



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil



Acompanhamento da construção de um edifício de habitação multifamiliar

RICARDO DA CRUZ GODINHO FERREIRA

Licenciatura em Engenharia Civil

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em Engenharia
Civil na Área de Edificações

Orientadores:

Licenciado Manuel Augusto Gamboa
Bacharel António Godinho

Júri:

Presidente: Doutor Filipe Manuel Vaz Pinto Almeida Vasques

Vogais:

Mestre António Jorge Guerreiro R. Silva e Sousa
Licenciado Manuel Augusto Gamboa
Bacharel António Godinho

Janeiro de 2013

RESUMO

No presente relatório, descreve-se todo o trabalho desenvolvido no âmbito do estágio curricular relativamente ao processo de acompanhamento da construção de um edifício de habitação multifamiliar, tendo este como principal finalidade, a conclusão do curso de Mestrado em Engenharia Civil na área de Edificações.

O referido estágio, decorreu durante um período de quatro meses, compreendidos entre Fevereiro e Junho na empresa Godifer, Obras Públicas e Civis Lda. Este, baseou-se no acompanhamento da construção de um edifício inserido numa pequena urbanização denominada por “Quinta das Laranjeiras” na freguesia de Fernão Ferro, concelho do Seixal, sendo o Eng.º Técnico António Godinho, o orientador de estágio na empresa, Director da obra em causa.

O objectivo essencial deste estágio, traduziu-se na aquisição de experiência a nível profissional na área de projecto, planeamento e construção. Este objectivo, foi alcançado por via do exercício de actividades, em perfeita sintonia e acompanhamento dos diversos profissionais que, de forma bastante prestável, disponibilizaram a sua ajuda no esclarecimento de diversas questões e dúvidas, sempre que necessário. Foi também absolutamente inquestionável que, o constante contacto com o orientador e outros responsáveis de projecto e execução do mesmo, proporcionaram a percepção do que é, na realidade, o verdadeiro dia-a-dia de trabalho de um Eng.º Civil.

Para além do objectivo primordial, este estágio proporcionou identificar algumas das limitações e dificuldades na aplicação prática, de toda a componente teórica adquirida durante todo o curso, bem como a aquisição de sensibilidade relativamente a um elevado número de pormenores de execução, na maioria omissos em projecto que por isso mesmo, são susceptíveis da ocorrência de diverso tipo de anomalias no futuro.

Palavras-chave: Construção de edifícios, Planeamento, Alvenarias, Instalações Técnicas.

ABSTRACT

In the present report, it's described the work developed under the curricular traineeship, related to the process of accompaniment of a building construction for multifamily housing, having as a main goal the conclusion of the Master in Civil Engineer, in the area of Edifications.

The curricular traineeship occurred during a period of four months, between February and June at the company Godifer, Obras Públicas e Civis Lda, being based in the construction accompaniment of a building inserted in a small urbanization called "Quinta das Laranjeiras" at the location of Fernão Ferro, which belongs to the city of Seixal. The Construction Director was the Technical Engineer António Godinho, who's also the my internship monitor/advisor of this master thesis.

The main goal of this traineeship was the acquirement of experience at the professional level in the area of project, planning and construction. This goal was achieved by participating in different activities, standing in line and being followed by different professionals, who have provided their sincere help, clarifying doubts and question, always when necessary. It's absolutely doubtless that, the constant contact with the Construction Director and other managers for the project and its execution, gave the real perspective of what's the real work day-by-day of a Civil Engineer.

On the other hand, this traineeship allowed me to identify some limitations and difficulties of the practical application of all the theoretical component acquired during the academic course, as well as gave me more sensibility to a several number of execution details, which are normally missing in the main project, which might lead to the possible anomalies happening in the future.

Key-words: Building construction, Planning, Masonry, Technical facilities.

AGRADECIMENTOS

A execução de todo o trabalho no âmbito do processo de estágio, bem como a elaboração do respectivo relatório, somente foi possível com o apoio essencial de várias entidades, aos quais faço questão de demonstrar o meu profundo agradecimento, abaixo mencionando-os:

- À empresa Godifer, Obras Públicas e Cavis Lda e aos seus responsáveis, pela oportunidade concebida para o desenvolvimento deste trabalho e todo o apoio prestado ao longo do período de estágio.
- Ao Eng.º Técnico António Godinho, orientador por parte da empresa Godifer, Obras Públicas e Cavis Lda, pela disponibilidade demonstrada no esclarecimento de diversas situações, bem como pela sua capacidade crítica construtiva e extrema preocupação, de forma quase permanente, em partilhar os seus conhecimentos profissionais, resultado dos seus mais de 30 anos de currículo e experiência em obras de construção civil.
- Ao Eng.º Manuel Augusto Gamboa, professor do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, orientador deste Trabalho Final de Mestrado, pela sua constante disponibilidade e apoio, no decurso de toda a elaboração do mesmo.
- A todos os profissionais das várias especialidades que desenvolveram o seu trabalho nesta obra, os quais me proporcionaram a partilha do seu conhecimento e experiência profissional e me auxiliaram no esclarecimento de determinado tipo de dúvidas emergentes no dia-a-dia.
- A toda a minha família, pelo apoio, em vários aspectos, cedido de forma absoluta e incondicional desde o início desta jornada de formação académica.
- A todos os meus colegas da vida académica, os quais se tornaram verdadeiros amigos e enriqueceram de forma distinta, a experiência de vida que correspondeu a minha passagem pelo grande instituto que é o ISEL.

ÍNDICE DE TEXTO

RESUMO	i
ABSTRACT	iii
AGRADECIMENTOS	v
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	xv
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Enquadramento do tema.....	1
1.2 Objectivos	1
1.3 Metodologia	2
2. CARACTERIZAÇÃO DE EMPRESA E EMPREENDIMENTO	5
2.1 Godifer, Obras Públicas e Civis Lda.....	5
2.2 Urbanização “Quinta das Laranjeiras”	5
2.3 Edifício Lote F91C	6
2.4 Localização e Implantação	8
2.5 Gestão e direcção de obra.....	9
2.5.1 Planeamento e controle de produção.....	9
2.5.2 Principais Intervenientes em obra.....	9
3. ALVENARIAS, PAVIMENTOS E TECTOS	11
3.1 Paredes exteriores	11
3.1.1 Ligação à estrutura.....	12
3.1.2 Isolamento térmico	13
3.1.3 Revestimento e Acabamento	14
3.1.4 Comportamento Térmico	17
3.2 Paredes Interiores.....	23
3.2.1 Paredes interiores duplas.....	24
3.2.2 Revestimento e Acabamento	27
3.2.3 Paredes interiores simples	31
3.2.4 Parede interior em contacto com caixa de elevador	32
3.2.5 Custo de construção	34
3.3 Pavimentos.....	37
3.4 Tectos	42
4. INSTALAÇÕES e EQUIPAMENTOS	45
4.1 Rede de drenagem pluvial	45
4.1.1 Disposições construtivas – materiais aplicados	47
4.1.2 Classificação do sistema.....	49

4.1.3	Conforto e qualidade	49
4.2	Rede de drenagem predial doméstica	50
4.2.1	Disposições construtivas – materiais aplicados	51
4.2.2	Classificação do sistema.....	55
4.2.3	Conforto e qualidade	57
4.3	Rede de distribuição e aquecimento de águas	59
4.3.1	Disposições construtivas – materiais aplicados	60
4.3.2	Classificação do sistema.....	64
4.3.3	Conforto e qualidade	66
4.3.4	Interligação com restantes instalações	66
4.3.5	Eficiência energética.....	67
4.4	Instalações eléctricas	74
4.4.1	Classificação do sistema.....	74
4.4.2	Ligação à rede	78
4.4.3	Protecção contra curto-circuitos	78
4.4.4	Contadores	78
4.4.5	Potências	79
4.4.6	Coluna	79
4.4.7	Entradas	81
4.4.8	Quadros eléctricos.....	81
4.4.9	Iluminação	81
4.4.10	Tomadas.....	83
4.4.11	Equipamentos	83
4.4.12	Canalizações.....	83
4.4.13	Caixas de derivação e passagem	85
4.4.14	Ligações Eléctricas.....	85
4.4.15	Instalações das zonas comuns	85
4.4.16	Sistema de protecção de pessoas	86
4.4.17	Normas e Regulamentos	87
5.	CONCLUSÕES	89
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Panorâmica da urbanização da "Quinta das Laranjeiras"	6
Figura 2.2 - Edifício Lote F91C	6
Figura 2.3 - Plantas de arquitectura: pisos -1; 0; 1 e 2	7
Figura 2.4 - Localização do Lote F91C	8
Figura 2.5 - Planta de implantação de edifício	8
Figura 2.6 - Transportes públicos de ligação a Lisboa	9
Figura 3.1 - Reforço com ponta de varão de aço e salpico aditivado	12
Figura 3.2 - Identificação de paredes exteriores	13
Figura 3.3 - Esquema de parede dupla e isolamento	13
Figura 3.4 - Parede dupla com isolamento de poliestireno extrudido	14
Figura 3.5 - Salpico do pano de alvenaria e aplicação rede de nylon	15
Figura 3.6 - Reboco com acabamento em roscone	15
Figura 3.7 - Processo de colagem de revestimento cerâmico	16
Figura 3.8 - Características técnicas de poliestireno extrudido	20
Figura 3.9 - Identificação de paredes interiores duplas	25
Figura 3.10 - Esquema de parede dupla e isolamento	25
Figura 3.11 - Parede dupla interior (lã de rocha + poliestireno expandido)	26
Figura 3.12 - Isolamento acústico sob panos e paredes interiores	26

Figura 3.13 - Etapas de estuque projectado	27
Figura 3.14 - Equipamento para lixamento de superfície estucada	28
Figura 3.15 - Parede com primeira camada de pintura	28
Figura 3.16 - Emboço e posterior acabamento em resinas epóxicas	29
Figura 3.17 - Identificação de paredes interiores simples	31
Figura 3.19 - Paredes interiores simples	32
Figura 3.18 - Esquema de parede interior simples	32
Figura 3.20 - Identificação de paredes em contacto com caixa de elevador.....	33
Figura 3.21 – Isolamento de poliestireno extrudido - caixa de elevador.....	33
Figura 3.22 - Aplicação de camada de recobrimento - betão celular	39
Figura 3.23 - Execução de betonilha	40
Figura 3.24 - Aplicação de manta acústica e chão laminado de madeira	41
Figura 3.25 - Revestimento cerâmico de pavimentos de cozinhas e casas-de-banho.....	41
Figura 3.26 - Tecto falso em gesso cartonado hidrófugo	42
Figura 3.27 - Réguas metálicas zincada e solução mista tecto falso/estuque	43
Figura 4.1 - Planta de cobertura e ralos	46
Figura 4.2 – Ralo na cobertura	47
Figura 4.3 - Tubo de queda de pluvial	48
Figura 4.4 - Colectores Prediais	48

Figura 4.5 - Corte esquemático de drenagem pluvial gravítica	49
Figura 4.6 - Isolamento de tubo de queda de água pluvial	50
Figura 4.7 – Acessórios vários: forquilha; boca de limpeza; curva/meia curva ...	51
Figura 4.8 - Ramal de descarga com sifão de pavimento	52
Figura 4.9 - Planta de ramal de descarga de cozinha	53
Figura 4.10 - Corte de cozinha e ramal de descarga	53
Figura 4.11 – Corte esquemático do ramal de descarga no tubo de queda	54
Figura 4.12 - Tubo de queda com boca de limpeza	54
Figura 4.13 - Colector predial	55
Figura 4.14 - Corte esquemático de drenagem gravítica	56
Figura 4.15 - Corte esquemático de drenagem com elevação	57
Figura 4.16 - Corte esquemático de rede de abastecimento de água	60
Figura 4.17 - Tubagem embebida nas alvenarias e pavimento	61
Figura 4.18 - Tubo "Hidronil" e Multicamada com acessórios latão	61
Figura 4.19 - Contadores e acessórios em latão	62
Figura 4.20 – Manga PVC corrugado: água quente (vermelho) e fria (azul)	62
Figura 4.21 - Tubo de PEX e acessórios em latão niquelado	63
Figura 4.22 - Instalação de caixa de distribuição	63
Figura 4.23 - Corte esquemático do sistema de alimentação directa	65

Figura 4.24 - Negativos na laje destinados a passagem de coluna de água	67
Figura 4.25 - Sistema solar térmico com circulação em termossifão	68
Figura 4.26 - Colectores solares	69
Figura 4.27 - Zypho 750	69
Figura 4.28 - Modelo esquemático de instalação e aspecto final	70
Figura 4.29 - Modelo esquemático da transferência de energia calorífica.....	70
Figura 4.30 –isolamento térmico de tubagem de água quente (embebida)	73
Figura 4.31 - Isolamento térmico de tubagem de água quente (exposta)	73
Figura 4.32 - Contadores de habitação	78
Figura 4.33 - Quadro de serviços comuns (QSC)	79
Figura 4.34 - Iluminação de emergência.....	82
Figura 4.35 - Tomadas dotadas de tampa	83
Figura 4.36 - Conduatas em tubo VD na alvenaria e tipo ERFE no pavimento.....	84

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 - Órgãos de direcção e intervenientes em obra	10
Tabela 3.1 - Dados climáticos para aplicação do RCCTE [7]	17
Tabela 3.2 - Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos admissíveis de elementos opacos RCCTE [7].....	18
Tabela 3.3 - Resistência térmica superficial RCCTE [7]	19
Tabela 3.4 - Resistência térmica de espaços de ar não ventilados RCCTE [7] ..	19
Tabela 3.5 - Cálculo da resistência térmica total de parede exterior	20
Tabela 3.6 - Cálculo da resistência térmica total da ponte térmica plana pilar/viga	22
Tabela 3.7 - Cálculo da resistência térmica total da ponte térmica plana caixa de estore.....	23
Tabela 3.8 - Características acústicas de lã de rocha	30
Tabela 3.9 - Características acústicas de poliestireno expandido	30
Tabela 3.10 - Coeficientes de absorção acústica de ambos os materiais	30
Tabela 3.11 - Gráfico comparativo do comportamento acústico	30
Tabela 3.12 - Gráfico do comportamento acústico do conjunto	31
Tabela 3.13 - Actividade de isolamento com lã mineral – 40mm	34
Tabela 3.14 - Actividade de isolamento com poliestireno expandido – 20mm	35
Tabela 3.15 - Actividade de isolamento com aglomerado negro de cortiça - 40mm	35

Tabela 3.16 - Execução de camada de reboco para assentamento do aglomerado de cortiça	36
Tabela 3.17 - Execução de argamassa para reboco	36
Tabela 3.18 - Hierarquização dos tipos de lajes	38
Tabela 4.1 - Áreas de contribuição	46
Tabela 4.2 - Requisitos ramais de descarga	52
Tabela 4.3 - Poupança relativa a custos energéticos com Zypho 750	72
Tabela 4.4 - Código alfanumérico das influências externas	75
Tabela 4.5 - Quadro de influências	75
Tabela 4.6 - Classificação de influências	76
Tabela 4.7 - Classificação de influências	77
Tabela 4.8 - Características de protecção	77
Tabela 4.9 - Índice de protecção.....	77

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AQS – Águas quentes sanitárias

EDP – Energias de Portugal

ISEL – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

LPS – Last planner

Maqs – Consumo médio diário de águas quentes sanitárias

PME – Pequenas e médias empresas

PEX – Polietileno reticulado

PVC – Policloreto de vinilo

Qa – Quantidade de energia para aquecimento de águas

QC – Quadro de colunas

QCM – Quadro da casa das máquinas

QSC – Quadro dos serviços comuns

RCCTE – Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios

RRAE – Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios

RTIEBT – Regras Técnicas de Instalações Eléctricas de Baixa Tensão

TUE – Tomadas de uso específico

TUG – Tomadas de uso geral

1. INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento do tema

Acompanhamento da construção de um edifício de habitação multifamiliar

- A motivação que levou à realização de estágio em virtude de outras duas opções possíveis, Dissertação ou Projecto, prendeu-se com o simples facto, de que desta forma, seria possível, uma eficiente verificação, bem como consolidação de conhecimentos teóricos adquiridos durante o curso, confrontando-os com a realidade prática, a qual corresponde o estar em obra, tornando-se por si só, uma forma rápida e eficiente de inserção no mundo laboral na área de engenharia civil e na dinâmica de uma empresa. O estágio, é referente ao relatório da construção de um edifício de habitação multifamiliar, processo o qual abrange e elucida, de uma forma genérica, grande parte do conteúdo teórico relativo à especialização em Edificações do curso de Engenharia Civil.

1.2 Objectivos

O presente trabalho tem implícitos os seguintes objectivos:

- Analisar e interpretar projectos de arquitectura e de especialidades (redes de abastecimento de água, drenagem pluvial e doméstica, electricidade, entre outros);
- Identificar, analisar e solucionar a problemática clássica relacionada com a compatibilidade e complexidade de montagem e encaixe entre todas as instalações técnicas de várias especialidades envolvidas na construção de um edifício de habitação, assim como a necessidade de boa organização, planeamento e gestão de todas as equipas nas suas frentes de trabalho;
- Estudar produtos e materiais utilizados na construção civil, relativos a soluções de acabamentos, isolamentos acústicos e térmicos, impermeabilizantes, aparelhos, equipamentos e instalações entre outros.
- Analisar e experienciar competências, deveres e responsabilidades do acto de condução da execução de um empreendimento, enquanto elemento pertencente à equipa de direcção de obra. A importância no planeamento, organização, gestão e controlo de, mão-de-obra, materiais, equipamentos, empreiteiros, qualidade e segurança.

- Adquirir conhecimentos, técnicas e métodos de trabalho com vista a aplicação futura no mundo laboral relacionado directamente à Engenharia Civil.

1.3 Metodologia

Pretendeu-se fazer um acompanhamento diário de obra, conjuntamente com o responsável pela direcção técnica da mesma e desta forma realizar uma observação *in situ* de forma constante e exaustiva da execução de todos os trabalhos, com o auxílio da interpretação dos projectos de especialidades, da memória descritiva e do mapa de acabamentos. Sempre que se decidiu necessário, procedeu-se ao registo fotográfico dos trabalhos realizados, para posterior observação, interpretação e desenvolvimento de análise crítica das respectivas tarefas.

Obedecendo à ordem cronológica de execução de trabalhos, acompanhou-se as frentes de trabalho respeitantes às alvenarias, instalações técnicas e equipamentos e posteriormente aos revestimentos e acabamentos a nível interior e exterior.

Ao longo dos primeiros dias, deu-se especial atenção à inserção na estrutura da empresa e ao contacto directo com a obra e vários empreiteiros, para que desta forma, facilitasse de forma natural, todo o decorrer do estágio curricular e assim se demonstrasse este, realizado de forma útil, eficiente e produtiva. No início do mês de Fevereiro, iniciou-se o acompanhamento da execução de alvenarias no piso térreo, a nível exterior e interior, respectivas soluções de isolamento termo-acústico, prosseguindo com esta matriz de trabalhos para os pisos superiores. Na última semana do mês de Fevereiro deu-se início à marcação das instalações técnicas e respectiva abertura de roços. A partir do início de Março, iniciou-se execução das instalações técnicas, com as equipas da rede de distribuição de águas, rede de drenagem predial e pluvial, rede de gás, instalações eléctricas e aspiração central, segundo a ordem apresentada. Sempre que se demonstrou necessário, participou-se directamente na resolução de alguns problemas de incompatibilidade registadas em projecto entre várias instalações, desenvolvendo soluções em obra. Ao longo da primeira semana de Abril, deu-se início à aplicação de betão celular precedida pelo acompanhamento de todas as instalações técnicas previamente colocadas em roços (alvenarias), com argamassa. A partir da segunda semana de Abril, e

correspondendo ao ritmo da obra, seguiram-se os trabalhos de execução de acabamentos a nível interior e exterior: reboco e estuque de paredes e tectos; betonilhas; colocação de tectos falsos; assentamento de revestimentos cerâmicos e de madeira, instalação de caixilharia, pintura, montagem de equipamentos sanitárias, entre outros.

2. CARACTERIZAÇÃO DE EMPRESA E EMPREENDIMENTO

2.1 Godifer, Obras Públicas e Civis Lda.

A empresa foi criada a 16 de Maio de 1988, com o intuito de prestar continuidade à experiência adquirida pelos



sócios desde 1980, desenvolvendo a sua actividade essencialmente no campo da construção civil. Pertence à categoria das PME com um capital social de 200.000,00€ e com o alvará (INCI) nº 69034. Tem nove funcionários pertencentes aos quadros da empresa, sendo dois administrativos, um Eng.º Técnico, um Encarregado Geral e três operários especializados e dois não especializados.

Actualmente a empresa apresenta um fluxo de trabalho reduzido, desenvolvendo, entre outras obras de menor dimensão, a construção de um edifício habitacional, na urbanização “Quinta das Laranjeiras”, sendo a promoção e construção desta, também da responsabilidade da Godifer Obras Públicas e Civis Lda.

