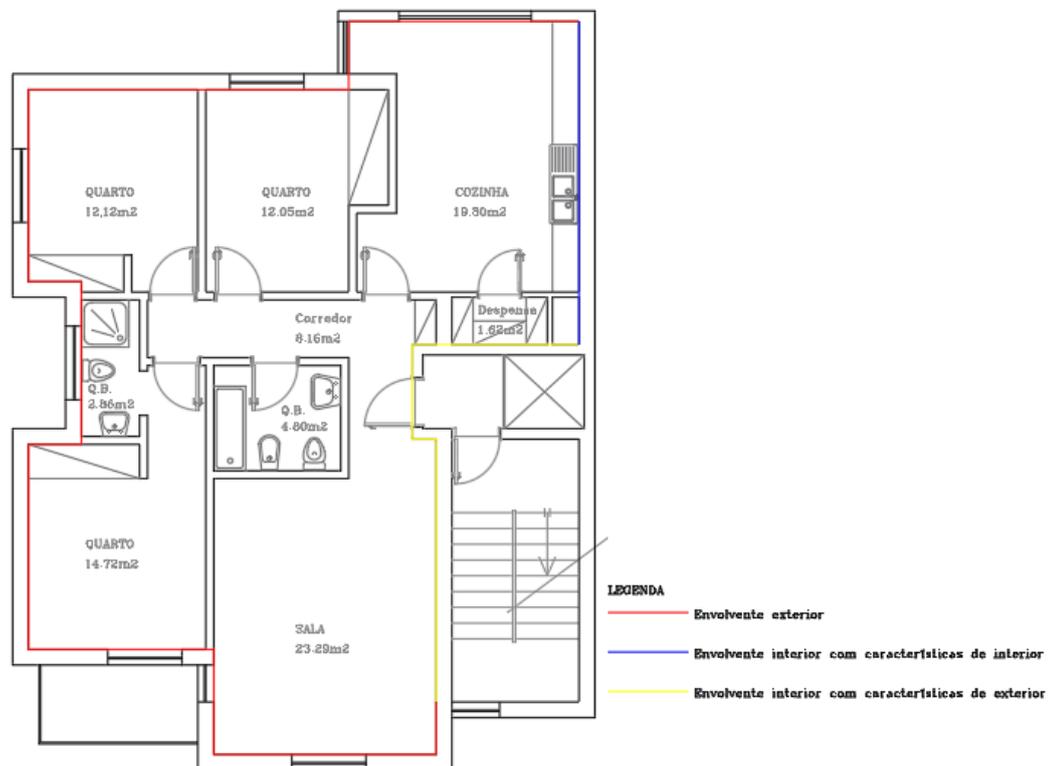


Figura 113 - envoltente com/sem requisitos

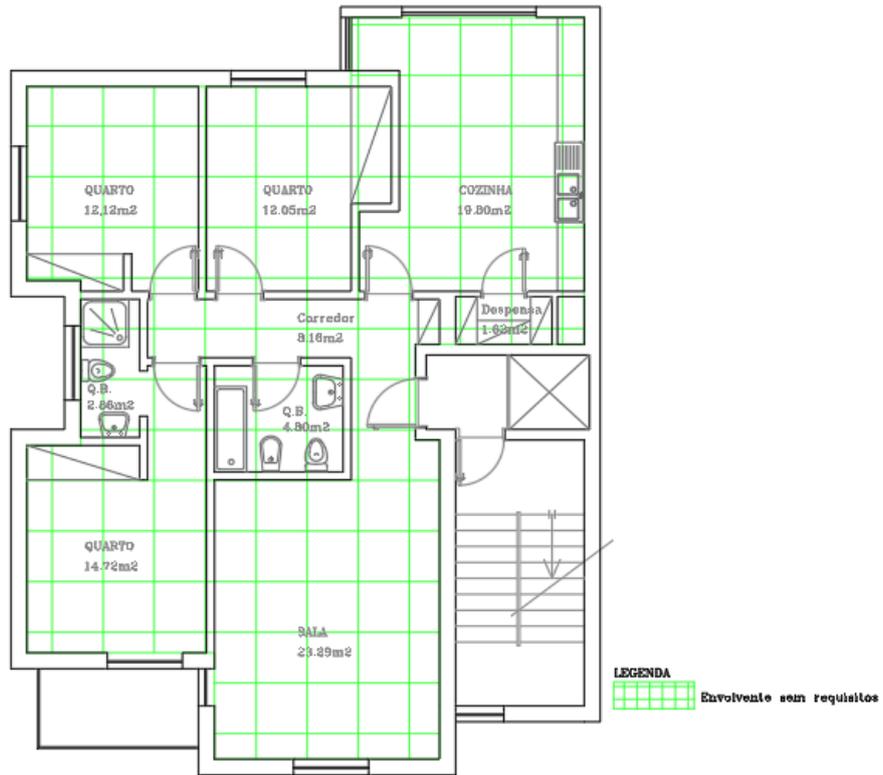


Figura 84 - identificação tipo de pavimento

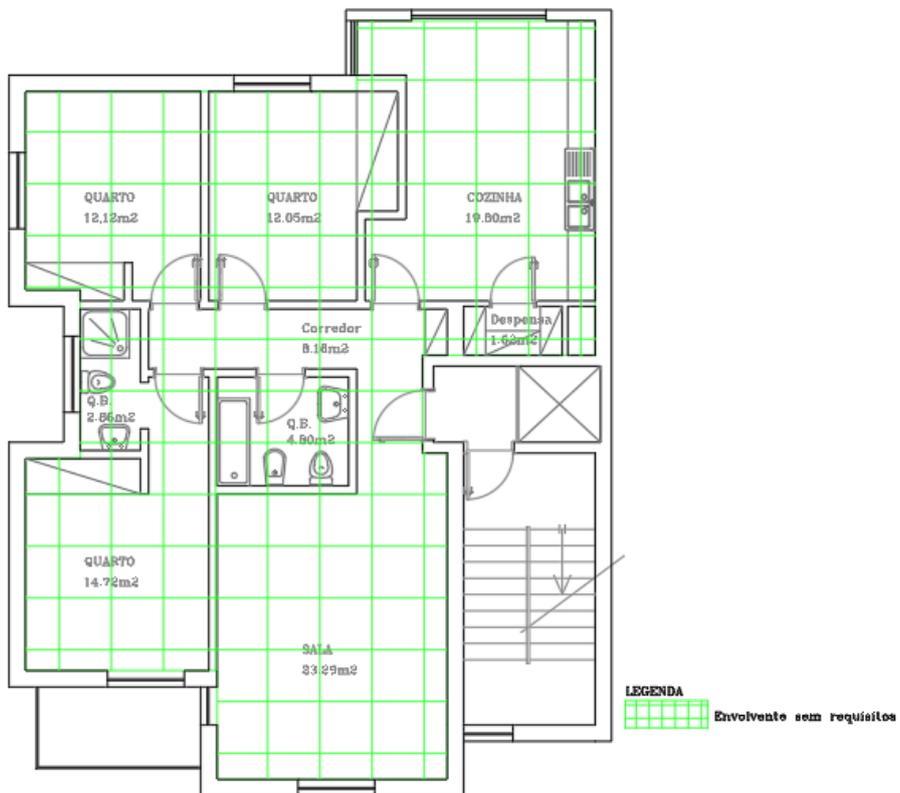


Figura 85 - identificação tipo de pavimento

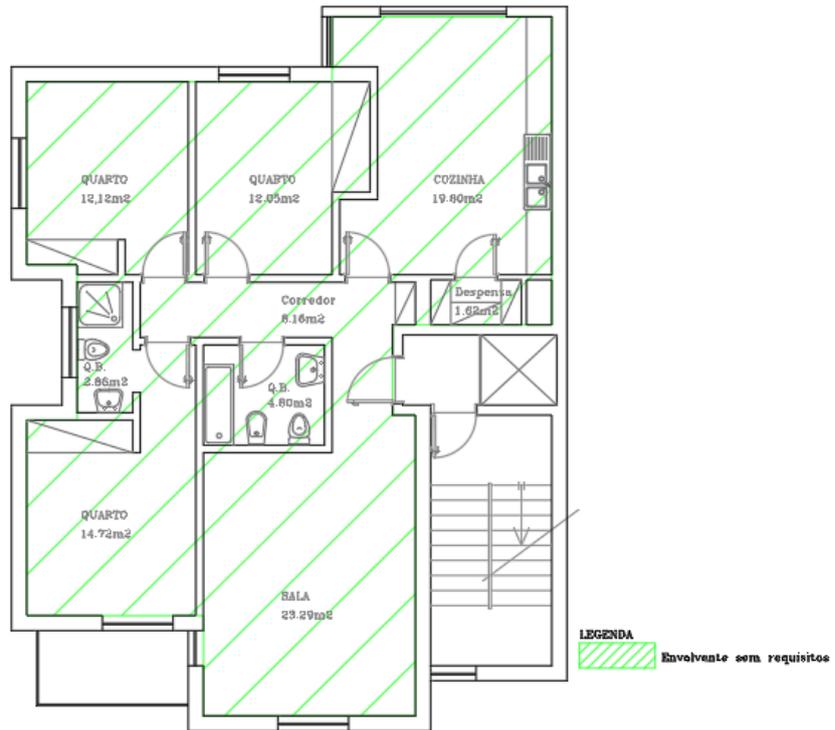


Figura 126 - identificação tipo de cobertura

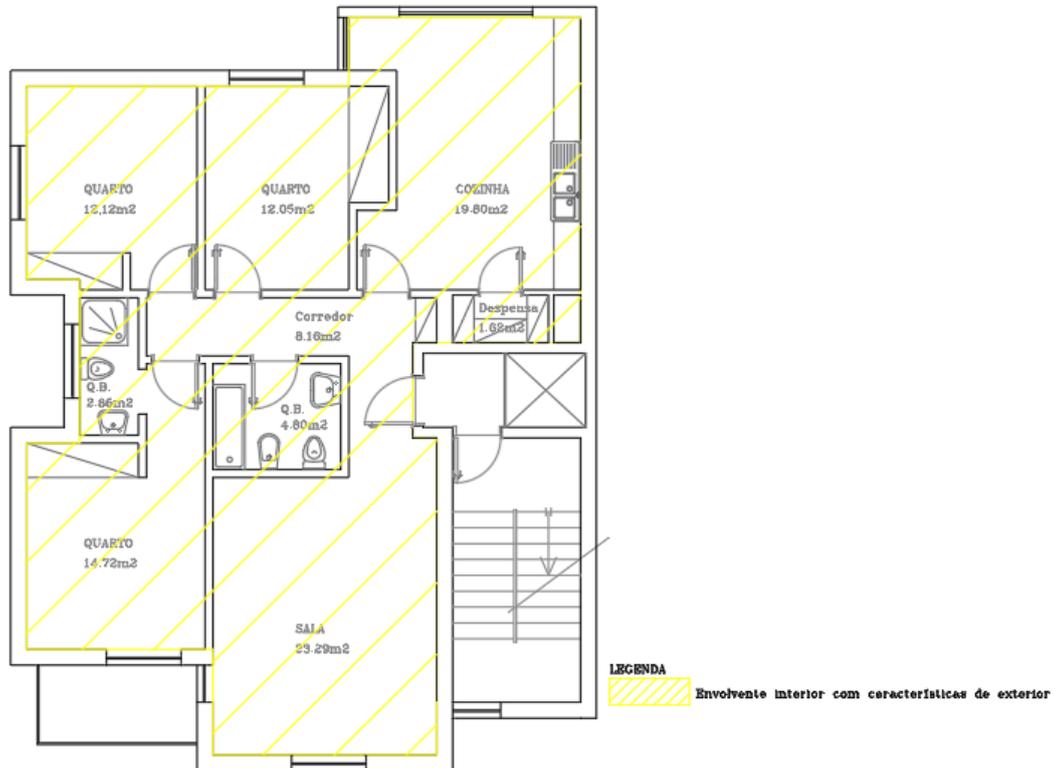


Figura 137 - identificação tipo de cobertura

ANEXO B

FOLHAS DE CÁLCULO TÉRMICO - ITeCons

Versão V3.10 de 9 de novembro de 2017

Identificação Geográfica

Identificação Geográfica do Edifício ou Fração Autónoma

Código do Ponto de Entrega (CPE)			
Código Postal	5370	-	208
Concelho	Mirandela		
Artéria			
Aplicável nº de Porta? <input type="checkbox"/>	Aplicável Alojamento? <input type="checkbox"/>		
Nº de Porta		Alojamento	

Inserir fotografia

(Tamanho máximo de 150KB, formato jpg)



Coordenadas GPS

Latitude	41,48	Longitude	-7,19
----------	-------	-----------	-------

Natureza da Emissão

Qual a data de início do processo de licenciamento ou autorização de edificação?	Anterior a 4 de julho de 2006		
Tipo de Certificado	Certificado	Contexto de Certificado	Existente
Definição do Enquadramento	Existente anterior ao DL79/2006 ou DL80/2006, conforme aplicável		

Identificação do Imóvel

Identificação do Imóvel

Tipo de Imóvel	Fração Autónoma (com PH constituída)	Tipo de Fração	Privado
Nome do Empreendimento / Designação Comercial			

Identificação Registral

Conservatória Omissa?