2.2 Urbanização “Quinta das Laranjeiras”



Compreende uma área total de construção de 11.795,00 m², volumetria de 41.580,00 m³ e cêrcea máxima de 16 m e é composta por sete lotes para construção de edifícios de habitação, dos quais apenas três estão ainda por construir. Tendo uma capacidade máxima para 56 fogos, torna esta urbanização numa moderna aldeia urbana (Figura 2.1).

O relatório de estágio irá incidir sobre o edifício habitacional desenvolvido num dos três lotes acima mencionados, designado por Lote F91C, correspondendo este ao quinto a ser construído no loteamento.



Figura 2.1 - Panorâmica da urbanização da "Quinta das Laranjeiras"

2.3 Edifício Lote F91C

Trata-se de um edifício de habitação multifamiliar (Figura 2.2), é caracterizado essencialmente pela arquitectura moderna e é composto por quatro pisos habitacionais, acima do nível do solo com uma área de construção bruta de 1360 m² e por um piso subterrâneo com uma área bruta de 325 m², destinada a arrecadações e estacionamento automóvel.



Figura 2.2 - Edifício Lote F91C

Os pisos habitacionais, subdividem-se num total de oito fracções, sendo duas no piso térreo, três no primeiro piso e três no segundo, quatro de tipologia T2 e outras quatro de tipologia T3 (Figura 2.3).

O nível de equipamento e qualidade assume extrema importância na elaboração dos apartamentos, nomeadamente a existência de sistemas de ar condicionado, painéis solares, aquecimento e aspiração central, bem como equipamentos de cozinha, existência de arrecadação, garagem/parqueamento,

elevadores, churrasqueira, varandas de lazer, sistema de vigilância, portas corta-fogo, estilo arquitectónico, desempenho energético e acústico, funcionalidade da construção e nível de qualidade de estrutura e acabamentos.

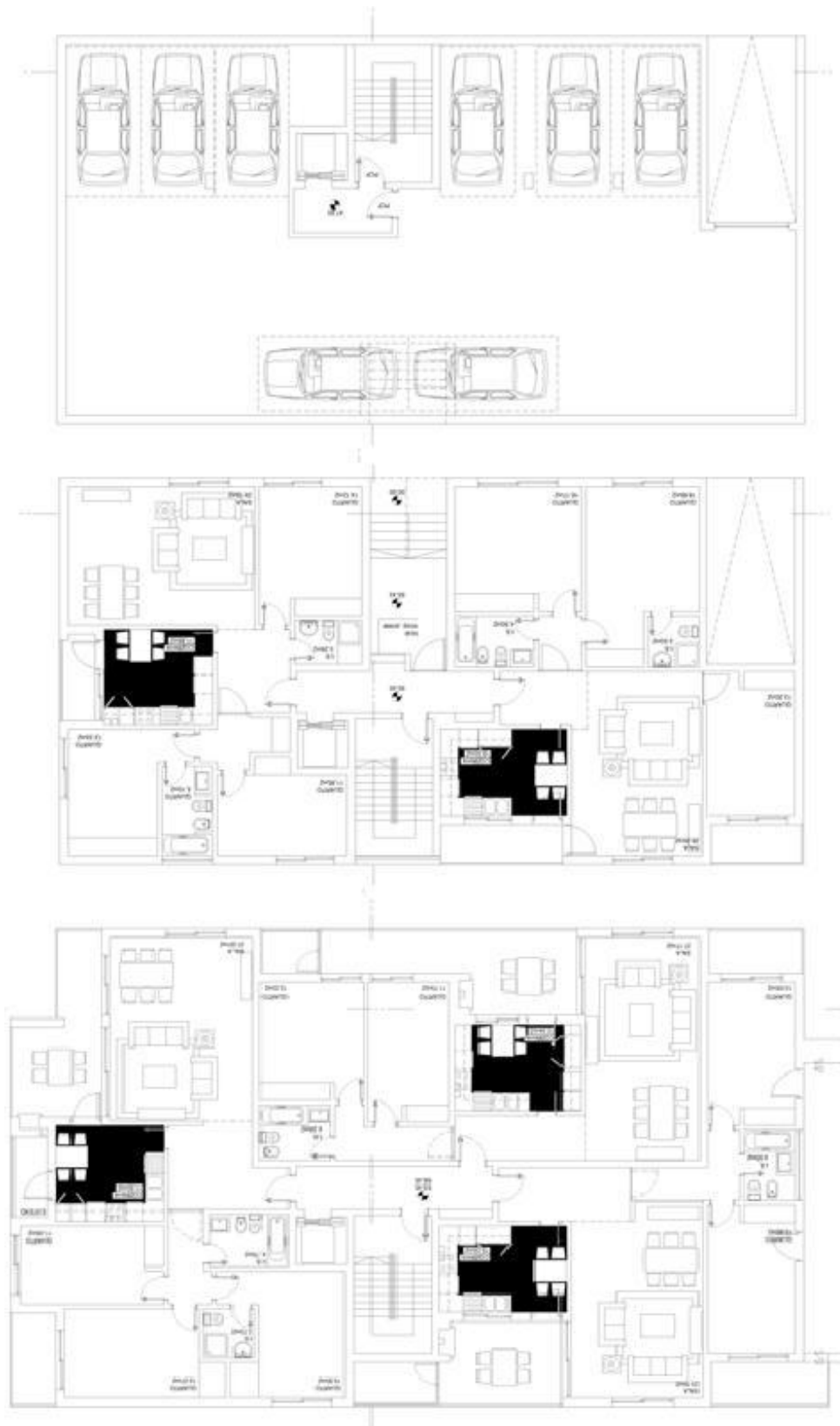


Figura 2.3 - Plantas de arquitectura: pisos -1; 0; 1 e 2

2.4 Localização e Implantação

Como já referido, o edifício situa-se no loteamento “Quinta das Laranjeiras”, Avenida 25 de Abril, F91C, Pinhal de Frades, pertencente à freguesia de Fernão Ferro, concelho do Seixal (Figura 2.4). Conta com uma área de implantação de 328,25 m² (Figura 2.5) de um total de 2300 m² dedicados para construção da urbanização em que está inserido.

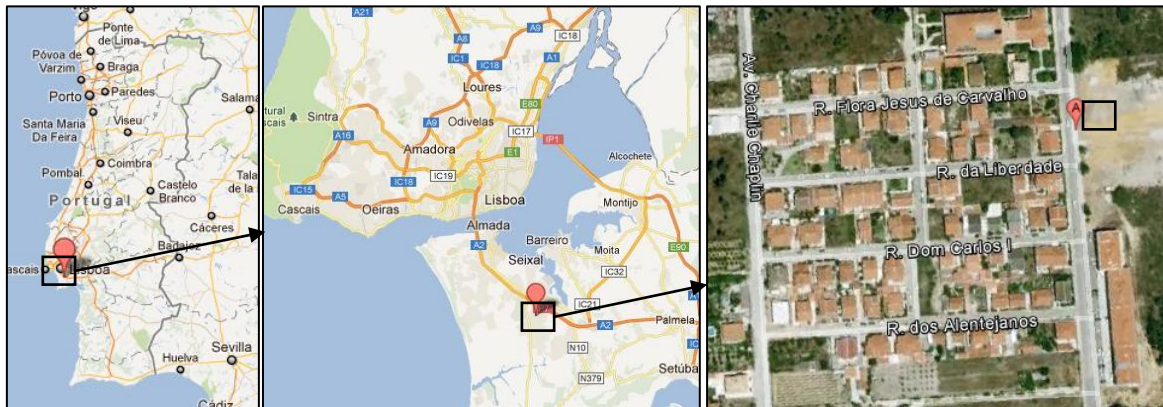


Figura 2.4 - Localização do Lote F91C



Figura 2.5 - Planta de implantação de edifício

Nas duas últimas décadas, observou-se nesta freguesia, um elevado crescimento a nível imobiliário, sobretudo do tipo unifamiliar e multifamiliar de cêrcea reduzida. O loteamento insere-se numa zona com comércio, espaços de saúde, educacionais, de lazer e acima de tudo abrangida por uma imensa área verde intacta, que se estende por centenas de hectares até à praia. Relativamente a acessos, verifica-se assistida por uma rede viária funcional, garantida pela proximidade da N378 e IC32/A2 e por uma rede de transportes

públicos, composta por autocarros, comboio Fertagus e barco, estabelecendo ligação directa a Lisboa (Figura 2.6).



Figura 2.6 - Transportes públicos de ligação a Lisboa

2.5 Gestão e direcção de obra

2.5.1 Planeamento e controle de produção

Tendo em especial consideração as características da obra, ou seja, o volume de actividades, a velocidade de construção e sobretudo o elevado e constante dinamismo, foi previamente adoptado um horizonte de planeamento a curto prazo (semanal) segundo o sistema Last Planner (LPS).

Este método de gestão, apresentou-se eficiente, pois possibilitou que os contornos das actividades planeadas correspondessem efectivamente aos análogos das actividades posteriormente concretizadas e desta forma traduziu-se numa excelente sincronização entre as várias frentes de trabalho e a gestão de material, bem como possibilitou a individualização das influências negativas no processo de produção e a facilidade crescente no decorrer da obra, em planear e controlar desta forma, a produção da semana subsequente.

2.5.2 Principais Intervenientes em obra

Com vista à realização do edifício, tornou-se implícito a conjugação de vários intervenientes, partilhando competências e responsabilidades distintas,

que desta forma se complementam e garantem o correcto funcionamento de todo o processo. Estes intervenientes estão apresentados de forma esquemática e resumida, na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Órgãos de direcção e intervenientes em obra

Sector	Intervenientes
Dono de Obra	Godifer Obras Públicas e Civis Lda
Projectistas	Arquitectura – Arq. ^a Magda Batista
	Estabilidade – AN Engenharia e Const. Lda
	Gás – Eng.º Artur M. Abreu
	Água/Esgotos – Eng.º António Ferreira
	Electricidade – Eng.º Fernando Pereira
Direcção de Obra	Eng.º António Godinho
Empreiteiro Geral	Violinos Beirões Lda
Fiscalização	Godifer Obras Públicas e Civis Lda
	Câmara Municipal do Seixal

3. ALVENARIAS, PAVIMENTOS E TECTOS

3.1 Paredes exteriores

A principal função das paredes exteriores consiste em estabelecer uma barreira física entre os ambientes exterior e interior, de modo a que o ambiente interior possa ser ajustado e estabilizado em condições desejáveis, consoante a sua utilização.

As paredes exteriores, para que cumpram na íntegra a sua função, devem possuir as seguintes exigências funcionais:

- **Segurança**

Devem oferecer boa estabilidade estrutural e resistência mecânica face aos esforços que possam surgir pela actuação das cargas permanentes e acidentais e sob acções de choque ou intrusões. Relativamente à segurança contra riscos de incêndio, as paredes de alvenaria de tijolo furado opõem-se à propagação do fogo, sendo constituídas por materiais incombustíveis.

- **Saúde e conforto**

Na situação de dividirem espaços não aquecidos de outros aquecidos, devem proteger termicamente o interior das fracções contra as condições desfavoráveis dos espaços não aquecidos, apresentando níveis de isolamento térmico que satisfaçam o regulamento das características do comportamento térmico dos edifícios (RCCTE [7]). Devem garantir também o conforto acústico, higiénico, visual e a estagnidade ao ar e água.

- **Economia**

Têm a obrigatoriedade de oferecer e manter todas as condições acima referidas, durante o período de vida útil dos edifícios. Exige-se portanto durabilidade e funcionalidade, para que desta forma a sua manutenção seja praticamente inexistente.

No edifício em causa, a técnica construtiva aplicada, corresponde à execução de paredes duplas, constituídas por dois panos de tijolo cerâmico furado de 30x20x11 cm, parcialmente preenchida por isolante térmico, técnica esta também denominada por paredes de panos dobrados. Esta solução, surgiu

com vista melhoramento do comportamento térmico e protecção contra a humidade.

3.1.1 Ligação à estrutura

Com vista a evitar fenómenos de fissuração na ligação dos panos de alvenaria aos elementos estruturais, tanto a nível interior como exterior, estes foram reforçados com pontas de varões de aço (diâmetro 12mm), de sensivelmente 50cm de comprimento, na junta horizontal entre tijolos, de três em três fiadas, sendo uma das extremidades inserida no elemento estrutural por intermédio de um orifício justo, previamente aberto (Figura 3.1).



Figura 3.1 - Reforço com ponta de varão de aço e salpico aditivado

Procedeu-se também ao salpico prévio da face dos elementos de estrutura, confinante dos panos de alvenaria, com argamassa fortalecida directamente com emulsão à base de resinas sintéticas plásticas, tipo Estireno-Butadieno, garantindo a melhor ligação mecânica entre duas superfícies de contacto de materiais com características bastante diferentes, sendo por isso uma zona crítica requerente de especiais cuidados.

3.1.2 Isolamento térmico

Os dois panos de tijolo das paredes duplas que separam as fracções do exterior do edifício (Figura 3.2), são espaçados por uma caixa-de-ar de 6cm de espessura total, parcialmente preenchida por isolante térmico (Figura 3.3).

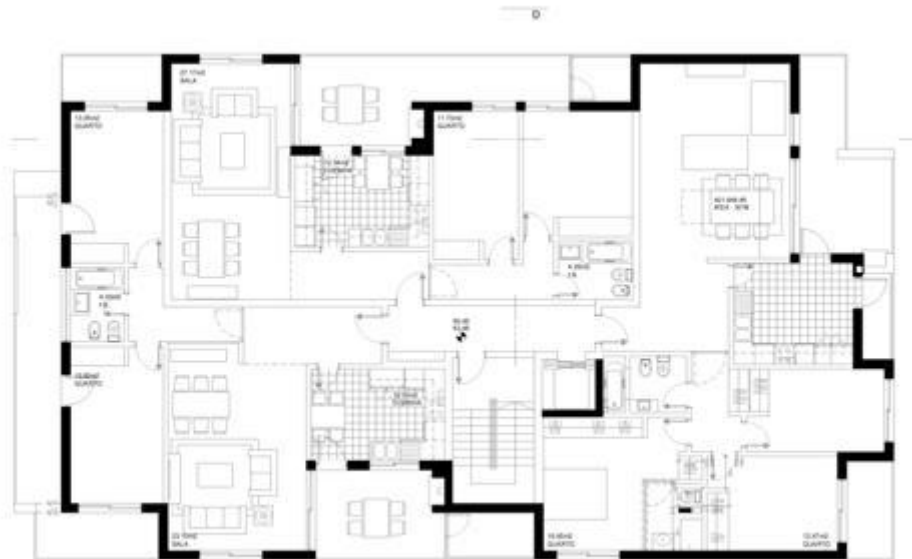


Figura 3.2 - Identificação de paredes exteriores

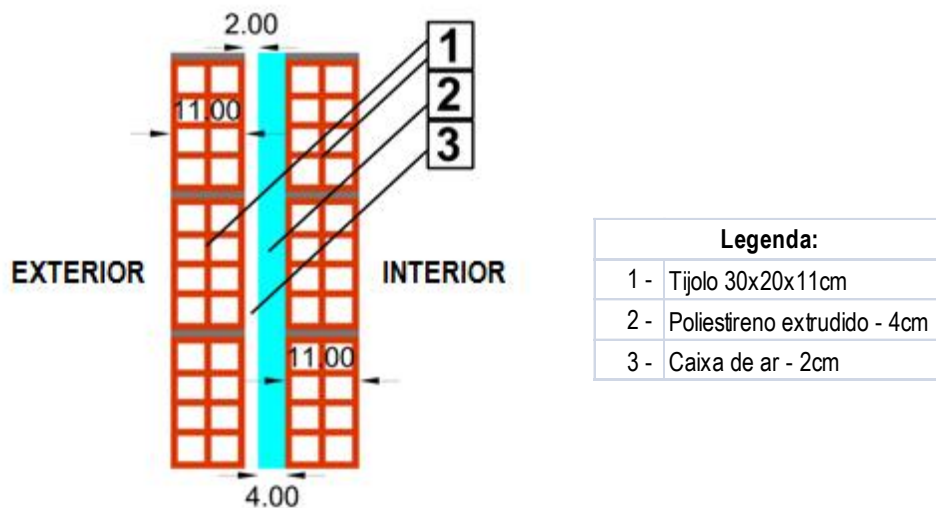


Figura 3.3 - Esquema de parede dupla e isolamento

Após execução do pano exterior, colocaram-se distanciadores de 2cm (de poliestireno expandido) e aplicou-se contra estes, o isolamento com placas constituídas por espuma de poliestireno extrudido, com 4cm de espessura, densidade nominal de 30 kg/m³ e com superfície lisa em ambas as faces, preenchendo parcialmente a caixa de ar. Desta forma garantiu-se que o isolamento fosse aplicado de forma adjacente ao pano interior e consequentemente a existência da caixa de ar não preenchida do lado exterior, com vista melhores condições higrotérmicas da solução construtiva (Figura 3.4).



Figura 3.4 - Parede dupla com isolamento de poliestireno extrudido

3.1.3 Revestimento e Acabamento

Nas quatro fachadas do edifício, adoptaram-se dois tipos de revestimento e acabamento exterior a seguir descritos:

- Reboco

Procedeu-se primeiramente à execução da camada de aderência, denominada por salpico (Figura 3.5), a qual nas faces exteriores da estrutura de betão armado, teve como aditivo na sua preparação, a emulsão à base de resinas sintéticas plásticas, para fortalecer e garantir a ligação à superfície lisa do suporte. Colocou-se rede de nylon após camada de aderência, nas zonas de ligação de alvenaria/betão (Figura 3.5). Como etapa seguinte, elaborou-se a

camada de regularização em argamassa tradicional de cimento e areia ao traço 1:5, chamada emboço, finalizada por camada de acabamento em roscone (Figura 3.6).



Figura 3.5 - Salpico do pano de alvenaria e aplicação rede de nylon

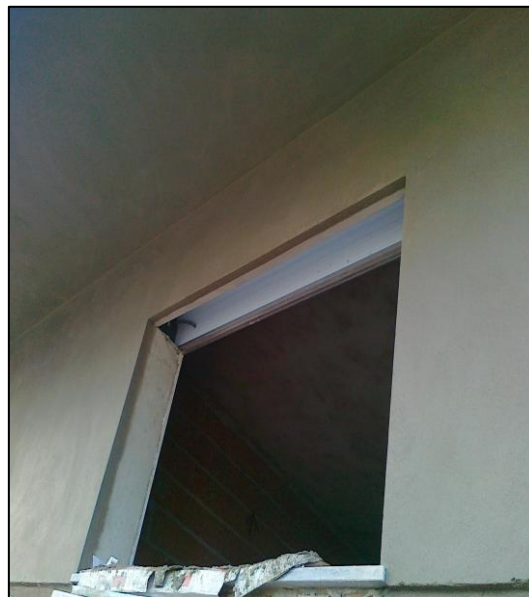


Figura 3.6 - Reboco com acabamento em roscone

- **Revestimento**

Peças cerâmicas com medidas de 30x60 cm, empregues sobre camada de regularização, “emboço”, através da aplicação de cimento cola, composto por ligante cinza, inertes e aditivos específicos orgânicos e/ou inorgânicos. O processo consistiu na preparação da

pasta de colagem, misturando o cimento seco a água limpa, respeitando a relação de cimento (kg) por água (litro) de 4/1, utilizando um misturador eléctrico de baixa rotação até obtenção uma mistura homogénea e sem grumos, a qual permaneceu 2 min em repouso, passados os quais, voltou a ser misturada. Espalhou-se a pasta sobre o suporte em barramento com a ajuda de uma talocha denteada, em trajectória última horizontal e em áreas equivalentes à de duas a três peças de cerâmica (Figura 3.7) as quais, tendo em conta o seu formato e área de 1800 cm², implicaram a aplicação da técnica de colagem dupla, para garantir que existe contacto máximo da cola com a peça. Por último, apertou-se a peça contra o suporte de forma a esmagar os cordões de cola garantindo que a totalidade da área ficasse preenchida, utilizando para tal um maço de borracha.

De modo a garantir as juntas entre elementos cerâmicos, importantíssimas devido ao elevado coeficiente de dilatação térmica deste tipo de material, utilizaram-se cruzetas específicas para tal, com espessura de 5mm, sendo depois retiradas após o fenómeno de presa por parte da cola estar concluído e sendo estas preenchidas por argamassa colorida do tipo areado, de cor cinza-antracite.

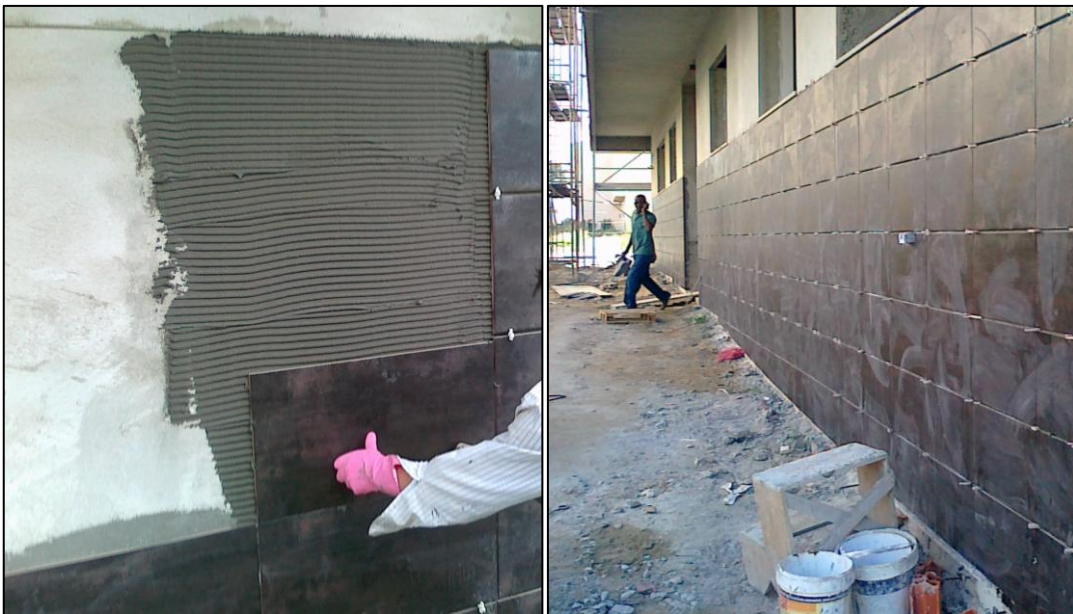


Figura 3.7 - Processo de colagem de revestimento cerâmico

3.1.4 Comportamento Térmico

O maior fluxo térmico entre os ambientes exterior e interior de um edifício, efectua-se pelas paredes exteriores, pelo que, a elaboração de um correcto estudo relativamente ao comportamento térmico e respectiva aplicação da solução construtiva em obra, minimiza o consumo energético para manutenção do conforto térmico dos utilizadores.

Como anteriormente mencionado, o edifício localiza-se na zona urbana de Pinhal de Frades, freguesia de Fernão Ferro, concelho do Seixal, a uma distância da costa marítima correspondente a 9 km, e para efeitos de aplicação do RCCTE [7], apresenta-se os dados climáticos na Tabela 3.1:

Tabela 3.1 - Dados climáticos para aplicação do RCCTE [7]

	CONCELHO	SEIXAL
	ALTITUDE (m)	50.45
	REGIÃO (A ou B)	B
	RUGOSIDADE (I, II ou III)	I
INVERNO	ZONA CLIMÁTICA (I1, I2 ou I3)	I1
	GD-GRAUS DIAS (°C DIAS)	1130
	DURAÇÃO DA ESTAÇÃO (MESES)	5.3
VERÃO	ZONA CLIMÁTICA (V1, V2 ou V3)	V2
	REGIÃO (SUL ou NORTE)	SUL
	TEMP. MÉDIA EXTERIOR - Θ_{atm} (°C)	23
	INTENSIDADE DA RADIAÇÃO SOLAR (JUNHO A SETEMBRO)	
	NORTE (N)	200
	NORDESTE (NE)	340
	ESTE (E)	470
	SUDESTE (SE)	460
	SUL (S)	380
	SUDOESTE (SW)	460
	OESTE (W)	470
	NOROESTE (NW)	340
	HORIZONTAL	820

O RCCTE [7] no seu anexo IX especifica que nenhum elemento da envolvente de qualquer edifício pode ter um coeficiente de transmissão térmica em zona corrente (U) superior ao valor correspondente na Tabela 3.2:

Tabela 3.2 - Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos admissíveis de elementos opacos RCCTE [7]

Elemento da envolvente	(U-W/m ²⁰ C)		
	Zona climática (*)		
	I ₁	I ₂	I ₃
Elementos exteriores em zona corrente (**):			
Zonas opacas verticais	1,8	1,60	1,45
Zonas opacas horizontais	1,25	1	0,90
Elementos interiores em zona corrente (***):			
Zonas opacas verticais	2	2	1,90
Zonas opacas horizontais	1,65	1,30	1,20

O coeficiente de transmissão térmica (U) de elementos constituídos por um ou vários materiais, em camadas de espessura constante, é calculado pelo inverso do somatório das resistências térmicas individuais incluindo as resistências superficiais interior e exterior (m².°C/W).

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum R_j + R_{se}}$$

- R_j – resistência térmica da camada j (m².°C/W);
- R_{si} – resistência térmica superficial interior (m².°C/W);
- R_{se} – resistência térmica superficial exterior (m².°C/W).

Os valores das resistências térmicas superficiais resultam da posição do elemento construtivo e do sentido do fluxo de calor e encontram-se estes, na Tabela 3.3:

Tabela 3.3 - Resistência térmica superficial RCCTE [7]

Sentido do fluxo de calor	Resistência térmica superficial ($m^2 \cdot ^\circ C/W$)		
	Exterior $\overline{R_{se}}$	Local não aquecido (*) R_{se}	Interior $\overline{R_{si}}$
Horizontal (**)	0,04	0,13	0,13
Vertical (***):			
Ascendente	0,04	0,10	0,10
Descendente	0,04	0,17	0,17

O valor da mesma resistência mas para espaços de ar não ventilados, encontram-se na Tabela 3.4:

Tabela 3.4 - Resistência térmica de espaços de ar não ventilados RCCTE [7]

Sentido do fluxo de calor	Espessura do espaço de ar (mm)	Resistência térmica R_{ar} ($m^2 \cdot ^\circ C/W$)
Horizontal (*)	5	0,11
	10	0,15
	15	0,17
	De 25 a 100	0,18
Vertical (**) ascendente	5	0,11
	10	0,15
	De 15 a 100	0,16
Vertical (**) descendente	5	0,11
	10	0,15
	15	0,17
	25	0,19
	50	0,21
	100	0,22

(*) Paredes (até mais ou menos 30° com a vertical).
 (**) Coberturas e pavimentos.

Com acesso às fichas técnicas do produto de isolamento aplicado nesta solução de parede, poliestireno extrudido (Figura 3.8), obteve-se o valor da condutibilidade térmica.

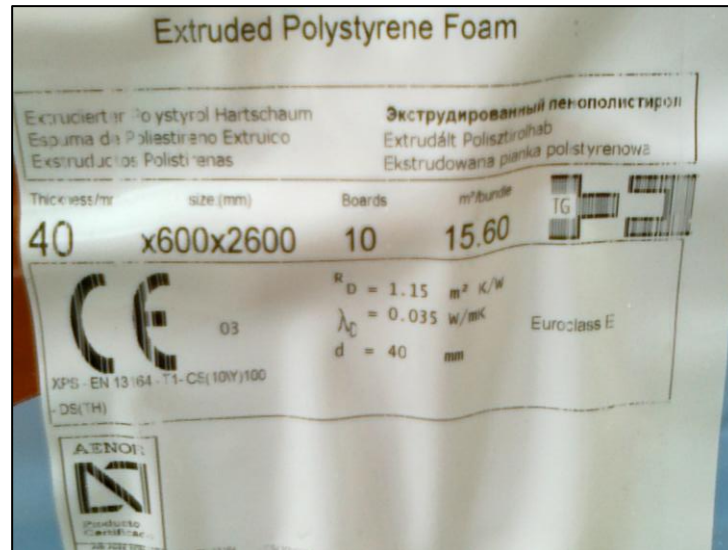


Figura 3.8 - Características técnicas de poliestireno extrudido

Na Tabela 3.5 calculam-se os valores da resistência térmica total, para a solução adoptada nas paredes exteriores em zona corrente.

Tabela 3.5 - Cálculo da resistência térmica total de parede exterior

CONSTITUIÇÃO	di	λ	R _j	MASSA	mt	mi	FACTOR DE CORRECÇÃO
	(m)	(W/m.°C)	(m ² .°C/W)	(Kg/m ³)	(Kg/m ²)	(Kg/m ²)	
REBOCO EXTERIOR	0,02	1,80	0,01	2200,00	44,00	-	r
PANO DE ALVENARIA	0,11	-	0,27	1600,00	176,00	-	1
CAIXA-DE-AR	0,02	-	0,17	1.23	0,02	-	
POLIESTIRENO-XPS	0,04	0,035	1,15	70,00	2,80	-	
PANO DE ALVENARIA	0,11	-	0,27	1600,00	176,00	176,00	
ESTUQUE PROJECTADO	0,02	0,56	0,04	1500,00	30,00	30,00	Msi (Kg/m²)
TOTAL	0,32	-	1,91	-	428,82	206,00	206,00
R_{se}			0,04	U _{máx} admissível		U _{ref.}	U _{solução adoptada}
R_{si}			0,13				
RESISTÊNCIA TÉRMICA SUPERFICIAL TOTAL			0,17	(W/m ² .°C)			
R_{térmica total}			2,08	1,80	0,70	0,48	

O coeficiente de transmissão térmica (U) do elemento exterior em zona corrente para zonas opacas verticais, respeita o valor máximo admissível em função da zona climática onde o edifício se insere (I1) segundo (quadro IX.1 do anexo IX do RCCTE):

$$U = 0,48 \leq 1,80 \text{ (W/m}^2\text{.}^\circ\text{C)}$$

A solução adoptada oferece portanto um coeficiente de transmissão térmica sensivelmente quatro vezes inferior ao valor máximo admissível.

3.1.4.1 Pontes Térmicas Planas

Em zonas não correntes da envolvente incluindo zonas de ponte térmica plana, nomeadamente pilares, vigas, caixas de estore, podem ter um valor de U superior ao dobro do dos elementos contíguos (verticais e horizontais) em zona corrente, respeitando sempre, no entanto, os valores máximos indicados no anexo IX do RCCTE.

Pilar/Viga

Como corte térmico, aplicou-se o isolamento pelo lado interior do elemento, sendo a ordem de constituição da solução (do interior para o exterior) por estuque projectado, pano de alvenaria, poliestireno extrudido, pilar/viga em betão armado e reboco exterior.

Por intermédio da consulta das fichas técnicas dos materiais vários aplicados na solução de corte térmico do pilar, obtiveram-se os respectivos valores da condutibilidade térmica, possibilitando assim o cálculo da resistência térmica total da ponte térmica plana em causa, demonstrados os valores de cálculo e resultados na Tabela 3.6.

Tabela 3.6 - Cálculo da resistência térmica total da ponte térmica plana pilar/viga

CONSTITUIÇÃO	di	λ	Rj	MASSA	mt	mi	FACTOR DE CORRECÇÃO
	(m)	(W/m.°C)	(m ² .°C/W)	(Kg/m ³)	(Kg/m ²)	(Kg/m ²)	
REBOCO EXTERIOR	0,02	1,80	0,01	2200,00	44,00	-	r
PILAR/VIGA EM BETÃO ARMADO	0,20	2,00	0,10	2500,00	500,00	-	1
POLIESTIRENO-XPS	0,04	0,035	1,15	30	1,2	-	
PANO DE ALVENARIA	0,04	-	0,10	1600,00	64,00	64,00	
ESTUQUE PROJECTADO	0,02	0,56	0,04	1500,00	30,00	30,00	Msi (Kg/m²)
TOTAL	0,32	-	1,40	-	639,2	94,00	94,00
R_{se}			0,04	U _{máx} admissível		U _{ref.}	U solução adoptada
R_{si}			0,13				
RESISTÊNCIA TÉRMICA SUPERFICIAL TOTAL			0,17	(W/m ² .°C)			
R térmica total			1,57	1,80	0,70	0,64	

O coeficiente de transmissão térmica (U) do elemento exterior ponte térmica plana pilar/viga, para zonas opacas verticais, respeita o valor máximo admissível em função da zona climática onde o edifício se insere (I1) segundo (quadro IX.1 do anexo IX do RCCTE) e não ultrapassa o dobro do dos elementos homólogos em zona corrente:

$$U = 0,64 \leq 1,80 e \leq (2 \times 0,48) = 0,96 \text{ (W/m}^2\text{.°C)}$$

A solução adoptada oferece portanto um coeficiente de transmissão térmica sensivelmente de dois terços inferior ao valor máximo admissível.

Caixa de estore

Como corte térmico deste tipo de ponte plana, foi adoptado uma caixa constituída essencialmente por poliestireno expandido, revestida exteriormente por tijolo cerâmico com 3cm de espessura.

Por intermédio da consulta das fichas técnicas dos materiais vários aplicados na solução de corte térmico da caixa de estore, obtiveram-se os valores da condutibilidade térmica de ambos os materiais.

Tabela 3.7 - Cálculo da resistência térmica total da ponte térmica plana caixa de estore

CONSTITUIÇÃO	di	λ	Rj	MASSA	mt	mi	FACTOR DE CORRECÇÃO
	(m)	(W/m.°C)	(m ² .°C/W)	(Kg/m ³)	(Kg/m ²)	(Kg/m ²)	
REBOCO EXTERIOR	0,02	-	-	2200,00	44,00	-	r
PANO DE ALVENARIA	0,03	-	-	1600,00	55,00	-	1
CX. DE ESTORE EPS	0,025	-	-	25,00	0,75	-	
CX. AR FORT. VENT.	0,20	-	-	1,23	0,27	-	
CX. DE ESTORE EPS	0,025	0,036	0,83	25,00	0,75	-	
ESTUQUE PROJECTADO	0,02	0,56	0,04	1500,00	30,00	30,00	Msi (Kg/m²)
TOTAL	0,32	-	0,87	-	130,77	30,00	30,00
R_{se}			0,13	U _{máx} admissível		U _{ref.}	U _{solução adoptada}
R_{si}			0,13				
RESISTÊNCIA TÉRMICA SUPERFICIAL TOTAL			0,26	(W/m ² .°C)			
R_{térmica total}			1,13	1,04	0,70	0,88	

3.2 Paredes Interiores

As paredes de alvenaria a nível interior, desempenham um papel crucial no comportamento das construções, resultado da sua componente fundamental no conforto acústico e funcional das habitações. Têm como principais funções a compartimentação de espaços e delimitação de fracções.

Na selecção do tipo de solução construtiva a utilizar nas paredes interiores, é necessário ter em consideração os seguintes critérios:

- Tipo e dimensões de alvenaria;
- Isolamento acústico;
- Materiais e processos disponíveis na área;
- Custos de execução e manutenção;
- Grau de resistência ao fogo;

As paredes interiores, para que cumpram na íntegra a sua função, devem possuir as seguintes exigências funcionais:

- Segurança

Devem mostrar boa estabilidade e resistência mecânica face aos esforços que possam surgir pela actuação das cargas permanentes e acidentais e sob acções de choque, devendo manter essas características durante o período de vida útil dos edifícios. Relativamente à segurança contra risco de incêndio, as paredes de alvenaria de tijolo furado opõem-se à propagação do fogo, sendo constituídas por materiais incombustíveis.

- Saúde e conforto

Devem proteger termicamente o interior das fracções contra as condições desfavoráveis dos espaços de zonas comuns, apresentando níveis de isolamento térmico que satisfaçam o RCCTE [7].

- Técnicas

A necessidade de embutir nas paredes interiores, total ou parcialmente algumas instalações técnicas, tais como tubagens e caixas de distribuição da rede de abastecimento de água, instalação eléctrica, equipamentos sanitários, aspiração central, entre outras, torna evidente a importância da realização de um estudo rigoroso, de forma a utilizar uma parede com espessura adequada para o efeito. As mesmas devem oferecer resistência mecânica para futuras perfurações com finalidades várias:

- Instalação de esquentadores e de caldeiras;
- Colocação de toalheiros;
- Fixação dos batentes das portas;
- Suporte de televisões;
- Fixação de quadros;
- Suporte de candeeiros;

3.2.1 Paredes interiores duplas

As paredes interiores duplas (Figura 3.9), são constituídas por dois planos de tijolo cerâmico furado, de 30x20x11cm, espaçados por uma caixa-de-ar de 6cm, totalmente preenchida por isolante térmico (Figura 3.10).

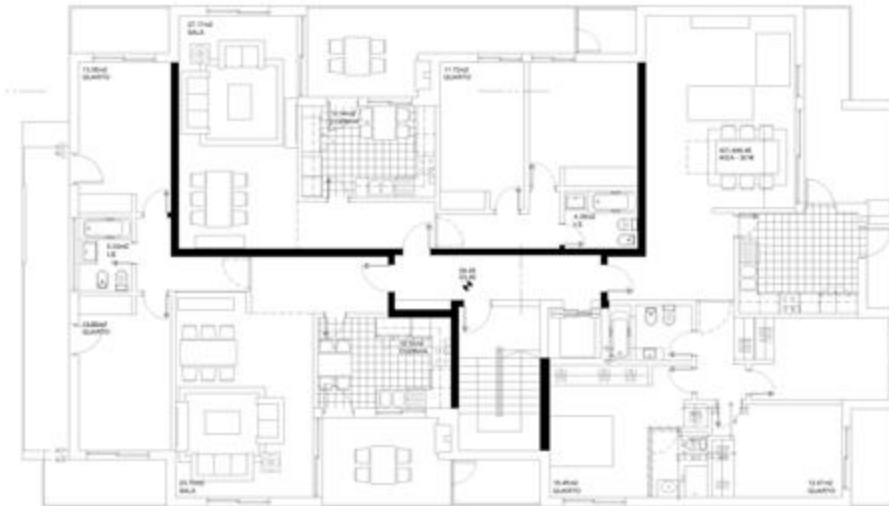


Figura 3.9 - Identificação de paredes interiores duplas

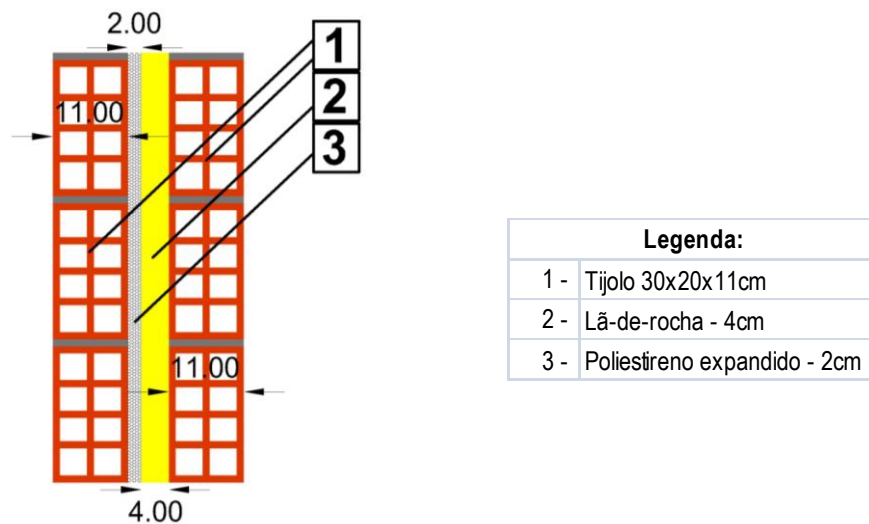


Figura 3.10 - Esquema de parede dupla e isolamento

3.2.1.1 Isolamento térmico

Aplicaram-se painéis rígidos de espessura uniforme, constituídos por fibras de lã de rocha aglutinadas com resina sintética termo-endurecida, sem revestimento, com 40mm de espessura e densidade nominal de 70 kg/m³, acompanhados por placas de poliestireno expandido, com 20 mm de espessura e densidade nominal de 12 kg/m³, perfazendo o preenchimento total da caixa-de-ar de espessura total de 6 cm e conseqüente melhoria técnica em termos acústicos (Figura 3.11).



Figura 3.11 - Parede dupla interior (lã de rocha + poliestireno expandido)

Relativamente a sons de percussão nas alvenarias, foi aplicado sob todos os panos e paredes a nível interior, uma manta constituída por uma "sandwich" de folha de alumínio termolaminado a espuma de polietileno não reticulado de alta densidade e grau auto-extinguível (Figura 3.12). O núcleo de espuma de polietileno de baixa densidade, com 10 mm de espessura, confere grande poder de isolamento acústico por ruídos de impacto, devido à sua estrutura física de pequenas células fechadas, encapsulando bolhas de ar.



Figura 3.12 - Isolamento acústico sob panos e paredes interiores

3.2.2 Revestimento e Acabamento

Nas paredes duplas interiores adoptaram-se dois tipos de revestimento e acabamento a seguir descritos:

- Estuque projectado e pintura

Argamassa de enchimento, com base em gesso, cargas minerais e adjuvantes, projectado directamente na alvenaria, sendo o mesmo de imediato regularizado através da utilização de régua de estucador (alumínio). Após tempo de presa (20 a 45 min), procedeu-se ao afagamento de toda a superfície a qual na ausência de imperfeições foi finalizada com barramento de argamassa de acabamento (Figura 3.13). Após tempo de cura do estuque, este foi aprimorado por intermédio da equipa de pintura, através de um processo de lixamento mecânico (Figura 3.14). Procedeu-se ao acabamento primeiramente com primário e posteriormente com pintura de tinta plástica (Figura 3.15).