Identificação Fiscal

Freguesia MIRANDELA

Cód. de Freguesia 040721

Nº Artigo Matricial

Fração A

Identificação Municipal

Aplicável Nº do Processo Municipal?

Nº do Processo Municipal

Data de registo

Aplicável Nº de Alvará / Autorização de Construção

Nº de Alvará / Autorização de Construção

Data de Alvará / Autorização de Construção?

Proprietário/Promotor

Nome Construela, construção civil e obras públicas Lda

Estrangeiro?

Artéria Rua Fonte Moreira 3 - Passos

Código Postal 5370

602

Aplicável nº de Porta?

Nº de Porta 3

Aplicável Alojamento?

Alojamento

NIF 501845976

Telefone 278979181

e-mail construela@hotmail.com

Não dispõe

NOTA: O Email do Proprietário deverá ser preenchido obrigatoriamente, caso se pretenda utilizar os dados do proprietário para faturação.

Técnico responsável pelo Projeto

Nome do Técnico Alberto José Pires da Silva

Ordem Profissional Ordem dos Engenheiros

Nº de Membro 74600

Empresa ao serviço da qual interveio neste projecto

Técnico responsável pela Obra

Nome do Técnico			
Ordem Profissional		Nº de Membro	
Empresa ao serviço da qual interveio nesta obra			

Visita

Data da Visita		Hora Início		Hora Fim	
O Perito Qualificado foi acompanhado na visita para efeitos de verificação da qualidade do processo do SCE.		<input type="checkbox"/> Declaração relativa ao processo de certificação			
		Escolher ficheiro		<input type="text"/> Tamanho máximo de 1MB, formato PDF (segundo o modelo aprovado pela ADENE)	

Certificado anterior

Código do CE anterior	
-----------------------	--

Características do Imóvel

Localização geográfica do edifício

Altitude (m)	222	Altitude normalmente entre 175 e 938 m	
Distância à costa	Superior a 5km	Edifício situado	no interior de uma zona urbana

Características do Edifício

Ano de construção conhecido?	<input type="checkbox"/>	Ano de construção	2004
Período de Construção			
Tipo de utilização	Misto	Nº total de pisos que constitui o edifício	4
Possui elevador?	<input checked="" type="checkbox"/>		

Características da Fração

Área útil de pavimento (m ²)	99,42	Pé-direito médio ponderado (m)	2,57	ROADMAP	2016
--	-------	--------------------------------	------	---------	------

Tipologia T3

Tipologia fiscal T3

Inércia Térmica Média

Nº de pisos da fração 1

Situação da fração face a outras frações

Descrição sucinta	Caract. restantes
	2000

Levantamento Dimensional

Divisão	Área (m ²)	Pé Direito (m)	% Área	Volume (m ³)
Quarto 1	12,12	2,60	12,2	31,51
Quarto 2	12,05	2,60	12,1	31,33
Quarto 3	14,72	2,60	14,8	38,27
Sala	23,29	2,60	23,4	60,55
Cozinha	19,80	2,60	19,9	51,48
Corredor	8,16	2,40	8,2	19,58
Wc 1	4,80	2,40	4,8	11,52
Wc 2	2,86	2,40	2,9	6,86
Despensa	1,62	2,80	1,6	4,54
TOTAL	99,420	2,571	100,0	255,65

Envolvente exterior

Paredes Exteriores - Soluções correntes e pontes térmicas planas

Optar pela regra de simplificação relativa ao cálculo do sombreamento?

Solução corrente ou Ponte Térmica Plana?	Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução
Ponte Térmica Plana	Ponte Térmica Plana - Tipo 1	Pilares
Ponte Térmica Plana	Ponte Térmica Plana - Tipo 2	Vigas
Ponte Térmica Plana	Ponte Térmica Plana - Tipo 3	Caixas de estore

Solução Corrente	Parede Exterior - Tipo 1	Parede dupla com isolamento térmico no espaço de ar

Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Descrição Detalhada	U Solução (W/m ² .°C)	Solução Incorpora PTP's?
PDE1	Parede Exterior - Tipo 1	Parede de tijolo furado 15x11 com isolamento térmico no espaço de ar XPS com 40mm - ITE 50 quadro II.5	0,07	
PTPPDE1	Ponte Térmica Plana - Tipo 1	U=1/R ; R = espessura / condutibilidade térmica ; (Rsi+argamassa+betão armado+argamassa+Rse)	0,35	
PTPPDE2	Ponte Térmica Plana - Tipo 2	U=1/R ; R = espessura / condutibilidade térmica ; (Rsi+argamassa+betão armado+argamassa+Rse)	0,35	
PTPPDE3	Ponte Térmica Plana - Tipo 3	U=1/R ; R = espessura / condutibilidade térmica ; (Rsi+argamassa+betão armado+Rse)	0,37	

Designação do Tipo de Solução	Orientação	Qual a solução corrente adjacente associada?	Área (m ²)	Área a deduzir (Vãos, PTP, ...) (m ²)	Cor	Fachada Ventilada?	Grau de ventilação	Emissividade	U Solução (W/m ² .°C)	Área Efectiva (m ²)	U referência (W/m ² .°C)	U máximo (W/m ² .°C)
PDE1	Norte		27,04	6,04	Clara	Não			0,07	21,00	0,40	-
PDE1	Sul		20,02	4,76	Clara	Não			0,07	15,26	0,40	-
PDE1	Oeste		32,65	5,58	Clara	Não			0,07	27,07	0,40	-