Figura 3.13 - Etapas de estuque projectado



Figura 3.14 - Equipamento para lixamento de superfície estucada

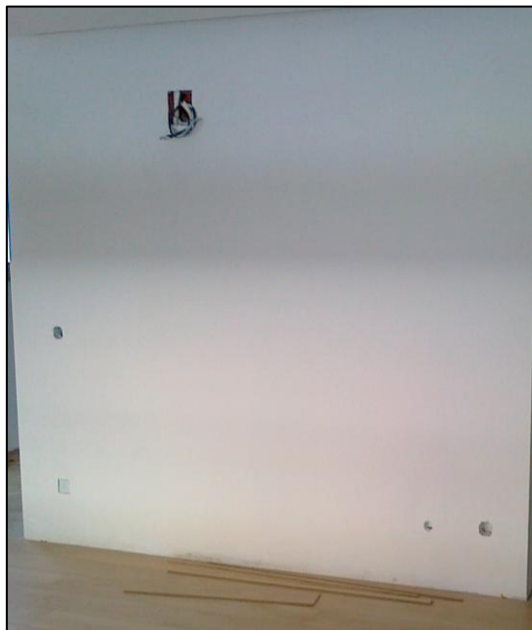


Figura 3.15 - Parede com primeira camada de pintura

- Emboço com acabamento em resinas epóxicas pigmentadas e coloridas

Procedeu-se primeiramente à execução da camada de aderência, denominada por salpico, a qual nas faces da estrutura de betão armado, teve como aditivo na sua preparação, a emulsão à base de resinas sintéticas plásticas, para fortalecer e garantir a

ligação à superfície lisa do suporte. Colocou-se rede de nylon nas zonas de ligação de alvenaria e betão. Como etapa seguinte, elaborou-se a camada de regularização em argamassa tradicional de cimento e areia ao traço 1:5, chamada emboço, finalizada pela camada pelicular (2mm) de acabamento em resinas epóxicas pigmentadas e coloridas (Figura 3.16).



Figura 3.16 - Emboço e posterior acabamento em resinas epóxicas

3.2.2.1 Comportamento Acústico

As soluções adoptadas como isolamento acústico das paredes delimitadoras de cada fracção, devem estar optimizadas e cumpridoras do Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios [6].

Houve uma maior preocupação na resposta do material às exigências térmicas nas paredes exteriores e às acústicas nas paredes interiores.

Na Tabela 3.8 e Tabela 3.9, estão apresentados os coeficientes de absorção sonora da lã de rocha e do poliestireno expandido respectivamente, em função das frequências de som e a Tabela 3.11, demonstra o comportamento acústico comparativo entre os dois materiais.

Tabela 3.8 - Características acústicas de lã de rocha

ESPESSURA (mm)	FREQUÊNCIA (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
40	α	0,10	0,20	0,45	0,80	0,90	0,95

Tabela 3.9 - Características acústicas de poliestireno expandido

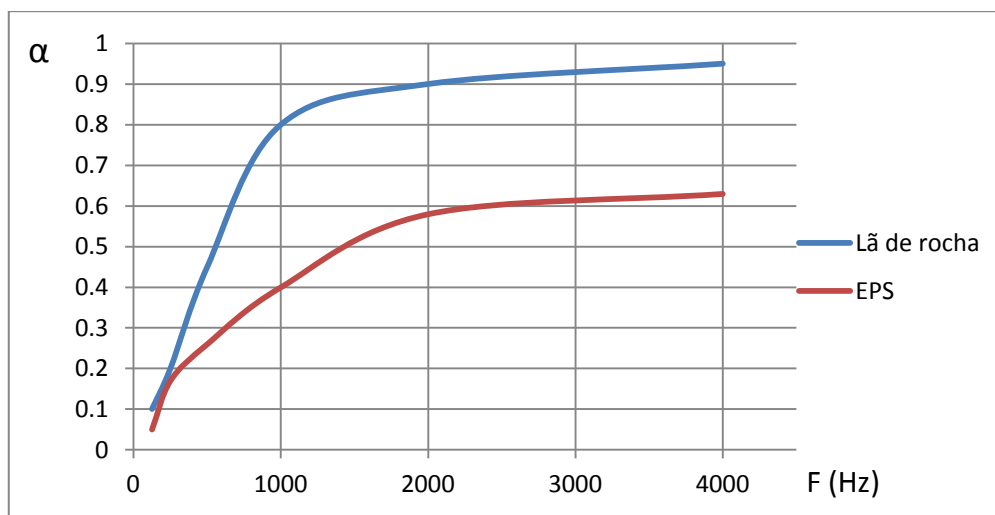
ESPESSURA (mm)	FREQUÊNCIA (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
20	α	0,05	0,17	0,26	0,40	0,58	0,63

Tabela 3.10 - Coeficientes de absorção acústica de ambos os materiais

FREQUÊNCIA (Hz)	LÃ DE ROCHA	EPS
125	0,1	0,05
250	0,2	0,17
500	0,45	0,26
1000	0,8	0,4
2000	0,9	0,58
4000	0,95	0,63

Através da Tabela 3.10, poderemos traçar um gráfico demonstrativo do nível de absorção acústica para determinada gama de frequência sonora.

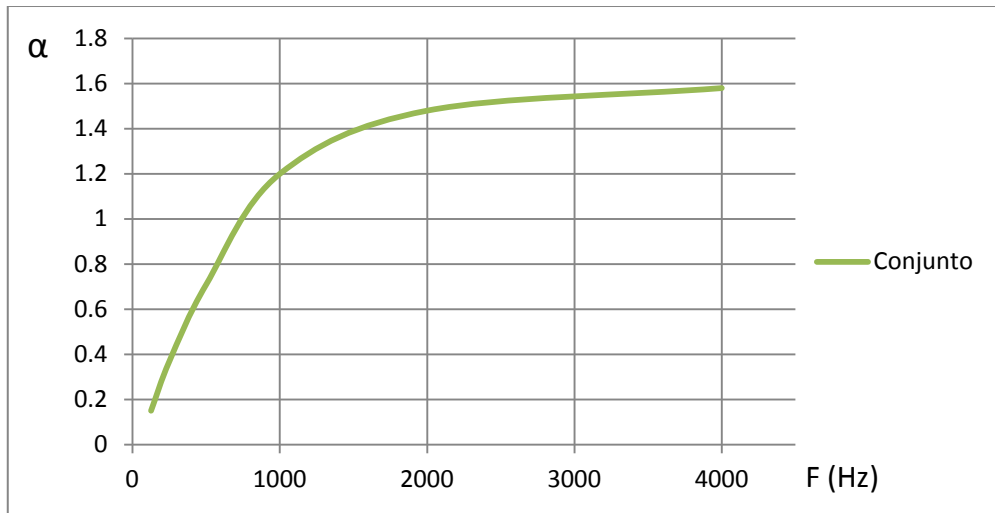
Tabela 3.11 - Gráfico comparativo do comportamento acústico



Pela análise do gráfico acima, facilmente se constata que o poliestireno expandido oferece um comportamento acústico bastante inferior ao do isolamento de lã de rocha, servindo porém como um complemento de isolamento, sobretudo para frequências acima de 1500 Hz, onde responde com um coeficiente de absorção acústica de aproximadamente 0,60.

Para uma melhor percepção desta solução composta, traçou-se um gráfico no qual somente é desenhada uma linha correspondente ao comportamento do isolamento do conjunto (Tabela 3.12).

Tabela 3.12 - Gráfico do comportamento acústico do conjunto



3.2.3 Paredes interiores simples

Estas, destinam-se a dividir o apartamento nos diversos espaços, sejam quartos, instalações sanitárias, sala de estar, cozinha, zonas de circulação entre outras. São unicamente compostas por um pano de alvenaria em tijolo cerâmico furado 30x20x11cm (Figura 3.19), revestido a estuque e/ou cerâmica no caso das instalações sanitárias.

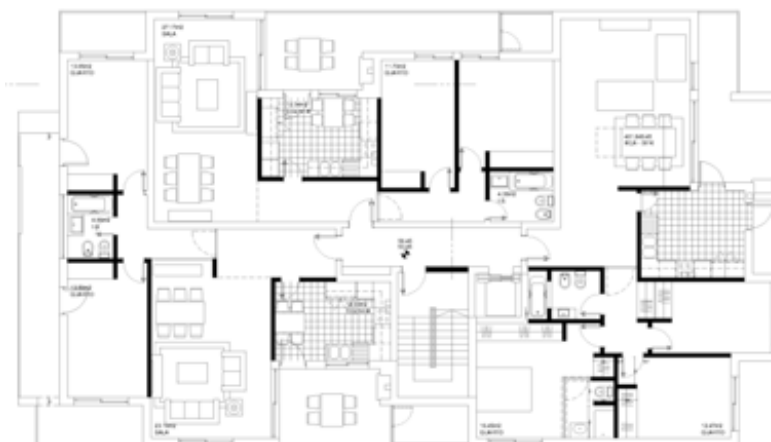


Figura 3.17 - Identificação de paredes interiores simples

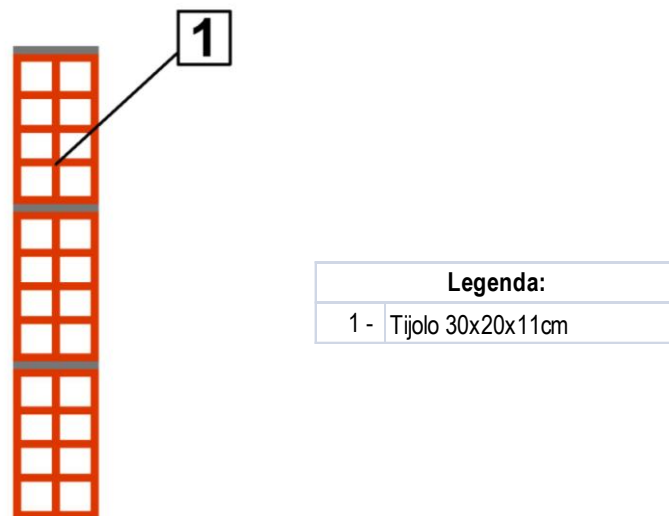


Figura 3.18 - Esquema de parede interior simples



Figura 3.19 - Paredes interiores simples

3.2.4 Parede interior em contacto com caixa de elevador

Nesta situação, aplicou-se na parede de betão armado, placas constituídas por espuma de poliestireno extrudido, da marca, com 40 mm de espessura, densidade nominal de 30 kg/m³ e com superfície lisa em ambas as

faces. A aplicação foi executada por fixação directa com buchas plásticas específicas para esta solução construtiva (Figura 3.21).

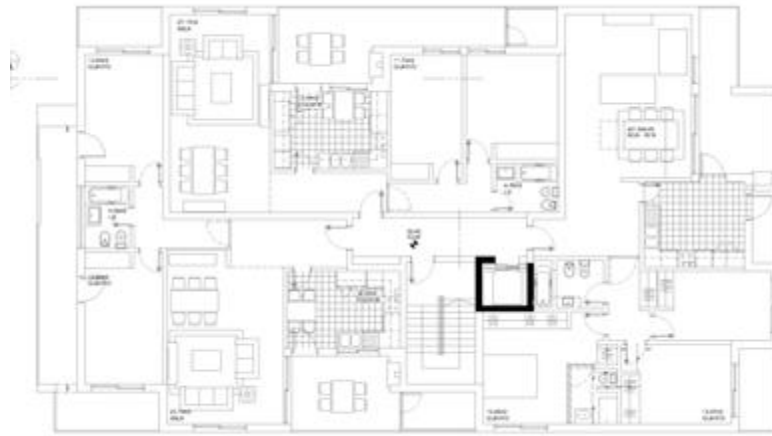


Figura 3.20 - Identificação de paredes em contacto com caixa de elevador



Figura 3.21 – Isolamento de poliestireno extrudido - caixa de elevador

Após o processo de fixação completo, executou-se o barramento com argamassa dotada de características especiais, tal como presença de resinas epoxídicas na sua constituição, reforçada esta com rede de fibra e posteriormente finalizada com estuque projectado e pintura.

3.2.5 Custo de construção

Numa perspectiva de comparação em termos de custo total unitário (por m²) entre duas soluções de isolamento acústico (lã-de-rocha 40mm + poliestireno expandido 20mm e somente aglomerado negro de cortiça 40mm) apresenta-se um estudo realizado tendo em conta o custos directos e os indirectos.

Mão-de-obra

Consideremos uma equipa constituída por pedreiro e servente, para a execução das soluções em causa.

Segundo as Fichas de Rendimento e Informação sobre Custos do LNEC [9], vêm as tabelas abaixo, descritivas do custo respectivo a cada tipo de solução para o isolamento das paredes duplas, englobando os custos directos e indirectos (a 10%).

Lã-de-rocha 40mm + poliestireno expandido 20mm:

Tabela 3.13 - Actividade de isolamento com lã mineral – 40mm

Data: Dez/03		DESCRIÇÃO DA OPERAÇÃO (Unidade = m ²)		IC - 975 Codigo: 8047	
Isolamento térmico na caixa de ar de paredes duplas, com mantas de lã mineral. com 40 mm de espessura preenchendo totalmente a caixa de ar					
Quantidade	Unidade	Descrição dos Recursos	Custos (€)		
			Unitários	Totais	
1,000	m ²	Lã mineral em mantas com 40mm de espessura	2,37	2,37	
0,100	h	Pedreiro	7,52	0,75	
0,100	h	Servente	6,21	0,62	
				1,37	
CUSTO DIRECTO (coef. eficiência = 1.00)				3,74	
Incid. no Custo Directo: MATERIAIS = 63.4% EQUIPAMENTOS = 0.0% MÃO-DE-OBRA = 36.6%					
CUSTO DA OPERAÇÃO (S/lucro. % Custos indirectos de 10.0%)				4,11	
CUSTO TOTAL DA OPERAÇÃO (% de Lucros de 8.0%)				4,44	

Tabela 3.14 - Actividade de isolamento com poliestireno expandido – 20mm

Data: Dez/03		DESCRIÇÃO DA OPERAÇÃO (Unidade = m ²)	IC - 959 Codigo: 8032	
Isolamento térmico na caixa de ar de paredes duplas, com poliestireno expandido moldado em placas com 20 mm de espessura				
Quantidade	Unidade	Descrição dos Recursos	Custos (€)	
			Unitários	Totais
1,000	kg	Cimento portland normal classe 30 em sacos de 50 kg	0,08	0,08
1,000	m ²	Poliestireno expandido em placas com 20 mm de espessura	1,60	1,60
				1,68
0,100	h	Pedreiro	7,52	0,75
0,100	h	Servente	6,21	0,62
				1,37
1,000	m ²	Operação auxiliar código 92000	4,23	4,23
CUSTO DIRECTO (coef. eficiência = 1.00) Incid. no Custo Directo: MATERIAIS = 31.0% EQUIPAMENTOS = 0.4% MÃO-DE-OBRA = 68.6%				7,28
CUSTO DA OPERAÇÃO (S/lucro, % Custos Indirectos de 10.0%)				8,01
CUSTO TOTAL DA OPERAÇÃO (% de Lucros de 8.0%)				8,65

Considerando o custo da operação sem margem de lucro, este tipo de solução apresenta o seguinte valor total por metro quadrado:

$$C = 4,11 + 8,01 = 12,12 \text{ €/m}^2$$

Aglomerado negro de cortiça 40mm:

Tabela 3.15 - Actividade de isolamento com aglomerado negro de cortiça - 40mm

Data: Dez/03		DESCRIÇÃO DA OPERAÇÃO (Unidade = m ²)	IC - 978 Codigo: 8050	
Isolamento térmico na caixa de ar de paredes duplas, com aglomerado negro de cortiça com 40 mm de espessura				
Quantidade	Unidade	Descrição dos Recursos	Custos (€)	
			Unitários	Totais
2,000	kg	Cimento portland normal classe 30 em sacos de 50 kg	0,08	0,16
0,001	m ³	Água	0,46	0,00
1,000	m ²	Aglomerado negro de cortiça de 40 mm de espessura	6,42	6,42
				6,58
0,100	h	Pedreiro	7,52	0,75
0,100	h	Servente	6,21	0,62
				1,37
1,000	m ²	Operação auxiliar código 92000	4,23	4,23
CUSTO DIRECTO (coef. eficiência = 1.00) Incid. no Custo Directo: MATERIAIS = 58.8% EQUIPAMENTOS = 0.2% MÃO-DE-OBRA = 41.0%				12,18
CUSTO DA OPERAÇÃO (S/lucro, % Custos Indirectos de 10.0%)				13,46
CUSTO TOTAL DA OPERAÇÃO (% de Lucros de 8.0%)				14,47

Tabela 3.16 - Execução de camada de reboco para assentamento do aglomerado de cortiça

Data: Dez/03		DESCRIÇÃO DA OPERAÇÃO (Unidade = m ²)		IC - 2712 Codigo: 92000	
Reboco com argamassa de cimento e areia ao traço 1:4 com acabamento talochado para assentamento de placas de isolamento térmico na caixa de ar em paredes exteriores					
Quantidade	Unidade	Descrição dos Recursos	Custos (€)		
			Unitários	Totais	
0,250	h	Pedreiro	7,52	1,88	
0,250	h	Servente	6,21	1,55	
0,015	m ³	Operação auxiliar código 90016	53,22	3,43	
CUSTO DIRECTO (coef. eficiência = 1.00)					4,23
Incid. no Custo Directo: MATERIAIS = 13.7% EQUIPAMENTOS = 0.7% MÃO-DE-OBRA = 85.6%					
CUSTO DA OPERAÇÃO (S/lucro, % Custos Indirectos de 10.0%)					4,65
CUSTO TOTAL DA OPERAÇÃO (% de Lucros de 8.0%)					5,03

Tabela 3.17 - Execução de argamassa para reboco

Data: Dez/03		DESCRIÇÃO DA OPERAÇÃO (Unidade = m ³)		IC - 2690 Codigo: 90016	
Fabrico de argamassa de cimento e areia ao traço volumétrico 1:4					
Quantidade	Unidade	Descrição dos Recursos	Custos (€)		
			Unitários	Totais	
1,020	m ³	Areia	8,95	9,13	
357,000	kg	Cimento portland normal classe 30 em sacos de 50 kg	0,08	28,56	
0,321	m ³	Água	0,46	0,15	
0,975	l	Gasóleo	0,70	0,68	
0,650	h	Betoneira de 250 litros a gasóleo	2,67	38,52	
				1,74	
				1,74	
1,300	h	Servente	6,21	8,07	
0,650	h	Condutor-manobrador de máquinas	7,52	4,89	
					12,96
CUSTO DIRECTO (coef. eficiência = 1.00)					53,22
Incid. no Custo Directo: MATERIAIS = 72.3% EQUIPAMENTOS = 3.3% MÃO-DE-OBRA = 24.4%					
CUSTO DA OPERAÇÃO (S/lucro, % Custos Indirectos de 10.0%)					58,54
CUSTO TOTAL DA OPERAÇÃO (% de Lucros de 8.0%)					63,23

Considerando o custo da operação sem margem de lucro, este tipo de solução apresenta o seguinte valor total por metro quadrado:

$$C = 13,40 \text{ €/m}^2$$

3.3 Pavimentos

Os pavimentos dos edifícios devem cumprir determinadas exigências, para que correspondam às funções que lhes são atribuídas. Estes devem contribuir com uma resistência ao desgaste e ao choque, um bom comportamento à acção da água ou humidade e/ou actuação de agentes químicos, serem isolantes acústicos aos sons aéreos e de percussão, assim como oferecer inércia térmica e resistência ao fogo.

O esquema estrutural de cada pavimento, passa pela sobreposição de várias camadas, com diferentes funções:

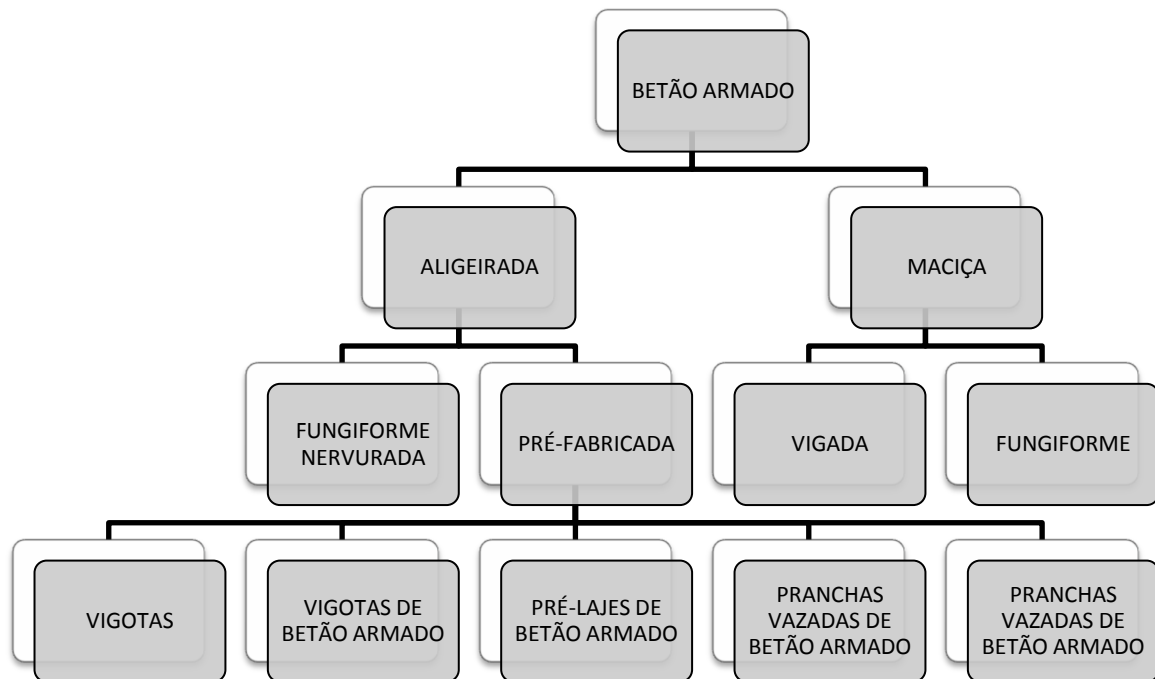
- Estrutura resistente de suporte:

Vulgarmente designado por laje, é o elemento estrutural, de comportamento bidimensional (vertical e horizontal) de uma edificação, responsável por transmitir as acções das cargas que nela actuam (verticais ou horizontais), para as vigas e/ou pilares, posteriormente transmitidas para as fundações.

Actualmente existem diversos tipos de lajes como resposta ao diversificado mercado da indústria da construção. Cada tipo de laje pode ser utilizado conforme determinada área da construção civil e dentro disso correspondendo à respectiva necessidade. Umas, têm como principal objectivo o de reduzir o peso próprio da estrutura, sendo mais leves, como as lajes aligeiradas, outras têm a função de serem mais resistentes, como as maciças, algumas têm o formato propício a economizar a quantidade de betão e também o peso próprio, como as nervuradas, outras mais esbeltas ou espessas.

De forma esquemática, no gráfico abaixo, estão representados os diversos tipos de laje de betão armado, existentes na indústria da construção actualmente.

Tabela 3.18 - Hierarquização dos tipos de lajes



No edifício em causa, a laje utilizada foi de betão armado do tipo maciça e vigada.

- Revestimento de suporte ao pavimento

Como revestimento da laje, devido sobretudo à presença de elevado volume de diverso tipo de instalações técnicas, é necessário recorrer à execução de uma camada que garanta o recobrimento das mesmas e em simultâneo, regularize a superfície. Das duas principais exigências físicas deste recobrimento, uma será o seu baixo peso específico, para que desta forma incremente pouco peso na estrutura resistente e outra será, que apresente características próprias de isolamento acústico.

A solução construtiva adoptada nos pisos habitáveis deste edifício, traduziu-se na aplicação de betão celular, com sensivelmente 7 cm de espessura (Figura 3.22).



Figura 3.22 - Aplicação de camada de recobrimento - betão celular

Após a camada de betão celular, executou-se a camada de preparação para assentamento do revestimento de pavimento, vulgarmente denominada betonilha.

Para a execução da betonilha (Figura 3.23), é necessário que previamente seja efectuada a marcação da linha de nível nas paredes, recorrendo-se ao método clássico da mangueira de nível ou ao mais recente aparelho de nível a laser de infravermelhos. Posteriormente aplicam-se as mestras no pavimento, servindo estas de referência altimétrica para a superfície final da camada, que deverá ser após sarrafada, compactada e acabada com a talocha.

Em termos de sequência de trabalhos, a betonilha deve ser executada antes do revestimento de tectos e paredes, por diversos motivos:

- salvaguardar as instalações técnicas do movimento de pessoas e materiais;
- garantir maior segurança na estabilidade de estruturas de trabalho em altura;

- facilitar a posterior limpeza dos resíduos dos revestimentos no pavimento;
- não humedecer o revestimento, sobretudo no caso de estuque.



Figura 3.23 - Execução de betonilha

- Assentamento de acabamento de pavimento

Como última camada do pavimento, visível e acessível ao utilizador final, deverá respeitar inúmeras exigências físicas ao desgaste e choque, humidade no caso das zonas húmidas (casas-de-banho e cozinhas) e em simultâneo, uma componente estética correspondente às expectativas de quem o utiliza.

Em todas as fracções do edifício, excepto zonas húmidas e exteriores (varandas), aplicou-se pavimento flutuante laminado de madeira sobre tela de isolamento acústico a sons de percussão (Figura 3.24).



Figura 3.24 - Aplicação de manta acústica e chão laminado de madeira

Nas cozinhas e instalações sanitárias, foi utilizado um acabamento cerâmico no pavimento, colado directamente sobre betonilha por intermédio de cimento cola especial (Figura 3.25).



Figura 3.25 - Revestimento cerâmico de pavimentos de cozinhas e casas-de-banho

3.4 Tectos

Para revestimento e acabamento dos tectos, optou-se pela aplicação de tectos falsos em gesso cartonado e estuque projectado, ambos finalizados com pintura de cor branca.

Nos quartos e zonas de circulação, executou-se o tecto falso em gesso cartonado, sendo que nas salas de estar, o tecto falso foi parcialmente complementado com estuque projectado, por uma questão meramente estética (Figura 3.27).

Para a execução do estuque, foi necessário proceder primeiramente ao salpico com argamassa aditivada com resinas epoxídicas, de toda a superfície de betão, com função de suporte do mesmo, visto ser lisa e com vestígios de óleo descofrante, tornando a ligação estuque/betão uma zona crítica e requerente de especial atenção.

Nas zonas húmidas (cozinhas e instalações sanitárias), devido ao considerável e frequente teor de humidade que apresentam, aplicou-se tecto falso em gesso cartonado hidrófugo (de cor verde), tendo este como principal característica uma boa resistência à humidade (Figura 3.26).



Figura 3.26 - Tecto falso em gesso cartonado hidrófugo



Figura 3.27 - Réguas metálicas zincada e solução mista tecto falso/estruque

4. INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS

As instalações de ordem técnica, são genericamente um conjunto de equipamentos, tubagens, canalizações, cabos, que após instalados de forma complementar, facultam aos futuros utilizadores, serviços e condições indispensáveis à utilização, exploração e habitabilidade dos edifícios. Partindo de um bom projecto, dimensionamento e execução, estará garantida a funcionalidade e durabilidade de cada instalação.

Neste capítulo, as instalações técnicas abordadas, são as seguintes:

- rede de drenagem pluvial
- rede de drenagem predial doméstica
- rede de distribuição e aquecimento de águas
- instalações eléctricas

4.1 Rede de drenagem pluvial

Os sistemas prediais de drenagem de águas pluviais, têm como principal objectivo, agrupar e encaminhar as águas pluviais desde a área de captação, no edifício, até à rede pública (colectores). Para uma instalação adequada há que ter em conta inúmeros factores, não só de natureza regulamentar mas também outros que visam a optimização do sistema, quer economicamente, quer na sua própria integração e interligação com os restantes sistemas que operam num edifício.

A rede de canalização para as águas pluviais é constituída essencialmente por tubos de queda que recolhem a água proveniente de ralos ou ramais de descarga na cobertura do edifício, terraços e varandas, encaminhando-a para os colectores prediais.

No caso do edifício do LF91C em específico, existem cinco pontos de recepção de água (ralos) na cobertura plana do edifício, encontrando-se estrategicamente colocados (Figura 4.1), verificando a compatibilidade com a própria arquitectura da cobertura bem como com os pisos inferiores na linha de passagem da respectiva prumada e também com as áreas de contribuição para cada tubo de queda (Tabela 4.1).

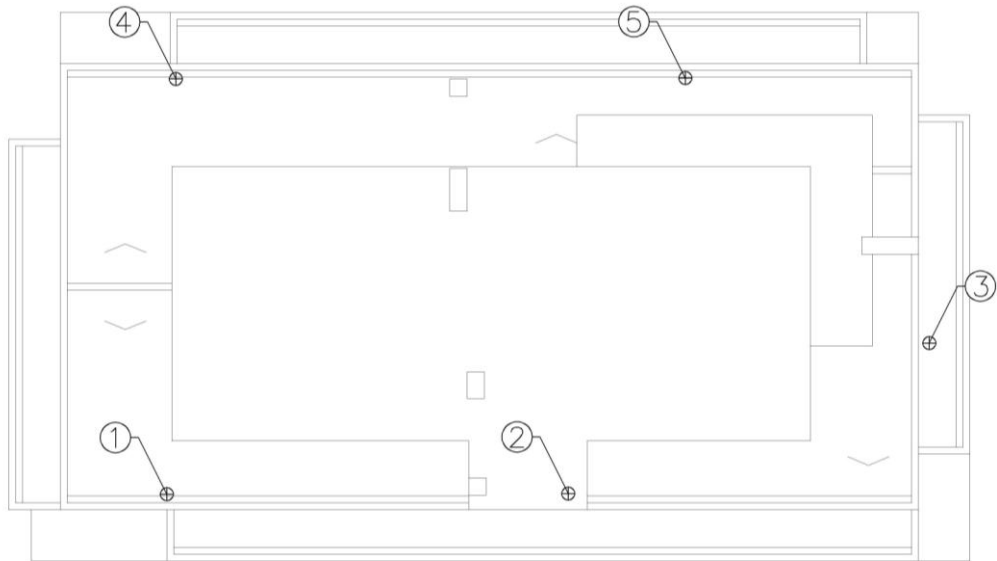


Figura 4.1 - Planta de cobertura e ralos

Tabela 4.1 - Áreas de contribuição

TUBO DE QUEDA	ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO (m ²)
Pq1	42,30
Pq2	76,50
Pq3	14,80
Pq4	108,50
Pq5	111,20

Relativamente aos colectores prediais (Figura 4.4) que têm por função, a recolha de águas provenientes dos tubos de queda (Figura 4.3), são constituídos por troços rectos, com inclinação mínima de 2%, com implantação de bocas de limpeza, sempre que ocorra mudança de direcção, de declive, de diâmetro da própria tubagem e nas intersecções de reunião, com principal objectivo o de garantir uma fácil desobstrução e limpeza, em caso de acumulação de detritos sólidos.

4.1.1 Disposições construtivas – materiais aplicados

Ralos de piso

Os ralos de piso têm uma embocadura constituída por um funil em membrana plástica, devidamente impermeabilizada com tela asfáltica com revestimento mineral, dobrando o término desta para as paredes interiores do funil. São depois colocadas “pinhas” de plástico na embocadura, para impedir a entrada de resíduos de maior dimensão que provoquem o entupimento.



Figura 4.2 – Ralo na cobertura

Tubos de queda

São constituídos por tubagens em P.V.C. (Figura 4.3).

O traçado é vertical e os tubos são embebidos nas paredes, sendo por isso devidamente isolados, com vista impedimento da transmissão de ruído para o interior das fracções, quer por vibrações quer pelo próprio fenómeno de escoamento da água (Figura 4.6).



Figura 4.3 - Tubo de queda de pluvial

Colectores prediais

São constituídos por tubagens em P.V.C. com junta autoblocante.

O traçado é na sua generalidade pouco inclinado, com uma inclinação mínima de 2% respeitando o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Água e de Drenagem de Águas Residuais [6] e os tubos são fixados ao tecto do piso das garagens, por intermédio de abraçadeiras metálicas, reguláveis em altura.

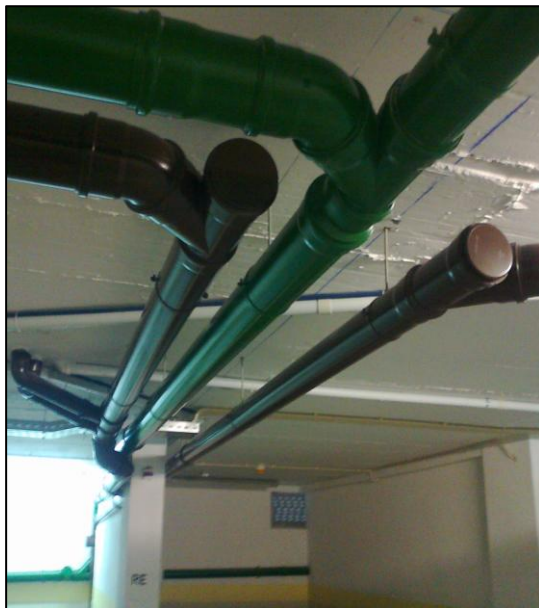


Figura 4.4 - Colectores Prediais

4.1.2 Classificação do sistema

O sistema adopta o tipo de drenagem gravítica, em que as águas pluviais da cobertura são recolhidas a uma cota superior à do arruamento, local onde se faz a descarga no colector público e a sua condução é feita por isso, única e exclusivamente por acção da gravidade (Figura 4.5).

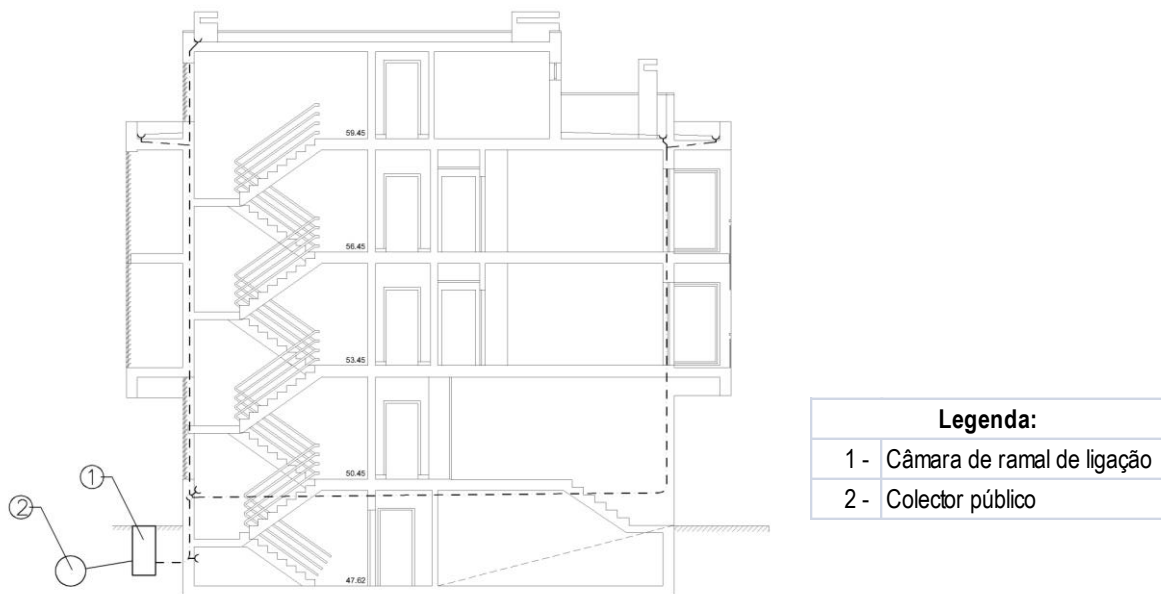


Figura 4.5 - Corte esquemático de drenagem pluvial gravítica

4.1.3 Conforto e qualidade

Na adopção deste tipo de sistema, é extremamente necessário ter em consideração factores como a insonorização, a acessibilidade para manutenção, condições de estanquidade entre outras.

4.1.3.1 Ruído

Devido ao ruído quer de percussão como aéreo aquando da circulação de água em regime turbulento, próprio dos períodos de fortes chuvas, foi privilegiado, sobretudo nos pisos habitáveis, o isolamento acústico de todos os

tubos de queda de drenagem pluvial, através do recobrimento total com manta acústica (Figura 4.6).



Figura 4.6 - Isolamento de tubo de queda de água pluvial

Relativamente ao piso enterrado, visto ser destinado a estacionamento automóvel e à não necessidade de bons níveis de qualidade sonora, não foram tomadas precauções especiais no que refere ao isolamento acústico desta rede.

4.2 Rede de drenagem predial doméstica

Os sistemas prediais de drenagem de águas domésticas, correspondem a um conjunto de tubagens e acessórios vários, que visam a recolha de águas residuais provenientes de ramais de descarga associados a vários tipos de equipamentos e aparelhos sanitários e as encaminha para os tubos de queda que por sua vez conduzem aos colectores prediais, seguindo para o ramal de ligação e por último para a rede pública.

Para uma instalação adequada há que ter em conta inúmeros factores, não só de natureza regulamentar mas também outros que visam a optimização do sistema, quer economicamente, quer na sua própria integração e interligação com os restantes sistemas que operam num edifício.

4.2.1 Disposições construtivas – materiais aplicados

Na execução da rede de drenagem predial doméstica, foram aplicados tubos e acessórios em P.V.C. rígido com juntas autoblocantes em todas as ligações (Figura 4.7). Este tipo de junta, é uma solução que possibilita efectuar pequenos desvios nos alinhamentos dos tubos, absorver variações dimensionais lineares, resultantes de fenómenos de dilatação térmica, defendendo da introdução de tensões adicionais nos tubos.

A aplicação deste tipo de material, P.V.C., apresenta uma série de vantagens relativamente a outros materiais, como o aço ou o ferro fundido, pela sua maior versatilidade, leveza, economia, durabilidade e estética.

O sistema de drenagem adoptado no edifício é assim constituído por:

- Acessórios (Figura 4.7): dispositivos a intercalar nos sistemas, no sentido de possibilitar as operações de montagem, manutenção, conservação e a retenção de determinadas matérias, desta forma garantindo as condições de habitabilidade prolongada.



Figura 4.7 – Acessórios vários: forquilha; boca de limpeza; curva/meia curva

- Ramal de descarga (Figura 4.8): canalização destinada ao transporte das águas provenientes dos aparelhos/equipamentos domésticos/sanitários, para o tubo de queda;



Figura 4.8 - Ramal de descarga com sifão de pavimento

No acto de execução deste tipo de ramal, é necessário bastante atenção por parte do responsável técnico de obra, pois é um ponto crítico e de execução bastante dificultada, tendo em conta vários factores, tais como:

- Diâmetro das tubagens do ramal
- Inclinação mínima
- Espessura da camadas de recobrimento e regularização

Tabela 4.2 - Requisitos ramais de descarga

Equipamento	Diâmetro Φ	Inclinação %
Sanita	90	1
Bidé	40	1
Banheira	40	3
Lavatório	40	1
Lavaloças	50	1
Urinol	50	1
Sifão (Lv+Bh+Bd)	75	2
Sifão (Lv+Ch)	50	4
Sifão (Mlr+MII)	75	2

Neste caso e devido exactamente aos factores acima mencionados, em situações pontuais foi necessário recorrer, exclusivamente na linha de passagem do tubo, a um ligeiro desbaste na parte superior da laje (Figura 4.8), conseguindo desta forma menos correcta, ganhar +/-2cm de altura, possibilitando vencer o diâmetro+inclinação do ramal de descarga (Figura 4.9 a Figura 4.11). Optou-se por este tipo de solução, tendo em conta a pontualidade do problema e acima de tudo, porque privilegiou-se o pé direito limpo das fracções (2,70m), pois este é um factor discreto mas com bastante relevância para as condições de habitabilidade das fracções, não só a nível estética bem como de saúde e conforto (condições higrotérmicas).