PTPPDE1	Norte	PDE1	1,80	0,00	Clara	Não			0,35	1,80	0,40	-
PTPPDE1	Sul	PDE1	0,90	0,00	Clara	Não			0,35	0,90	0,40	-
PTPPDE1	Oeste	PDE1	0,90	0,00	Clara	Não			0,35	0,90	0,40	-
PTPPDE2	Norte	PDE1	2,08	0,00	Clara	Não			0,35	2,08	0,40	-
PTPPDE2	Sul	PDE1	0,94	0,00	Clara	Não			0,35	0,94	0,40	-
PTPPDE2	Oeste	PDE1	2,60	0,00	Clara	Não			0,35	2,60	0,40	-
PTPPDE3	Norte	PDE1	0,98	0,00	Clara	Não			0,37	0,98	0,40	-
PTPPDE3	Sul	PDE1	0,35	0,00	Clara	Não			0,37	0,35	0,40	-
PTPPDE3	Oeste	PDE1	0,70	0,00	Clara	Não			0,37	0,70	0,40	-
PTPPDE2	Sul	PDE1	0,60	0,00	Clara	Não			0,35	0,60	0,40	-
PTPPDE2	Oeste	PDE1	0,29	0,00	Clara	Não			0,35	0,29	0,40	-
PTPPDE3	Sul	PDE1	0,35	0,00	Clara	Não			0,37	0,35	0,40	-
PTPPDE3	Oeste	PDE1	0,18	0,00	Clara	Não			0,37	0,18	0,40	-

(continuação)

Designação do Tipo de Solução	Pala horizontal α	Pala vertical à esquerda β_{esq}	Pala vertical à direita β_{dir}	
PDE1	3	0	30	
PDE1	3	0	0	
PDE1	3	0	0	
PTPPDE1	3	0	13	
PTPPDE1	48	39	0	
PTPPDE1	63	0	79	
PTPPDE2	4	0	30	
PTPPDE2	4	0	0	
PTPPDE2	2	0	0	
PTPPDE3	3	0	42	

PTPPDE3	3	0	0	
PTPPDE3	2	0	0	
PTPPDE2	86	53	0	
PTPPDE2	88	0	78	
PTPPDE3	66	63	0	
PTPPDE3	77	0	58	

Designação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Áreas por orientação (m2)								Área Total (m ²)	U Solução (W/m ² .°C)	U referência (W/m ² .°C)	U máximo (W/m ² .°C)
		N	NE	E	SE	S	SO	O	NO				
PDE1	Parede Exterior - Tipo 1	21,00	0,00	0,00	0,00	15,26	0,00	27,07	0,00	63,33	0,07	0,40	-
PTPPDE1	Ponte Térmica Plana - Tipo 1	1,80	0,00	0,00	0,00	0,90	0,00	0,90	0,00	3,60	0,35	0,40	-
PTPPDE2	Ponte Térmica Plana - Tipo 2	2,08	0,00	0,00	0,00	1,54	0,00	2,89	0,00	6,51	0,35	0,40	-
PTPPDE3	Ponte Térmica Plana - Tipo 3	0,98	0,00	0,00	0,00	0,70	0,00	0,88	0,00	2,55	0,37	0,40	-

Pavimentos Exteriores - Soluções correntes e pontes térmicas planas

Solução corrente ou Ponte Térmica Plana?	Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução
Solução Corrente	Pavimento Exterior - Tipo 1	Pavimento sem isolamento térmico

Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Descrição Detalhada	U desc. Solução (W/m ² .°C)
PVE1	Pavimento Exterior - Tipo 1	Laje aligeirada, bloco cerâmico 0,15, teto falso sem isolamento térmico - ITE 50 quadro II.7 - B3 - 1,5+0,20=1,5 ou U=1/R ; R = espessura / condutibilidade térmica ; (Rsi+flutuante+feltro+betonilha(betão cavernoso)+laje aligeirada+ar+teto falso em gesso cartonado+Rse)	0,29

Designação do Tipo de Solução	Qual a solução corrente adjacente associada?	Área (m ²)	U desc. Solução (W/m ² .°C)	U referência (W/m ² .°C)	U máximo (W/m ² .°C)
PVE1		10,57	0,29	0,35	-

Designação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Área Total (m ²)	U Solução (W/m ² .°C)	U referência (W/m ² .°C)	U máximo (W/m ² .°C)
PVE1	Pavimento Exterior - Tipo 1	10,57	0,29	0,35	-

Coberturas Exteriores - Soluções correntes e pontes térmicas planas

Solução corrente ou Ponte Térmica Plana?	Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução

Designação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Descrição Detalhada	U asc. Solução (W/m ² .°C)	U desc. Solução (W/m ² .°C)

Designação do Tipo de Solução	Qual a solução corrente adjacente associada?	Área Total (m ²)	Cor	Revestimento com caixa-de-ar ventilada?	Grau de ventilação ⁽¹⁾	Emissividade ⁽¹⁾	U asc. Solução (W/m ² .°C)	U desc. Solução (W/m ² .°C)	U referência (W/m ² .°C)	U máximo (W/m ² .°C)

Vãos Envidraçados Exteriores

Optar pela regra de simplificação relativa ao cálculo do sombreamento dos vãos envidraçados?

Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Janela	Tipo de solução caixilharia 1	Tipo de solução caixilharia 2
Envidraçado Exterior - Tipo 1	Simplex	Caixilharia plástica com vidro duplo	

Designação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Descrição Detalhada	Tipo de Protecção	Descrição da Protecção
VE1	Envidraçado Exterior - Tipo 1	Vidro duplo incolor na massa (6+16+5)	Com protecção pelo exterior	persiana de plastica de cor branca.

(continuação)

Designação do Tipo de Solução	Uwdn (W/m ² .°C)	g _{L,vi}	g _{L,T}	FS Global Prot. Perm. g _{L,Tp}	Classe da Caixilharia	Tipo de Vidro	Fracção Envidraçada Fg	URef (W/m ² .°C)	Área (m ²)	Umáx (W/m ² .°C)
VE1	2,10	0,75	0,04	0,75	Sem classificação	Duplo	0,70	2,40	18,88	-

ID vão	Divisão	Designação do tipo de solução	Orientação	Área envidraçada (m ²)	Vão Envidraçado à Face Exterior da Parede?	Permeabilidade da Caixa de Estore	Classe SEEP	ID SEEP	gT corrigido	Área do compartimento que serve (m ²)	Área de envidraçados do compartimento que serve (m ²)	gTmax	Aenv < 5% Apav
1	Quarto 1	VE1	Oeste	1,54	Não	Perm. Alta	A		0,04	12,12	1,54	-	Não
2	Quarto 2	VE1	Norte	1,54	Não	Perm. Alta	A		0,04	12,05	0,00	-	Sim
3	Quarto 3	VE1	Sul	2,80	Não	Perm. Alta	A		0,02	14,72	2,80	-	Não
4	Sala	VE1	Sul	1,96	Não	Perm. Alta	A		0,04	23,29	3,36	-	Não
5	Sala	VE1	Oeste	1,40	Não	Perm. Alta	A		0,02	23,29	3,36	-	Não
6	Cozinha	VE1	Norte	7,00	Não	Perm. Alta	A		0,04	19,80	1,80	-	Não
7	Cozinha	VE1	Oeste	1,80	Não	Perm. Alta	A		0,04	19,80	1,80	-	Não
8	Wc 2	VE1	Oeste	0,84	Não	Perm. Alta	A		0,04	2,86	0,84	-	Não
												-	

(continuação)

Sombreamento Arrefecimento	ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO/ARREFECIMENTO	ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO
----------------------------	--------------------------------------	--------------------------

ID vão	Aquecimento = Sobreamento Aquecimento?	Obstrução do Horizonte α^0	Pala horizontal α^0	Pala vertical à esquerda β_{esq}^0	Pala vertical à direita β_{dir}^0	Pala horizontal α^0	Pala vertical à esquerda β_{esq}^0	Pala vertical à direita β_{dir}^0		
1	Sim	44	3	0	0					
2	Sim	45	3	0	42					
3	Sim	45	40	63	0					
4	Sim	45	3	0	0					
5	Sim	45	59	0	84					
6	Sim	45	1	0	0					
7	Sim	45	1	0	0					
8	Sim	45	3	39	39					

Vãos Opacos Exteriores

Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução
Vão opaco exterior - Tipo	Não aplicável

Designação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Descrição Detalhada	U Solução (W/m ² .°C)

Designação do Tipo de Solução	Orientação	Cor	Área (m ²)	Pala horizontal α	Pala vertical à esquerda β_{esq}	Pala vertical à direita β_{dir}		U Solução (W/m ² .°C)	U referência (W/m ² .°C)	U máximo (W/m ² .°C)

Envolvente em contacto com o solo

Considerar a simplificação relativa ao cálculo da transmissão pelos elementos em contacto com o solo?

Qual o valor da condutibilidade térmica do solo λ ?

W/(m.°C)

Pavimentos Têrreos

Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução

--	--

Pavimentos Enterrados

Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução

Designação	Profundidade, Z (m)	Área (m ²)	R _t (m ² .°C/W)	Perímetro Exposto P (m)	Espessura da parede exposta w (m)	U (W/m ² .°C)	URef (W/m ² .°C)

Paredes Enterradas

Solução corrente ou Ponte Térmica Plana?	Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução

Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Descrição Detalhada	Área Total (m ²)	Solução Incorpora PTP's?

Designação	Profundidade, Z (m)	Área (m ²)	R _w (m ² .°C/W)	R _t (m ² .°C/W)	Espessura da parede exposta w (m)	U (W/m ² .°C)	URef (W/m ² .°C)

Pontes Térmicas Lineares Exteriores

Cálculo das pontes térmicas lineares de acordo com a metodologia simplificada?

TIPO DE LIGAÇÃO ENTRE ELEMENTOS	Comp. B (m)	Cálculo de acordo com?	Ψ calculado (W/m.°C)	Informações adicionais			Sistema de isolamento nas paredes	Ψ (W/m.°C)	Ψ _{REF} (W/m.°C)
Fach. com pavimento sobre o exterior ou ENU	15,35	Valores Tabelados		Isol. sob/sobre o pavimento?	Sobre		Exterior	0,50	0,5

Fachada com varanda	4,50	Valores Tabelados				Exterior	0,60	0,5
Zona da caixa de estores	7,15	Valores Tabelados				Exterior	0,30	0,2
Fachada com pavimento intermédio	50,25	Valores Tabelados	Teto falso?		c/ teto falso	Exterior	0,19	0,5
Duas paredes verticais em ângulo saliente	15,60	Valores Tabelados				Exterior	0,40	0,4
Fachada com caixilharia	45,90	Valores Tabelados	Isol. contacta com a caixilharia?	Contacta		Exterior	0,10	0,2
							-	-

(VIII) Note-se que, em ligações de fachada com pavimento intermédio ou varanda os valores tabelados do coeficiente de transmissão térmica linear Ψ apresentados dizem respeito a METADE da ligação global, correspondendo apenas à perda no andar superior ou no andar inferior.

Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Método	Comprimento (m)	Psi solução (w/m.°C)	Psi referência (w/m.°C)
PTLE1	Fachada com pavimento sobre o exterior ou local não aquecido com isolamento sobre o pavimento	Valores Tabelados	15,35	0,50	0,50
PTLE2	Fachada com varanda	Valores Tabelados	4,50	0,60	0,50
PTLE3	Zona de caixa de estores	Valores Tabelados	7,15	0,30	0,20
PTLE4	Fachada com pavimento de nível intermédio	Valores Tabelados	50,25	0,19	0,50
PTLE5	Duas paredes verticais em ângulo saliente	Valores Tabelados	15,60	0,40	0,40
PTLE6	Fachada com caixilharia e o isolante térmico da parede contacta com a caixilharia	Valores Tabelados	45,90	0,10	0,20

Envolvente Interior

Definição da Envolvente Interior

Aplicação da regra de simplificação relativa à determinação do coeficiente de redução de perdas de ENU?