Figura 4.9 - Planta de ramal de descarga de cozinha

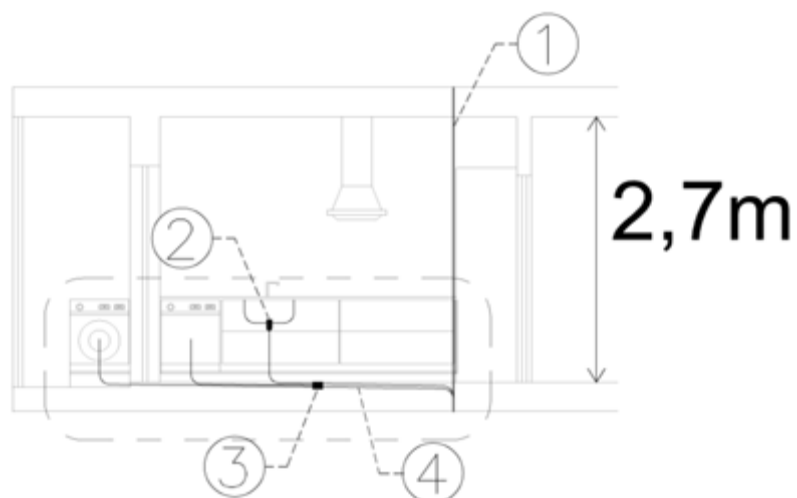


Figura 4.10 - Corte de cozinha e ramal de descarga

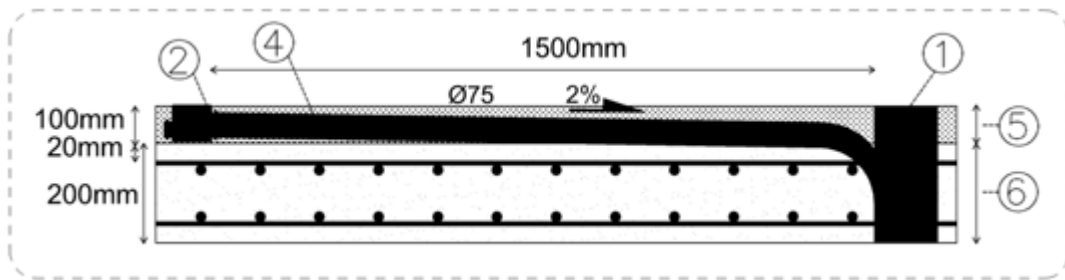


Figura 4.11 – Corte esquemático do ramal de descarga no tubo de queda

- Tubo de queda (Figura 4.12): canalizações destinadas a receber as descargas provenientes dos pisos mais elevados, a transportá-las para os colectores prediais, sendo obrigatório a presença de boca de limpeza em cada piso. Tem por função também a ventilação da rede predial e pública (Figura 4.14);



Figura 4.12 - Tubo de queda com boca de limpeza

- Colector predial (Figura 4.13): canalizações destinadas receber as descargas dos tubos de queda e dos ramais de descarga provenientes do piso adjacente, e transportá-las para outro tubo de queda ou ramal de ligação;



Figura 4.13 - Colector predial

- Ramal de ligação: canalização compreendida entre a câmara de ramal de ligação e o colector público de drenagem, destinada a conduzir as águas residuais provenientes da rede predial para a rede pública;

4.2.2 Classificação do sistema

Neste edifício, foram adoptadas duas classificações dos sistemas de drenagem predial:

- Drenagem gravítica (Figura 4.14)

Este tipo de drenagem aplicou-se nas zonas onde as águas residuais domésticas são recolhidas a um nível superior ao do arruamento, (todos os pisos elevados) o qual contém o colector da rede pública de drenagem, em que a condução até este é efectuada exclusivamente por acção da gravidade.

A sua utilização é preferível sempre que possível, pois é melhor do ponto de vista técnico-económico, tendo também a vantagem de oferecer melhores garantias de fiabilidade e exigir menores cuidados na exploração e manutenção.

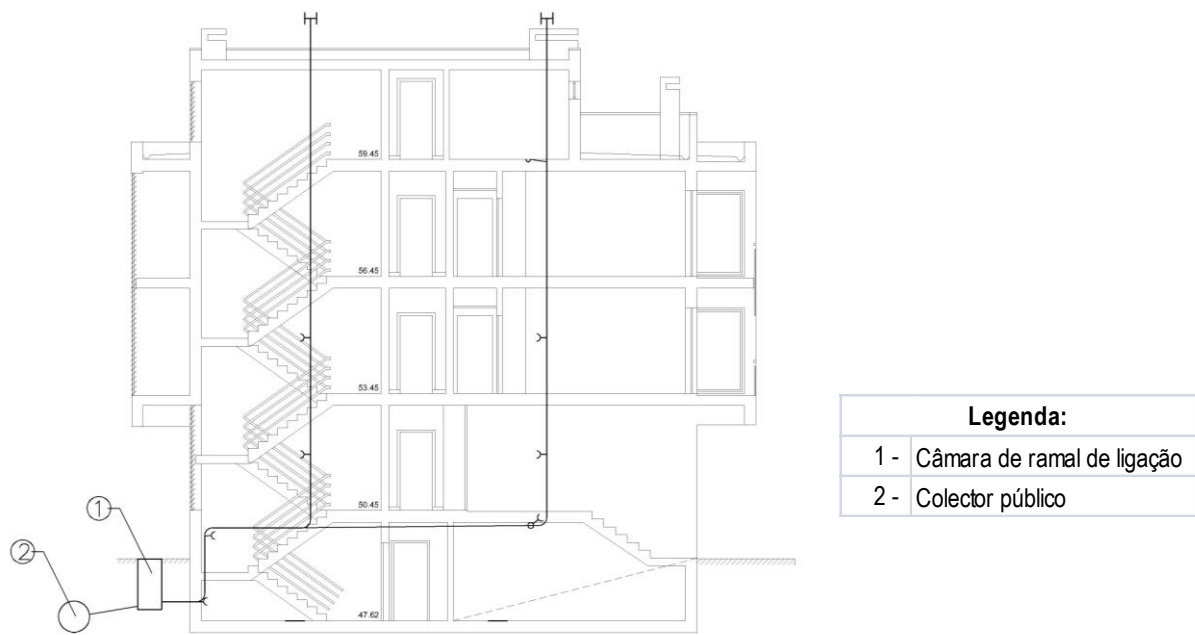


Figura 4.14 - Corte esquemático de drenagem gravítica

- Drenagem com elevação (Figura 4.15)

Este tipo de drenagem foi adoptada para o piso enterrado (parqueamento) uma vez que a recolha das águas residuais se efectua a um nível inferior ao do arruamento onde está instalado o colector da rede pública.

Neste caso os caudais são elevados por bombagem até à câmara do ramal de ligação e depois feito o escoamento até ao colector da rede pública por acção gravítica. É uma solução mais cara porque utiliza bombas que são alimentadas por energia eléctrica, necessitando de manutenção constante e em caso da falta de energia o sistema não funcionará correctamente, sendo outro aspecto negativo da drenagem com elevação.

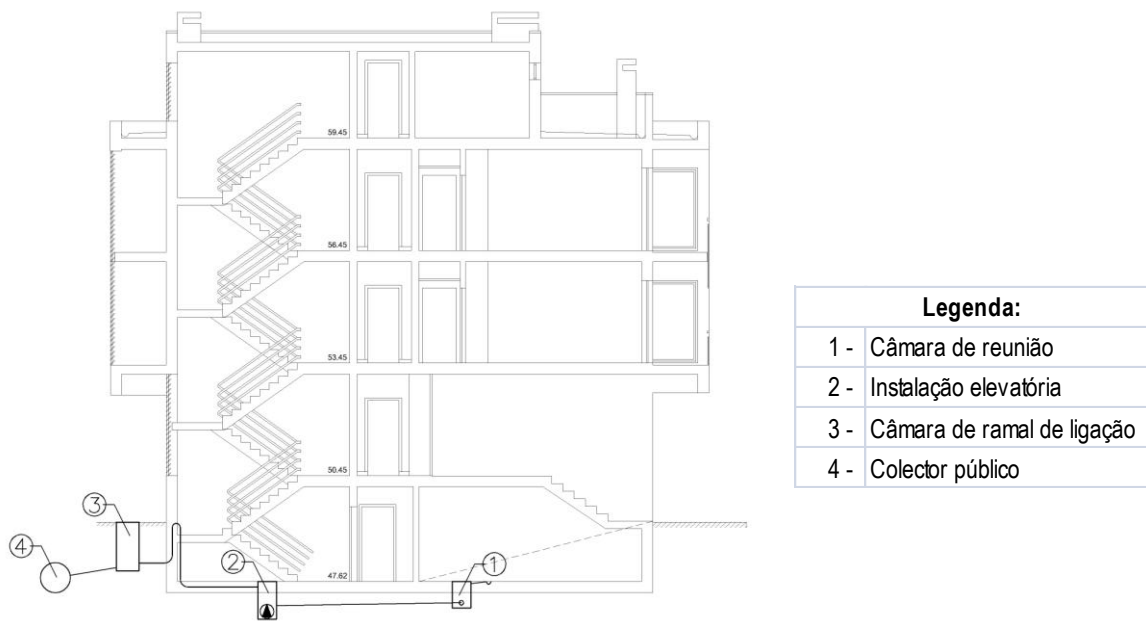


Figura 4.15 - Corte esquemático de drenagem com elevação

4.2.3 Conforto e qualidade

Na adopção destes sistemas é extremamente necessário ter em consideração factores como a insonorização, a acessibilidade a toda a rede, condições de estanquidade e herméticas entre outras.

4.2.3.1 Ruído

O dimensionamento incorrecto dos tubos de queda, com a adopção de uma taxa de ocupação inapropriada, provoca a formação de tampões durante a descida da água, os quais rebentam devido às variações de pressão e desta forma originam descargas ruidosas. Para que essa situação não ocorra, as tubagens de P.V.C. para além do correcto dimensionamento, possuem paredes interiores lisas e procurou-se evitar a execução de traçados sinuosos.

4.2.3.2 Acessibilidade aos sistemas

Em caso de necessidade o sistema pode ser facilmente acedido através de bocas de limpeza (Figura 4.13), para efectuar operações de inspecção, manutenção e reparação. O tempo para efectuar tais operações é tanto maior quanto maior for a dificuldade em aceder ao sistema, assim como, uma boa acessibilidade permite uma rápida detecção de anomalias e consequente diminuição dos tempos de interdição do uso dos mesmos.

4.2.3.3 Odores

No momento em que há uma descarga de um dos dispositivos do edifício, se o tubo de queda funcionar em secção completamente cheia e não possuir ventilação, provoca o efeito de sucção (sifonagem induzida por aspiração) nos sifões dos dispositivos ligados ao tubo de queda numa cota superior ao da descarga, e comprime (sifonagem induzida por compressão) os sifões dos dispositivos ligados ao tubo de queda numa cota inferior. Assim, com a destruição do fecho hídrico dos sifões, os maus cheiros já se conseguem manifestar no interior dos apartamentos.

Para garantir o correcto funcionamento do sistema executou-se a ventilação primária do sistema através do prolongamento do tubo de queda até à cobertura e o mesmo foi calculado para taxas de ocupação regulamentares (Figura 4.14).

4.2.3.4 Aspectos regulamentares

Realizou-se a separação dos sistemas de drenagem de águas residuais domésticas com a drenagem das águas pluviais, a montante das câmaras de ramal de ligação, de acordo com o Regulamento deste capítulo e todo o sistema predial de drenagem de águas residuais possui ventilação primária, que é obtida pelo prolongamento dos tubos de queda até à cota de 2,00 m acima da cobertura em terraço. A cota do colector predial das águas domésticas funcionou sempre inferiormente à do colector predial das águas pluviais, no caso de rotura do primeiro, não haver contaminação do segundo.

4.2.3.5 Interligação com restantes especialidades

Nos tectos do piso da garagem, foi necessária compatibilidade com a instalação eléctrica, tubagens de aspiração central e ainda com colectores prediais e tubagens de ventilação. Em simultâneo foi necessário rever o trajecto dos mesmos, com objectivo de não reduzir demasiado o pé direito da zona de circulação principal da garagem, devido à inclinação mínima necessária de 2%.

4.3 Rede de distribuição e aquecimento de águas

Esta rede tem como principal objectivo, levar água em condições de pressão, caudal e temperatura, aos pontos de utilização por parte dos utentes do edifício em causa.

Com base nos critérios técnico/hidráulicos estabelecidos pela legislação vigente e em regras de boa prática de engenharia, os sistemas prediais são dimensionados por forma a satisfazerem as necessidades de consumo. Neste contexto, existem factores que podem influenciar os referenciados níveis de conforto e de qualidade desejados sendo imperativo conhecer, com o maior rigor possível, o caudal disponibilizado e as pressões asseguradas pela rede de distribuição pública.

De acordo com o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição e de Drenagem de Águas Residuais [2], as canalizações constituintes da rede de água fria predial colectiva são resumidamente, as seguintes:

- Ramal de ligação: canalização entre a rede pública e o limite da propriedade.
- Coluna: troço de canalização de prumada de um ramal de introdução ou de um ramal de distribuição.
- Ramal de distribuição: canalização entre os contadores individuais e os ramaís de alimentação.

- Ramal de alimentação: canalização para alimentar os dispositivos de utilização

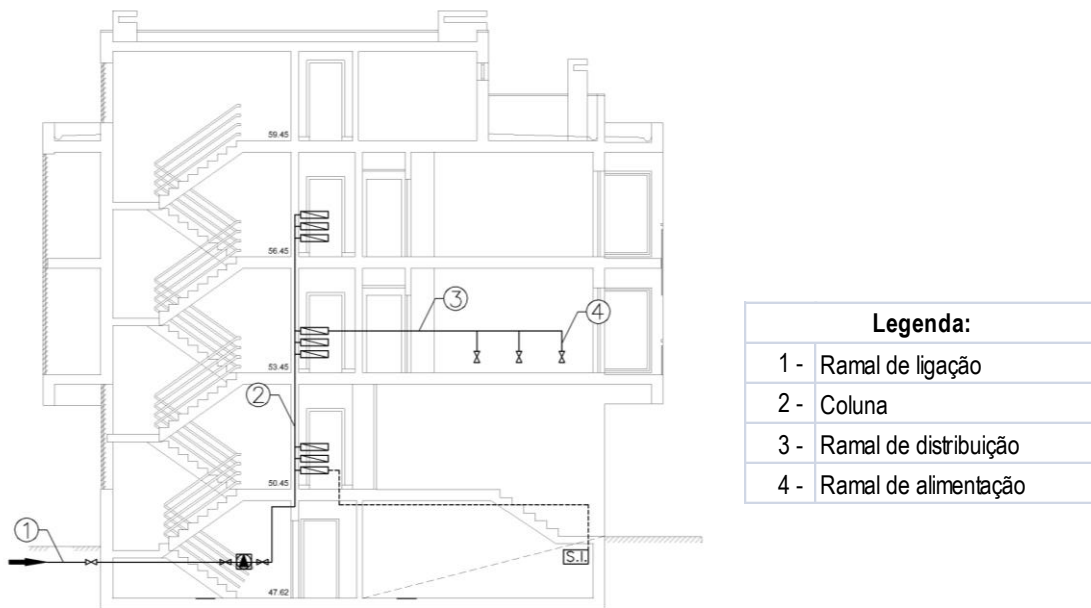


Figura 4.16 - Corte esquemático de rede de abastecimento de água

Conforme o mencionado na Memória Descritiva do Projecto da Rede de Distribuição de Água [1], a distribuição predial foi feita a partir do ramal de ligação em aço galvanizado, desenvolvendo-se no tecto do piso enterrado, até ao piso 0.

4.3.1 Disposições construtivas – materiais aplicados

O traçado foi executado da forma mais curta possível, diminuindo perdas de carga e os troços rectos, horizontais com uma inclinação superior a 0,5 % de forma a favorecer a circulação do ar.

Evitaram-se traçados muito expostos a choques mecânicos e a sua instalação em zonas de difícil detecção/reparação de avarias.

As tubagens nunca ficaram sob elementos de fundação, embutidas em elementos estruturais nem em sistemas de ventilação e chaminés, desenvolvendo-se em roços na alvenaria ou embebidas no pavimento (Figura 4.17).

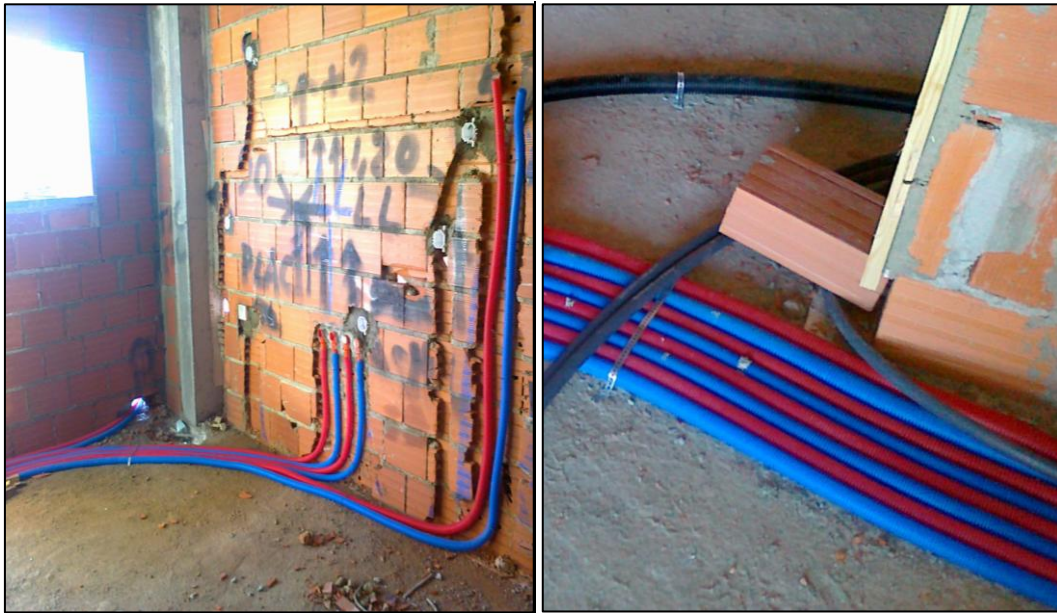


Figura 4.17 - Tubagem embebida nas alvenarias e pavimento

A tubagem utilizada a montante das baterias de contadores é em tubo "Hidronil" (rosca) (Figura 4.18) e acessórios em latão (Figura 4.19).

A jusante, não só é utilizado tubagem Multi-PEX em manga corrugada (Figura 4.20), mas também tubagem Multicamada (Figura 4.18), todo o sistema de abastecimento aos painéis solares.



Figura 4.18 - Tubo "Hidronil" e Multicamada com acessórios latão



Figura 4.19 - Contadores e acessórios em latão

A jusante dos contadores, a água fria é conduzida por canalização em tubo Multi-PEX (Figura 4.21), ou seja, tubo polietileno reticulado. A tubagem constituída com este sistema é composta por três camadas, duas de polietileno reticulado (PEX) envolvendo uma de alumínio, dando uma resistência semelhante à do metal. A união desses dois materiais permite obter um tubo compacto e resistente, com estabilidade química, imune às flutuações do indicador ácido-base (PH) nas águas sanitárias e resistente aos aditivos adicionados nas águas.

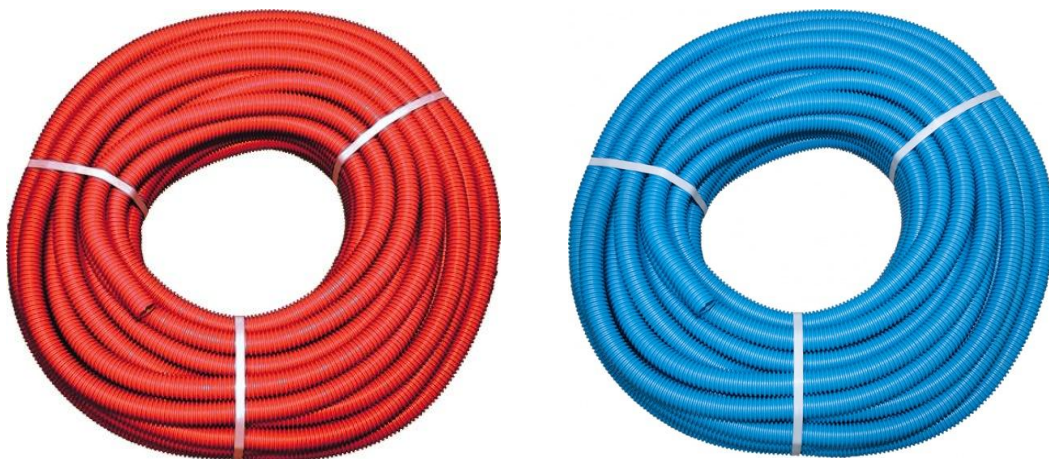


Figura 4.20 – Manga PVC corrugado: água quente (vermelho) e fria (azul)



Figura 4.21 - Tubo de PEX e acessórios em latão niquelado

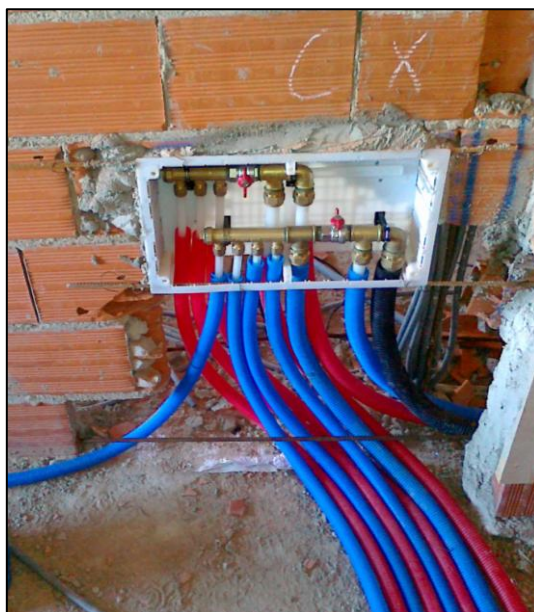


Figura 4.22 - Instalação de caixa de distribuição

Apresenta como principais vantagens:

- Utilizado para água quente e fria;
- Leve e não corrói devido à presença da liga metálica;
- Estabilidade e maleabilidade;
- Menor rugosidade e conseqüentes menores perdas de carga;

- Não contamina a água e o tubo não é afectado por incrustações, independentemente do grau de dureza e da agressividade da água.