ESPAÇO NÃO-ÚTIL	Cálculo do b _{tr} de acordo com a norma 13789?	b _{tr} calculado	A/A _u	Volume do ENU m ³	Ventilação	b _{tr}
Edifício Adjacente			-	-	-	0,60
Garagem	Não		$1 \leq A_i/A_u < 2$	$V \leq 50$	Forte	0,80
Loja	Não		$1 \leq A_i/A_u < 2$	$V > 200$	Forte	1,00
Hall / Elevador	Não		$2 \leq A_i/A_u < 4$	$V \leq 50$	Forte	0,70

Caixa de escadas	Não		Ai/Au < 0.5	50 < V ≤ 200	Forte	1,00
						-

Paredes interiores - Soluções correntes, pontes térmicas planas e vãos opacos

Parede Interior, Ponte Térmica Plana ou Vão Opaco?	Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução
Solução Corrente	Parede Interior - Tipo 1	Parede simples com isolamento térmico pelo exterior
Solução Corrente	Parede Interior - Tipo 2	Parede dupla com isolamento térmico no espaço de ar
Vão Opaco	Vão Opaco - Tipo	Não aplicável

Designação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Descrição Detalhada	U Solução (W/m ² .°C)	Solução Incorpora PTP's?
PDI1	Parede Interior - Tipo 1	U=1/R ; R = espessura / condutibilidade térmica ; (Rsi+argamassa+tijolo15+argamassa+Rsi)	0,31	
PDI2	Parede Interior - Tipo 2	U=1/R ; R = espessura / condutibilidade térmica ; (Rsi+argamassa+tijolo11+caixaAr+tijolo15+argamassa+Rsi)	0,27	
VOI1	Vão Opaco - Tipo	U=1/R ; R = espessura / condutibilidade térmica ; (Rsi+porta+Rsi)	0,33	

Designação do Tipo de Solução	Espaço não útil	Qual a solução corrente adjacente associada?	Área (m ²)	Área envidraçada (m ²)	btr	U Solução (W/m ² .°C)	Área Efectiva (m ²)	URef (W/m ² .°C)	UMáx (W/m ² .°C)
PDI2	Edifício Adjacente		15,99	0,00	0,60	0,27	15,99	0,70	-
PDI1	Hall / Elevador		14,04	0,00	0,70	0,31	14,04	0,70	-
VOI1	Hall / Elevador		1,80	0,00	0,70	0,33	1,80	0,70	-
PDI2	Caixa de escadas		13,00	0,00	1,00	0,27	13,00	0,40	-

Designação do Tipo de Solução	btr	Área por btr (m ²)	U Solução (W/m ² .°C)	URef (W/m ² .°C)	UMáx (W/m ² .°C)
PDI2	1,00	13,00	0,27	0,40	-
PDI1	0,70	14,04	0,31	0,70	-
PDI2	0,60	15,99	0,27	0,70	-
VOI1	0,70	1,80	0,33	0,70	-

Pavimentos Interiores - Soluções correntes e pontes térmicas planas

Solução corrente ou Ponte Térmica Plana?	Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução
Solução Corrente	Pavimento Interior - Tipo 1	Pavimento sem isolamento térmico
Solução Corrente	Pavimento Interior - Tipo 2	Pavimento com isolamento térmico pelo exterior

Designação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Descrição Detalhada	U Solução (W/m ² .°C)
PVI1	Pavimento Interior - Tipo 1	Laje aligeirada, bloco cerâmico 0,15, teto falso sem isolamento térmico - ITE 50 quadro II.7 - B3 - 1,5+0,20=1,5 ou U=1/R ; R = espessura / condutibilidade térmica ; (Rsi+flutuante+feltro+betonilha+laje aligeirada+Rsi)	0,30
PVI2	Pavimento Interior - Tipo 2	Laje aligeirada, bloco cerâmico 0,15, teto falso sem isolamento térmico - ITE 50 quadro II.7 - B3 - 1,5+0,20=1,5 ou U=1/R ; R = espessura / condutibilidade térmica ; (Rsi+flutuante+feltro+betonilha+laje aligeirada+ar+teto falso em gesso cartonado+Rsi)	0,28

--	--	--	--

Designação do Tipo de Solução	Espaço não útil	Qual a solução corrente adjacente associada?	Área Total (m ²)	btr	Udesc (W/m ² .°C)	URef (W/m ² .°C)	UMáx (W/m ² .°C)
PVI1	Garagem		20,6	0,80	0,30	0,35	-
PVI2	Loja		74,1	1,00	0,28	0,35	-

Designação do Tipo de Solução	btr	Área Total (m ²)	U Solução (W/m ² .°C)	U referência (W/m ² .°C)	U máximo (W/m ² .°C)
PVI1	0,80	20,56	0,30	0,35	-
PVI2	1,00	74,10	0,28	0,35	-

Coberturas Interiores - Soluções correntes e pontes térmicas planas

Solução corrente ou Ponte Térmica Plana?	Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução

Designação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Descrição Detalhada	U Solução (W/m ² .°C)

PREENCHER APENAS PARA O CASO DE COBERTURAS EM DESVÃO

Designação do Tipo de Solução	Espaço não útil	Qual a solução corrente adjacente associada?	Área Total (m ²)	Cor da cob. Exterior	Grau de ventilação ^(x)	Emissividade ^(x)	Udescendente (W/m ² .°C)	btr	U (W/m ² .°C)	URef (W/m ² .°C)	UMáx (W/m ² .°C)

Vãos Envidraçados Interiores

Tipo de Solução	Tipo de Janela	Tipo de solução caixilharia 1	Tipo de solução caixilharia 2

Designação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Descrição Detalhada	Tipo de Protecção	Descrição da Protecção	U _{wdn} (W/m ² ·°C)	U _{Ref} (W/m ² ·°C)

Localização	Designação do Tipo de Solução	Espaço não útil	Área (m ²)	Orientação	Vão Envidraçado à Face Exterior da Parede?	Tipo de Vidro	btr	U _{wdn} (W/m ² ·°C)	U _{Ref} (W/m ² ·°C)

Pontes Térmicas Lineares Interiores

Cálculo das pontes térmicas lineares de acordo com a metodologia simplificada?

TIPO DE LIGAÇÃO ENTRE ELEMENTOS	Espaço não útil	Comp. B ^(xiv) (m)	Cálculo de acordo com?	Ψ calculado (W/m·°C)	Informações adicionais	Sistema de isolamento nas paredes	Ψ (W/m·°C)	Ψ _{REF} (W/m·°C)
							-	-

Ventilação

Método de cálculo

Segundo a EN 15242 e Despacho 15793-K

Efetuar o cálculo no separador "CalculoVentilacao"

Sistema de Ventilação

Não cumpre a norma 1037-1

Arrefecimento noturno com abertura das janelas?

Rph Estimada (h ⁻¹)	Rph mínimo (h ⁻¹)	Rph, i (h ⁻¹)	Rph, v (h ⁻¹)
1,23	0,40	1,23	1,23

Descrição da Solução de Ventilação

Caract. restantes 512

Sistemas Técnicos

Existem Sistema Técnicos?

O edifício dispõe de abastecimento de combustível líquido ou gasoso?

Isolamento térmico na tubagem de distribuição de AQS com resistência térmica $\geq 0,25 \text{ m}^3 \cdot \text{C/W}$?

Os chuveiros ou sistemas de duche possuem certificado de eficiência hídrica com rótulo A ou superior?

Identificação do Sistema	Fonte de Energia	Tipo de Equipamento	Nº de unidades iguais	Marca	Gama	Modelo	Foi possível aceder ao equipamento?	Descrição Específica do Equipamento	Produção Total de Energia (kWh/ano)
Sistema 1	Gás Natural	Caldeira	1						
Sistema 2	Solar	Painel Solar Térmico	2						1500,00

O edifício tem exposição solar adequada?

Produtividade de referência (kWh/m²) 420,00

Electricidade, Gás (natural, propano, butano), Gasóleo, Biomassa (sólida, líquida, gasosa)

Identificação do Sistema	Função	Funcionamento (perfil de consumo)	Potência (kW)	Informação sobre eficiência?	Eficiência do Equipamento Nominal/Sazonal	Fracção servida (0 a 1)	Idade do sistema	Eficiência do Equipamento (0 a 6)	Eficiência de referência	EREN (kWh/ano)	Consumo Energia Final (kWh/ano)	Perda Estática (QPR Solução) kWh/24h	Perda Estática (QPR Máximo) kWh/24h	Parcela das necessidades (0 a 1)
Sistema 1	Aquecimento		2,5		0,90	1,00		0,90	0,89	-	3980,04			1,00
Sistema 1	Águas Quentes Sanitárias	Durante todo o ano	2,5		0,90	1,00		0,90	0,89	-	1083,07			0,37
											-			-

Solar, Eólica, Hídrica, Geotérmica

Identificação do Sistema	Função	Potência (kW)	EREN (kWh/ano)	Parcela afectada à Função (0 a 1)	EREN ext (kWh/ano)	Área Total de Coletores (m ²)	Produtividade (kWh/m ²) Coletores	Produtividade de referência (kWh/m ²) Coletores	Produtividade (Wh/Wp)	Caudal Médio (m ³ /s)	Rendimento Nominal Turbina	Rendimento Nominal Gerador	Parcela das necessidades (0 a 1)	Parcela das necessidades de energia eléctrica (0 a 1)
Sistema 2	Águas Quentes Sanitárias		1500,00	1,00		4,00	375,00						0,63	-
			-										-	-

Informação adicional - sistemas técnicos

Identificação do Sistema	Data de instalação Equipamento/Sistema	Designação Comercial do Instalador	Telefone do Instalador	Email do Instalador	Registo de manutenção do sistema?	Data da Manutenção
Sistema 1						
Sistema 2						

Balanço energético

Indicadores energéticos

Sigla	Descrição	Valor	Referência	
Nic	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/m2.ano)	36,03	53,27	
Nvc	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/m2.ano)	23,96	29,15	
Qa	Energia útil para preparação de água quente sanitária (kWh/ano)	2377	2377	Ntc/Nt
Wvm	Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores (kWh/ano)	0,00		0,64
Eren	Energia produzida a partir de fontes renováveis para usos regulados (kWh/ano)	1500	1092	
Eren AQS	Energia produzida a partir de fontes renováveis para produção de AQS (kWh/ano) (para efeito de verificação do requisito mínimo)	1500	1092	Classe Energética
Eren,ext	Energia produzida a partir de fontes renováveis para outros usos (kWh/ano)	0,00		B
Ntc	Necessidades nominais anuais globais de energia primária (kWh/m2.ano)	70,89	111,01	

Indicadores de desempenho

	Valor de Referência (kWh/m2.ano)	Valor do Edifício (kWh/m2.ano)	Renovável (%)
Aquecimento	59,86	40,03	0,00
Arrefecimento	9,72	7,99	0,00
AQS	26,87	25,98	58,07

Energia Renovável (%)	20,39
-----------------------	-------

Emissões de CO2 (t/ano)	1,31
-------------------------	------

Potencial para a identificação de Medidas de Melhoria

AValiação DO POTENCIAL PARA A IDENTIFICAÇÃO DE MEDIDAS DE MELHORIA

[alínea b) do ponto 4. do Despacho n.º 7113/2015 de 29 de Junho]

Verde (superior a 30%) - Elevado potencial de melhoria

Amarelo (entre 0% e 30%) - Algum potencial de melhoria

Vermelho (inferior a 0%) - Não existe potencial de melhoria

		Solução Inicial	Simulação em curso
Variação das necessidades de energia útil utilizando os valores de referência do coeficiente de transmissão térmica (U_{REF})	Aquecimento	✓ 38,8%	-35,8%
	Arrefecimento	⚠ 4,5%	-3,9%
Variação das necessidades de energia final utilizando os valores de referência para os sistemas técnicos:	Aquecimento	✓ 38,1%	-37,3%
	Arrefecimento	⚠ 4,5%	-3,9%
	AQS	⚠ 9,0%	9,0%

Dados Climáticos

Graus-dia	1.374
-----------	-------

Zona Climática de Inverno	I2
---------------------------	----

Zona Climática de Verão	V3
-------------------------	----

Temperatura Média Exterior Inverno (°C)	7,3
---	-----

Temperatura Média Exterior Verão (°C)	24,7
---------------------------------------	------