Estes tubos permitem a realização fácil de curvas, com um raio correspondente a cinco vezes o seu diâmetro e todo o seu traçado realizado ponto a ponto, não havendo ligações intermediárias. Os encaixes efectuam-se sob pressão utilizando uma ferramenta própria, eliminando problemas de má união entre os diversos elementos e a comercialização da tubagem é feita em rolos, sendo possível cortar apenas o comprimento necessário a instalar, diminuindo o desperdício de material.

Apresenta como principais desvantagens:

- Necessidade de mão-de-obra especializada;
- Temperaturas suportadas inferiores ao cobre e coeficiente de dilatação térmica elevado;
- Custo.

A execução do traçado da rede de distribuição de águas do tubo PEX em detrimento de tubo de outro material leva a reduções de tempo na ordem de 50%.

Embora o custo do material seja mais elevado, poder-se-á obter um custo final (material, mão de obra e equipamento) idêntico ao da utilização por exemplo de PVC, tendo em conta o menor tempo de instalação e a menor quantidade de mão-de-obra.

4.3.2 Classificação do sistema

O sistema constituinte é de alimentação directa e sem elemento sobressor (embora previsto em projecto caso necessário no futuro), isto é, o abastecimento da rede predial é feito directamente através da ligação à rede pública de distribuição, visto oferecer esta, as condições mínimas de pressão à rede predial (Figura 4.23).

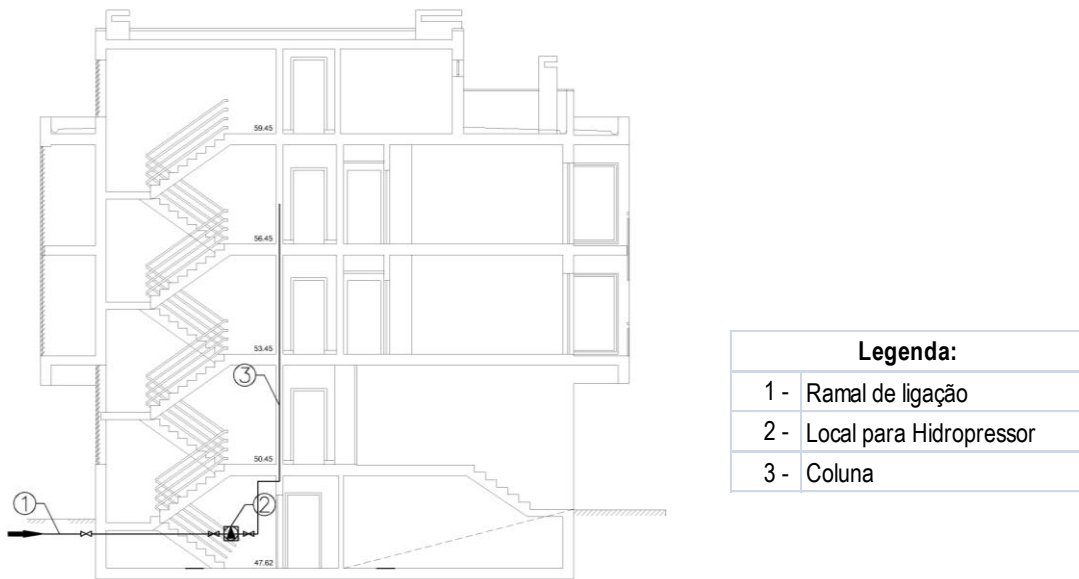


Figura 4.23 - Corte esquemático do sistema de alimentação directa

Apresenta como principal vantagem o menor custo de execução, bem como a garantia da qualidade da água distribuída em termos de pressão e caudal.

Foi adoptado este sistema uma vez que a rede pública possui condições de pressão e caudal real, que garantem um correcto funcionamento dos dispositivos de utilização instalados no edifício. A pressão de serviço em qualquer dispositivo de utilização predial para o caudal de ponta, nunca é inferior a 100 kPa, que é garantido pelo valor mínimo de pressão na rede pública de 340 kPa.

O valor foi obtido com base na seguinte expressão:

$$H = 100 + 40 * n$$

- n – número de pisos acima do solo, incluindo o piso térreo.

4.3.3 Conforto e qualidade

4.3.3.1 Ruído

As redes prediais de distribuição de água são concebidas e dimensionadas para que os utilizadores tenham um bom nível de conforto em termos de ruído. Esta perturbação pode surgir devido a um incorrecto dimensionamento, traçado ou execução da rede, provocando velocidades muito elevadas (recomendável entre 0,5 e 2,0 m/s) de circulação de água ou então um deficiente isolamento pode levar a que o som se propague através da construção.

4.3.4 Interligação com restantes instalações

A execução da rede de distribuição de águas necessitou de uma coordenação adequada e eficaz com todas as especialidades, em particular com as seguintes:

- Arquitectura;
- Estrutura;
- Instalações eléctricas;

Este tipo de compatibilidade deve sempre ser pensada e estudada na fase de projecto para minimizar os problemas em obra e levar a que não seja necessário tomar decisões tardiamente com prejuízo de conforto para os utentes e até mesmo para as condições ideais de funcionamento e exploração do sistema em si.

Nesta situação, logo desde a concepção da estrutura de betão armado, foi previamente estudado e previsto o local exacto para os atravessamentos dos tubos das colunas de água, permitindo a criação de negativos nas várias lajes (Figura 4.24).



Figura 4.24 - Negativos na laje destinados a passagem de coluna de água

4.3.5 Eficiência energética

As actuais disposições dos regulamentos em relação à eficiência energética definem que “O recurso a sistemas de colectores solares térmicos para aquecimento de água sanitária nos edifícios abrangidos pelo RCCTE [7] é obrigatório sempre que haja uma exposição solar adequada” (Decreto-Lei n.º 80/2006 de 4 de Abril, Capítulo III, Artigo 7.º, n.º2).

Contudo a aplicação deste tipo de sistema solar para aquecimento de águas sanitárias, apesar de algumas limitações, vai para além dos requisitos legais sendo um investimento a prazo que permite poupar dinheiro e energia ao longo dos anos. Os sistemas solares de aquecimento de água minimizam ainda os efeitos ambientais associados ao conforto exigido pelo estilo de vida actual.

O processo de aquecimento de águas domésticas adoptado pela equipa de projectistas e instalado em obra designa-se por sistema solar térmico com circulação em termossifão.

Este tipo de sistema é caracterizado, entre outras coisas, pela presença do depósito de armazenamento da água a um nível superior ao do colector (Figura 4.26), possibilitando que a circulação de água seja feita de forma natural, ou seja por acção gravítica – termossifão (Figura 4.25). À medida que a temperatura do fluído do colector aumenta este torna-se menos denso e sobe até

ao depósito. O permutador de calor realiza a transferência de energia entre o fluido e a água no interior do depósito. O fluido arrefece tornando-se mais denso e assim desce novamente ao colector dando lugar ao fluido que, simultaneamente, no colector se tornou menos denso (correntes de convecção). Este tipo de instalação é mais barato e tem menos manutenção devido à ausência de órgãos mecânicos e controlos electrónicos embora apresente como inconvenientes a menor eficiência relativamente ao sistema de circulação forçada e de ordem estética uma vez que todo o sistema tem de ser colocado no exterior.

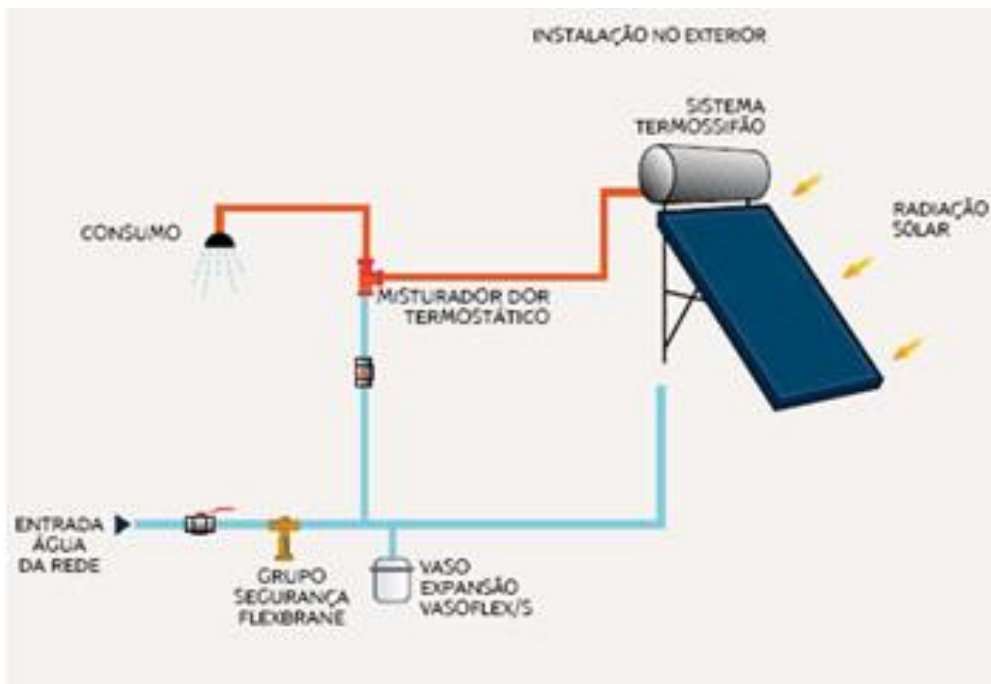


Figura 4.25 - Sistema solar térmico com circulação em termosifão

Os colectores solares foram colocados na cobertura plana do edifício (Figura 4.26), suportados por uma estrutura metálica. Estes foram devidamente posicionados, quer no que diz respeito à exposição solar e proximidade da respectiva fracção a servir.



Figura 4.26 - Colectores solares

Foi instalado ainda, um equipamento sob as bases de duche, denominado por Zyphe 750 (Figura 4.27), que usufruindo de tecnologia inovadora e patenteada, procede ao reaproveitamento da energia calorífica da água residual do chuveiro, direcionando-a, para o pré-aquecimento da água fria de entrada, simultaneamente consumida, reduzindo assim em grande parte, as necessidades de energia para aquecimento da mesma.



Figura 4.27 - Zyphe 750

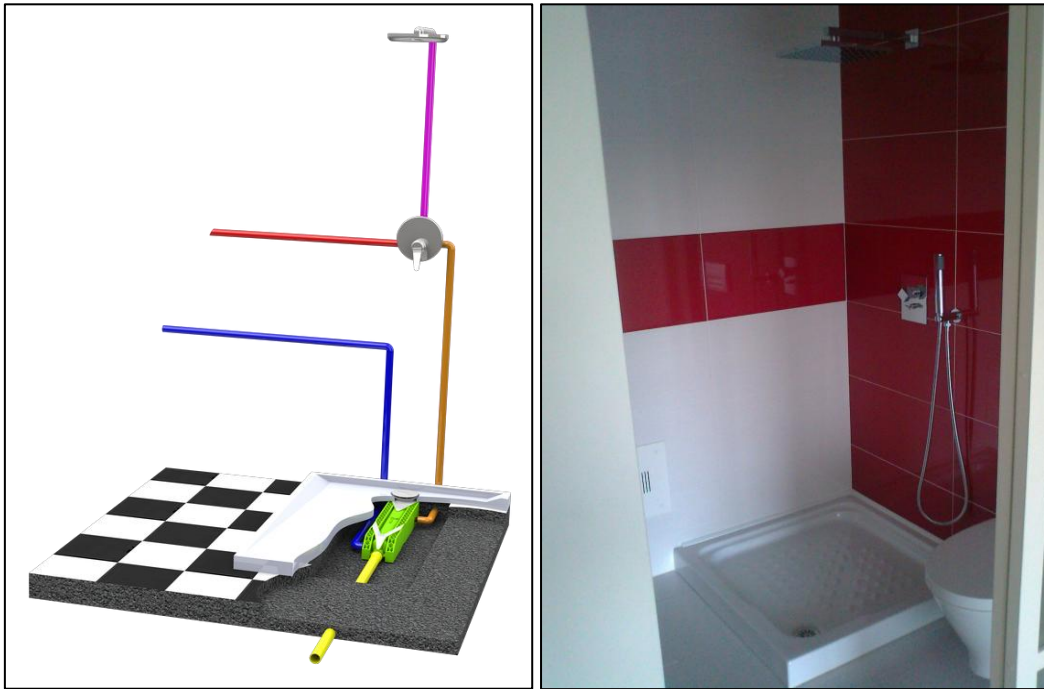


Figura 4.28 - Modelo esquemático de instalação e aspecto final

Este aparelho é capaz de recuperar até 12°C de calor do chuveiro de água drenada e transferi-lo para a água fria da rede imediatamente consumida. De forma concisa pode-se afirmar que se a água limpa (fria), entrar no Zephyro 750 a 15°C, sairá a uma temperatura de 27°C (Figura 4.29).

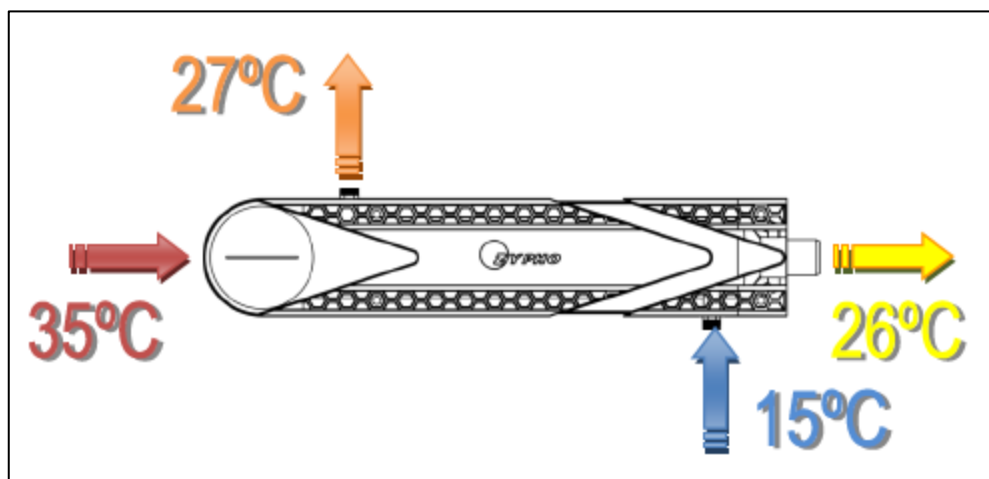
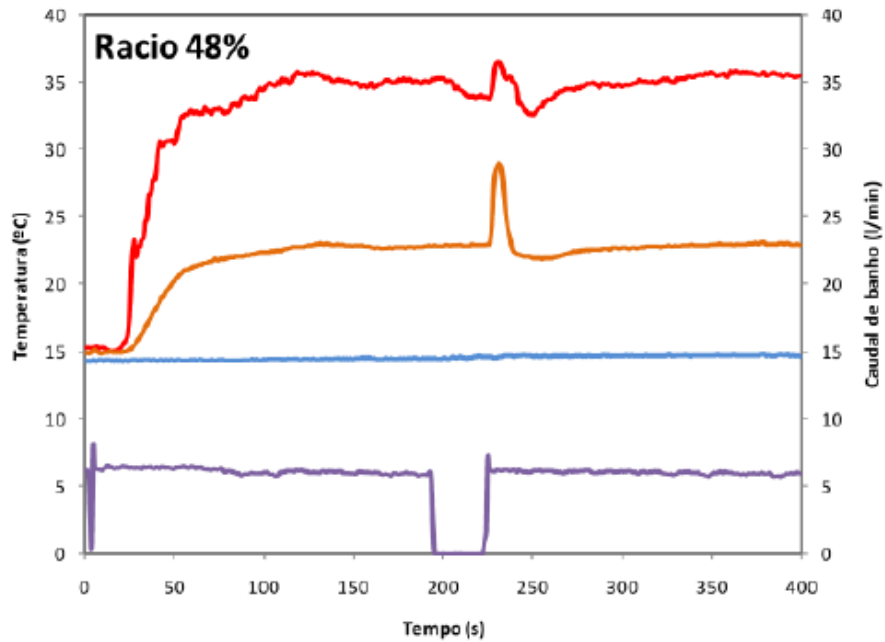


Figura 4.29 - Modelo esquemático da transferência de energia calorífica

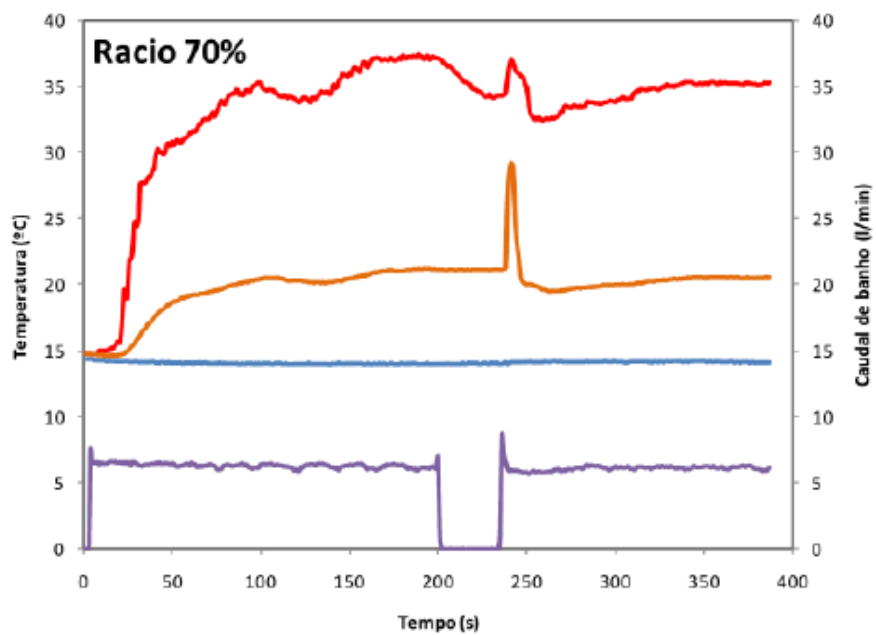
Os gráficos abaixo representados, foram obtidos pelo relatório final do Instituto de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial (INEGI). Ilustram dois cenários possíveis, um rácio de água fria/água do banho de 48% e 70% e encontram-se estes, divididos em quatro zonas distintas:

- tempo de espera pela água quente – 60 segundos;

- período de enxaguamento - 120 segundos;
- fecho da torneira para ensaboamento - 30 segundos;
- remoção do sabão - 180 segundos.



— T Banho Esg — T Pre Aquec — T Fria — Qbanho



— T Banho Esg — T Pre Aquec — T Fria — Qbanho

De acordo com o RCCTE, a energia necessária para a preparação das águas quentes sanitárias (AQS) por ano, Q_a , é calculada pela seguinte expressão:

$$Q_a = \frac{Maqs * 4187 * dt * nd}{3600000}$$

- $Maqs$ - é o consumo médio diário de AQS de referência (para habitações 40 litros por ocupante);
- dt - é o acréscimo de temperatura necessária para a preparação das AQS;
- nd - representa o número de dias anual de consumo das AQS.

O RCCTE assume que a água da rede pública é distribuída a uma média de 15 °C e sai do aparelho de aquecimento a 60 °C (logo $dt = 45$ °C). Para estas condições, e de acordo com o estudo de impacto realizado pelo INEGI, a temperatura proveniente do Zypho 750 é 7.29 °C.

De acordo com o RCCTE a eficiência de um termoacumulador eléctrico é 0.80 e o esquentador a gás é 0.50. Refere ainda que devemos de diminuir 0.10 caso a tubagem de água quente não seja protegida com material isolante térmico de pelo menos 10 mm de espessura.

Assumindo todas estas premissas, obteve-se a tabela seguinte:

Tabela 4.3 - Poupança relativa a custos energéticos com Zypho 750

Equipamento	Fonte de energia	Preço kW.h (inc. 23% IVA)	Poupança anual c/ Zypho 750		
			4 utilizadores	3 utilizadores	2 utilizadores
Esquentador	Gás Butano	0,186 €	230 €/ano	173 €/ano	115 €/ano
Termoacumulador	Electricidade	0,160 €	113 €/ano	85 €/ano	57 €/ano

É de realçar, e especificado em projecto, que este sistema de produção de água quente não permite satisfazer a totalidade das necessidades de consumo por parte dos utentes durante todo o ano, principalmente no inverno, pelo que foi acoplado um sistema de compensação constituído por esquentador inteligente a gás, compatível com todo o sistema solar, ou seja só é automaticamente accionado quando a temperatura da água proveniente dos colectores for inferior a 40°C.