Duração da estação de aquecimento (meses)	7,3
---	-----

Duração da estação de arrefecimento (meses)	4,0
---	-----

Indicadores de aquecimento

Paredes (W/°C)		
Hext	Henu;adj	HeCs
4,46	9,29	0,00

PTP (W/°C)	
Hext	Henu;adj
4,48	0,00

Portas (W/°C)	
Hext	Henu;adj
0,00	0,42

PTL (W/°C)	
Hext	Henu;adj
32,77	0,00

Coberturas (W/°C)	
Hext	Henu;adj
0,00	0,00

Pavimentos (W/°C)		
Hext	Henu;adj	HeCs
3,09	25,86	0,00

Vãos envidraçados (W/°C)	
Hext	Henu;adj
39,65	0,00

Renovação de Ar (W/°C)
Hve
106,51

Indicadores de arrefecimento

Paredes (kWh)
Qsol,v EXT
48,35

Coberturas	
Qsol,v EXT	Qsol, Desv
0,00	0,00

Portas (kWh)
Qsol,v EXT
0,00

Vãos Envidraçados (kWh)
Qsol,v EXT
1361,58

Ganhos Internos (kWh)
Qint,v
1164,41

Medidas de Melhoria

Medidas de Melhoria?	<input checked="" type="checkbox"/>
----------------------	-------------------------------------

Solução Inicial	Nic (kWh/(m ² .ano))	100,21	Nvc (kWh/(m ² .ano))	25,71	Qa/Ap (kWh/(m ² .ano))	23,91	Ntc (kWh _{ep} /(m ² .ano))	162,30	Classe Energética	C
	Ni (kWh/(m ² .ano))	53,27	Nv (kWh/(m ² .ano))	29,15	Qa/Ap ref. (kWh/(m ² .ano))	23,91	Nt (kWh _{ep} /(m ² .ano))	111,01		
Os dados inseridos neste cálculo correspondem à:			Medida 3		Medida de Melhoria associada a:			Envolventes Opacas - Pontes Térmicas Planas		
Medida de Melhoria	Nic (kWh/(m ² .ano))	36,03	Nvc (kWh/(m ² .ano))	23,96	Qa/Ap (kWh/(m ² .ano))	23,91	Ntc (kWh _{ep} /(m ² .ano))	70,89	Classe Energética	B
	Ni (kWh/(m ² .ano))	53,27	Nv (kWh/(m ² .ano))	29,15	Qa/Ap ref. (kWh/(m ² .ano))	23,91	Nt (kWh _{ep} /(m ² .ano))	111,01		

Gravar/Editar
Simulação

Carregar Simulação



Identificação da Medida de Melhoria e Classe energética	Classe Energética	Medida de Melhoria associada a ...	Descrição sucinta da medida proposta	Descrição detalhada da medida proposta	Medida considerada no recálculo?	Custo estimado de investimento (€)	Redução Anual da Fatura Energética (€/ano)	Período de retorno (anos)	Novo Nt (kWh/m2.ano)	Novo Ntc (kWh/m2.ano)
Medida de Melhoria 1	C	Envoltentes Opacas - Paredes	Isolamento térmico em paredes exteriores - aplicação pelo exterior com revestimento aplicado sobre o isolante	llç	Sim	1000,00	270,00	3,7	111,01	132,57
Medida de Melhoria 2	C	Envoltentes Opacas - Pavimentos	Isolamento térmico de pavimentos interiores - aplicação sob laje a de pavimento	0	Sim	1000,00	270,00	3,7	111,01	132,57
Medida de Melhoria 3	C	Envoltentes Opacas - Pontes Térmicas Planas	Isolamento térmico de pontes térmicas planas - aplicação pelo exterior com revestimento aplicado sobre o isolante	0	Sim	500,00	270,00	1,9	111,01	132,57

Identificação da Medida de Melhoria	Nic (kWh/m2.ano)	Nvc (kWh/m2.ano)	Qa (kWh/m2.ano)	Aquecimento			Arrefecimento			Águas Quentes Sanitárias			Quantidade Total (m2; ml; kW; l)	Emissões de CO2 (t/ano)
				Valor de Referência (kWh/m2.ano)	Valor do Edifício (kWh/m2.ano)	Renovável (%)	Valor de Referência (kWh/m2.ano)	Valor do Edifício (kWh/m2.ano)	Renovável (%)	Valor de Referência (kWh/m2.ano)	Valor do Edifício (kWh/m2.ano)	Renovável (%)		
Medida de Melhoria 1	72,94	26,40	2377	59,86	81,05	0,00	9,72	8,80	0,00	26,87	29,52	0,00	100	2,54

Medida de Melhoria 2	72,94	26,40	2377	59,86	81,05	0,00	9,72	8,80	0,00	26,87	29,52	0,00	120	2,54
Medida de Melhoria 3	72,94	26,40	2377	59,86	81,05	0,00	9,72	8,80	0,00	26,87	29,52	0,00	50	2,54

Identificação da Medida de Melhora (Outros Benefícios)	ENR	TER	ACU	PAT	QAI	SEG	FIM	REN	VIS
Medida de Melhoria 1									
Medida de Melhoria 2	✓	✓							
Medida de Melhoria 3	✓	✓							

Impacto das Medidas de Melhoria	Custo Total Estimado de Investimento (€)	2500,00	Nic (kWh/m2.ano)	72,94	Classe Energética	INDICADORES DE DESEMPENHO	Valor de Referência (kWh/m2.ano)	Valor do Edifício (kWh/m2.ano)	Renovável (%)		
	Poupança Total da Fatura Energética (€/ano)	270,00	Nvc (kWh/m2.ano)	26,4			C	Aquecimento	59,86	81,05	0,00
	Nt (kWh/m2.ano)	111,01	Qa (kWh/ano)	2377,29				Arrefecimento	9,72	8,80	0,00
	Ntc (kWh/m2.ano)	132,57	Emissões de CO2 (t/ano)	0				AQS	26,87	29,52	0,00

Documentos

Documentos

RELATÓRIO DO PROCESSO DE CERTIFICAÇÃO

Relatório do perito

Tamanho máximo de 3 MB, formato pdf

Levantamento

Tamanho máximo de 2 MB, formato pdf

FOLHAS DE CÁLCULO

Folha de cálculo regulamentar

Tamanho máximo de 1.5 MB, formato pdf

Folha de cálculo da ventilação

Tamanho máximo de 1.5 MB, formato pdf

Relatório SCE.ER

Tamanho máximo de 1 MB, formato pdf

OUTROS DOCUMENTOS E FOTOGRAFIAS

Notas e Observações

Caract. restantes
2048

--