4.3.5.1 Isolamento térmico

O isolamento térmico nas tubagens é implementado quando se trata do transporte de água quente, de forma a reduzir o gradiente entre a temperatura de saída do dispositivo de aquecimento e a chegada ao ponto de utilização e assim diminuir a perda calorífica durante o transporte e os custos com o aquecimento de água.

O tubo foi envolvido por uma coquilha de espuma elastomérica, com 19 mm de espessura (Figura 4.30) a nível interior e no exterior devido à sua exposição aos efeitos climatéricos foi aplicado uma coquilha de espuma elastomérica revestida, com 35 mm de espessura (Figura 4.31).



Figura 4.30 –isolamento térmico de tubagem de água quente (embebida)

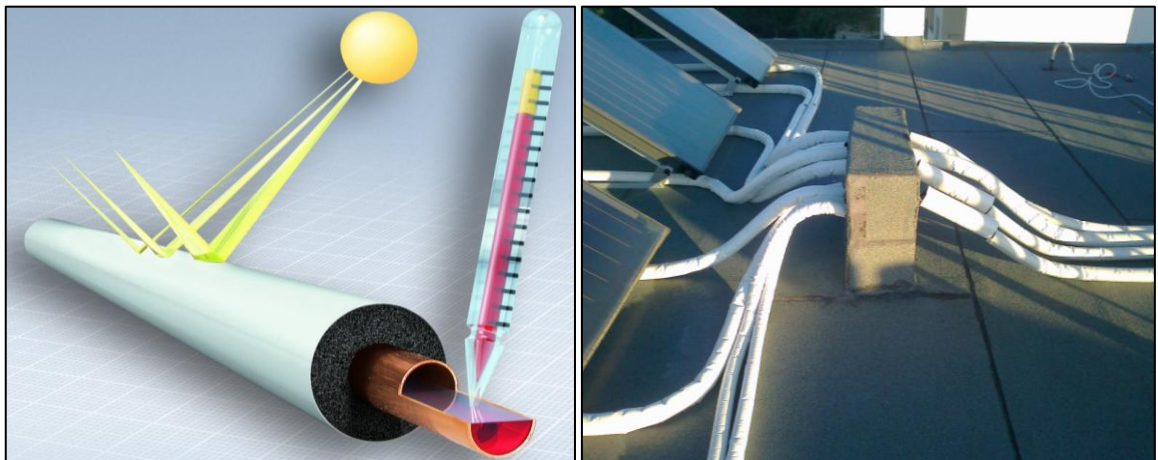


Figura 4.31 - Isolamento térmico de tubagem de água quente (exposta)

4.4 Instalações eléctricas

Este tipo de instalações consiste numa rede de condutores e equipamentos, transportadores de energia, desde a rede pública até ao interior do edifício.

O principal objectivo do sistema, visa dotar os diversos espaços do edifício, com níveis eléctricos adequados à sua utilização final. Como tal é imprescindível o fornecimento eléctrico de vários e diversificados pontos, sendo eles:

- Pontos de iluminação;
- Tomadas de Uso Geral (TUG), às quais se pode ligar qualquer aparelho eléctrico;
- Tomadas de Uso Específico (TUE), às quais só se liga aparelhos específicos.

Este tipo de instalações, tem em vista a garantia da protecção das pessoas, dos animais e dos bens, assim como o funcionamento a longo prazo da instalação, de acordo com a utilização prevista.

4.4.1 Classificação do sistema

Quando se concebe uma instalação eléctrica devem avaliar-se as condições ambientais dos vários locais, para que a selecção dos equipamentos e das canalizações seja a mais adequada. Segundo as Regras Técnicas de Instalações Eléctricas de Baixa Tensão (RTIEBT) a classificação dos locais depende de factores de influências externas.

4.4.1.1 Factores de influências externas

Estes factores são identificáveis mediante um código alfanumérico, constituído por duas letras e um algarismo, cujo significado é conforme a tabela.

Tabela 4.4 - Código alfanumérico das influências externas

Codificação das influências externas				
Elementos constituintes do código	Significado de cada elemento	Categoria das influências		
		Ambiente	Utilização	Const. Edifícios
1ª Letra do código	Categoria Geral	A	B	C
2ª Letra do código	Natureza Influência	A a S	A a E	A e B
Número	Classe	1 a 8	1 a 5	2 a 4

Exemplo - CA1:

- C – Categoria geral: Construção de edifícios
- A – Natureza da influência: Materiais de construção (ver tabela seguinte)
- 1 – Classe: Não combustíveis (quadro 51A(CA) das RTIEBT –Parte 5 / 51)

Tabela 4.5 - Quadro de influências

Ordem	1ª Letra	2ª Letra	Algarismo X	Estrutura do Código	Situação Normal	Designação da Influência
	Categoria Geral	Natureza da Influência	Classe de I Influência			
1	A (Ambientes)	A	1 a 8	AAx	AA4, AB4 AC1, AD1, ..., AS1	Temperatura ambiente
2		B	1 a 8	ABx		Condições climáticas
3		C	1 a 2	ACx		Altitude
4		D	1 a 8	ADx		Presença de água
5		E	1 a 6	AEx		Presença de corpos sólidos
6		F	1 a 4	AFx		Presença de corpos e substâncias corrosivas
7		G	1 a 3	AGx		Acções mecânicas (impactos)
8		H	1 a 3	AHx		Acções mecânicas (vibrações)
9		J	1	AJx		Acções mecânicas (outras)
10		K	1 a 2	AKx		Presença de flora e bolores
11		L	1 a 2	ALx		Presença de fauna
12		M	1 a 6	AMx		Influências electromagnéticas, electrostáticas
13		N	1 a 3	ANx		Radiações solares
14		P	1 a 4	APx		Efeitos sísmicos
15		Q	1 a 3	AQx		Descargas atmosféricas, nível cerâmicos (N)
16		R	1 a 3	ARx		Movimentos do ar
17		S	1 a 3	ASx		Vento
18	B (Utilizações)	A	1 a 5	BAx	BA1, BB1, ..., BE1	Competência das pessoas
19		B	1 a 3	BBx		Resistência eléctrica do corpo humano
20		C	1 a 4	BCx		Contacto das pessoas com o potencial da terra
21		D	1 a 4	BDx		Evacuação das pessoas em caso de emergência
22	E	1 a 4	BEx	Natureza dos produtos tratados ou armazenados		
23	C (Const. Edifícios)	A	1 a 2	CAx	CA1, CB1	Materiais de construção
24		B	1 a 4	CBx		Estrutura dos edifícios

As características dos invólucros dos equipamentos eléctricos em relação às influências externas são definidas a partir de códigos:

- **IPXX**
- **IKXX**

O código IP é definido por dois dígitos:

- o primeiro indica o grau de protecção contra a penetração de corpos sólidos – AE (variável de 0 a 6);
- o segundo indica o grau de protecção contra a penetração de líquidos – AD (variável de 0 a 8).

Tabela 4.6 - Classificação de influências

Códigos	Classe de influência externas	Graus de protecção mínimos
AE1	Desprezável	IP0X
AE2	Pequenos objectos ($\leq 2,5$ mm)	IP3X
AE3	Objectos muito pequenos ($\leq 1,0$ mm)	IP4X
AE4	Poeiras ligeiras	IP5X ou IP6X
AE5	Poeiras médias	IP5X ou IP6X
AE6	Poeiras abundantes	IP5X ou IP6X
AD1	Desprezável	IPX0
AD2	Gotas de água	IPX1
AD3	Chuva	IPX3
AD4	Projecção de água	IPX4
AD5	Jactos de água	IPX5
AD6	Jactos de água forte ou massas de água	IPX6
AD7	Imersão temporária	IPX7
AD8	Imersão prolongada	IPX8

O código IK é definido por um dígito indicando o grau de protecção contra acções mecânicas (impactos) –AG (variável de 00 a 10).

Tabela 4.7 - Classificação de influências

Códigos	Classe de influência externas	Graus de protecção
AG1	Fracos	IK02
AG2	Médios	IK07
AG3	Fortes	IK08 a IK10

Neste caso os equipamentos a instalar no edifício deverão ter características de protecção, iguais ou superiores às indicadas na tabela abaixo:

Tabela 4.8 - Características de protecção

Classificação	IP	IK
AA4 , AB4	IP20	IK04
AD1	IP20	IK04
AD2	IP21	IK04
AD3	IP23	IK04
AD4	IP24	IK04
AD7	IP27	IK04
AE5	IP55	IK04
AF3	IP23	IK04
AA6	IP20	IK04
AA1	IP20	IK04
AG2	IP20	IK09
BE1	IP40	IK04
BE2/BE3	IP40	IK04

Relativamente aos equipamentos eléctricos a instalar nas instalações sanitárias, deverão obedecer ao índice de protecção contra a penetração de líquidos igual ou superior às indicadas na tabela abaixo:

Tabela 4.9 - Índice de protecção

Volumes	IP
0	IP27
1	IP25
2	IP24
3	IP21

4.4.2 Ligação à rede

A alimentação ao edifício, efectuou-se em B.T. (trifásica com neutro), por intermédio de ramal subterrâneo, desde a rede eléctrica da E.D.P., existente nas proximidades do local, até ao quadro de colunas.

4.4.3 Protecção contra curto-circuitos

A protecção contra curto-circuitos, conseguiu-se através da aplicação na entrada (quadro de colunas) de fusíveis de APC com poder de corte superior a 80 KA e por disjuntores nos quadros eléctricos, com poder de corte mínimo de 6 KA nos QSC, QCM, QP1 e 3 KA nos QF, QA e QP2.

4.4.4 Contadores

A contagem de energia far-se-á em baixa tensão, pelo que foram considerados os seguintes contadores:

- 1 contador por habitação
- 1 contador para os serviços comuns do edifício

Os contadores das várias habitações, aplicaram-se em caixas próprias para o efeito, situadas nos patamares respectivos a cada piso (Figura 4.32).



Figura 4.32 - Contadores de habitação

4.4.5 Potências

4.4.5.1 Potências das Habitações

A entrada de energia eléctrica no edifício, coluna e derivações foi dimensionada com base na potência considerada para cada habitação, a qual corresponde ao valor de 10,35 kVA.

4.4.5.2 Potência para serviços comuns do edifício

Para o quadro de serviços comuns (QSC), foi considerada a potência relativa a 13,80 kVA

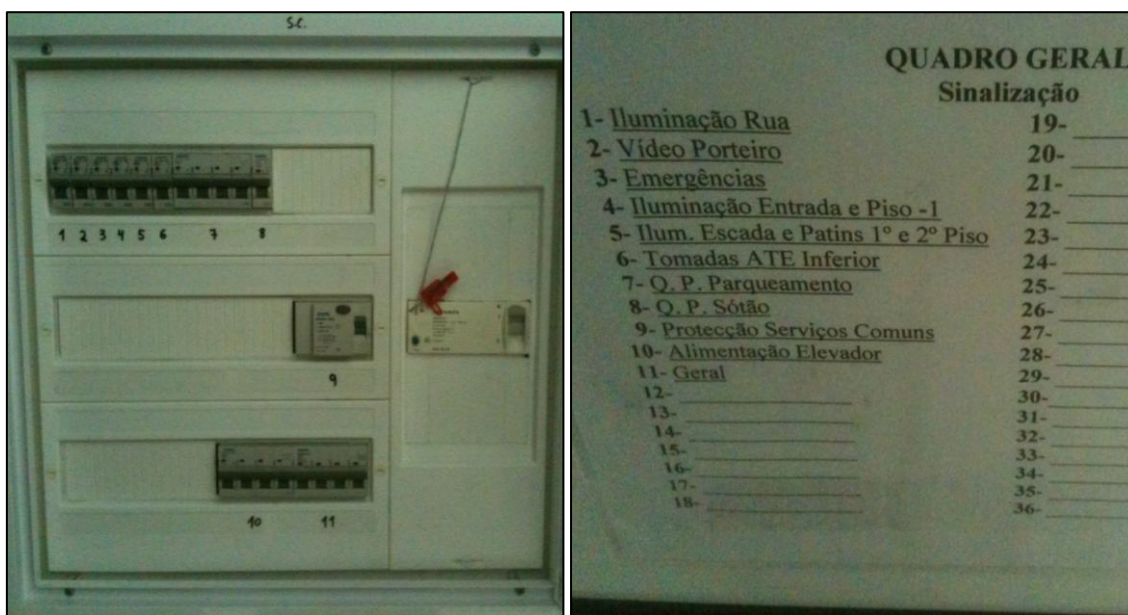


Figura 4.33 - Quadro de serviços comuns (QSC)

4.4.6 Coluna

As instalações das habitações desenvolvem-se, a partir da coluna a montante, que tem início no quadro de colunas (QC) instalado junto à porta da entrada principal do edifício.

Em cada piso instalou-se uma caixa de coluna, com as saídas necessárias e suficientes, correspondente ao número de instalações por piso.

A alimentação do QSC, efectuou-se directamente do quadro de QC. O quadro da casa das máquinas (QCM) alimentou-se através do QSC.

4.4.6.1 Coluna montante das habitações

A coluna montante executou-se com condutores do tipo H07V-R, com secção de 3x35 + 2G16 mm, sem interrupções, somente com cortes de isolamento nas caixas de coluna para execução de derivações. Os condutores são protegidos por tubo do tipo VD 63, em montagem embebida nas paredes.

4.4.6.2 Quadro de colunas (QC)

O edifício foi dotado de um QC, para um $I_n = 250$ A, e que segundo a NP-1271, corresponde à utilização das seguintes caixas:

- 1 Caixa de corte geral (GC)
- 1 Caixa de protecção de saídas (PC)

Na caixa de corte, foi instalado um interruptor tetrapolar de 250 A.

A caixa de protecção de saídas (PC) no QC, contém 2 saídas, uma com corta-circuitos de APC de 100 A para a coluna montante e outra com corta-circuitos de APC de 32 A para o QSC.

Os QC, excluindo a obrigatoriedade de cumprir os ensaios estabelecidos na EN 60439-3 e os atravancamentos mínimos previstos na NP 1271, devem também respeitar um isolamento de classe II.

4.4.6.3 Caixas de Coluna

As caixas de coluna são do tipo CBD e CBQ, para $I_n = 63$ A, equipadas com a placa de bornes e bases com fusíveis para a protecção dos condutores das entradas nas habitações e terão o calibre de 63 A, sendo aplicadas a 2,20 m acima do pavimento.

As caixas de coluna, excluindo a obrigatoriedade de cumprir os ensaios estabelecidos na EN 60439-3 e os atravancamentos mínimos previstos na NP 1272, devem também respeitar um isolamento de classe II.

4.4.7 Entradas

4.4.7.1 Habitações

A alimentação das habitações, derivam da caixa de coluna do respectivo piso e executam-se com condutores do tipo H07V-R, com secção 3G16 mm, protegidos por tubo do tipo VD40, em montagem embebida nas paredes.

4.4.7.2 Quadros de serviços comuns

A alimentação ao QSC, efectuou-se directamente do QC e através de condutores do tipo H07V-U, com secção 5G10 mm, protegidos por tubo do tipo VD 40, em montagem embebida nas paredes.

4.4.8 Quadros eléctricos

Os quadros eléctricos instalados, são de fabrico normalizado, não inflamável, classe II, com calha DIN para aplicação directa dos órgãos de protecção, ficando instalados na parede, em nicho próprio para o efeito, salvaguardando espaço suficiente para aparelho limitador de potência, a instalar pelo distribuidor.

Os quadros eléctricos de todas as habitações, garantem um índice de protecção mínimo de IP20 e IK04 e possuem a aparelhagem com calibres dimensionados e estipulados em projecto, sendo o poder de corte mínimo de 6 kA nos QSC, QCM, QP1 e 3 kA nos QF, QA e QP2. Encontram-se todos devidamente etiquetados, especificando a serventia dos vários circuitos de cada fracção.

4.4.9 Iluminação

4.4.9.1 Iluminação normal

Toda a aparelhagem eléctrica é certificada, sendo possuidoras da marcação CE.

As aparelhagens de comando de iluminação tem o calibre correspondente a 10 A.

Cada circuito de iluminação tem o número máximo de pontos de utilização de 8 unidades.

Nas instalações sanitárias, os aparelhos de iluminação obedecem a uma classe II de isolamento.

Nas zonas exteriores e piso de estacionamento, os aparelhos de iluminação são estanques (IP55).

A iluminação dos espaços comuns do edifício foi assegurada a partir do QSC e é efectuada por intermédio do sistema de detecção de movimento automático.

4.4.9.2 Iluminação de segurança

A iluminação de circulação prevista nos vários pisos do edifício, garantiu-se por intermédio de blocos autónomos com a sinalização de saídas e circulação (fotoluminescente), equipados com 2 lâmpadas de 8 W, do tipo permanente, com autonomia de 1 hora e fluxo luminoso superior a 60 lm (Figura 4.34).

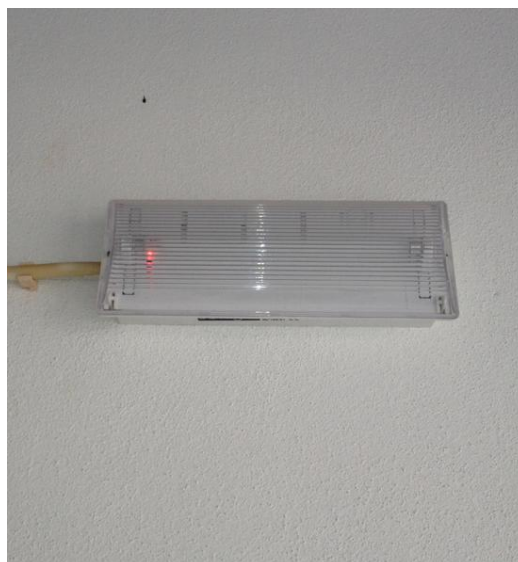


Figura 4.34 - Iluminação de emergência

4.4.10 Tomadas

Todas as tomadas instaladas de intensidade estipulada até 16 A, correspondem ao tipo “com obturador” e são dotadas de terminal de terra.

As tomadas das instalações sanitárias, são servidas por transformadores de separação (classe II) quando se localizam no volume 2 e tomadas de 2P+T dotadas de tampa quando se localizam no volume 3 (Figura 4.35). A alimentação das tomadas das i.s. têm protecção diferencial de 30 mA.



Figura 4.35 - Tomadas dotadas de tampa

Cada circuito de tomadas tem o número máximo de pontos de utilização de 8 unidades.

4.4.11 Equipamentos

As banheiras de hidromassagem são alimentadas através de circuito próprio e com protecção diferencial de 30 mA. Executou-se a ligação equipotencial suplementar na casa de banho que interliga todos os elementos condutores existentes nos volumes 0,1,2 e 3 (a secção mínima dos condutores utilizados foi de 2,5mm²)

4.4.12 Canalizações

As canalizações de iluminação foram executadas com canalizações H07V-U3G1,5 e H07V-U4G1,5, protegido por tubo VD 16 e em montagem embebida nas paredes ou tectos, sendo as ligações das caixas de derivação a interruptores

e a comutadores (lustre ou escada), executados a canalizações VD16 / H07V-U2x1,5 e VD16 / H07V-U3x1,5 respectivamente.

As canalizações de tomadas, são executadas com canalizações VD20 / H07V-U3G2,5 em montagem embebida nas paredes (ou tubo tipo ERFE, no caso das canalizações ocasionalmente embebidas nas lajes) (Figura 4.36). Em alguns circuitos, foi previsto a protecção diferencial de alta sensibilidade (30 mA).



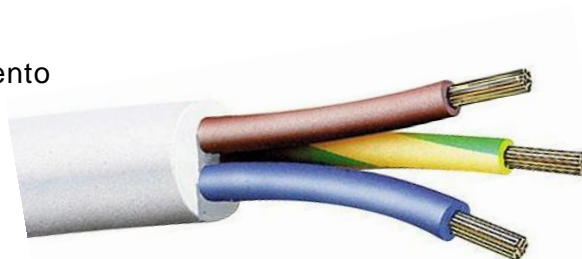
Figura 4.36 - Conduitas em tubo VD na alvenaria e tipo ERFE no pavimento

A alimentação ao QCM, foi efectuada a partir do QSC com canalização VD32 / H07V-U5G6 em montagem embebida.

Nas canalizações instaladas à vista, como foi o caso do piso do estacionamento, todas as canalizações aplicadas são do tipo não propagadoras de chama e correspondem à classe II de isolamento.

Todos os condutores instalados, têm o isolamento nas cores convencionalmente estipuladas:

- Fases – castanho / preto / cinzento
- Neutro – azul claro
- Protecção – verde e amarelo



De forma geral, não foram permitidos cruzamentos entre canalizações de alimentação e canalizações de água, devido à natural incompatibilidade físico/química entre o que transportam, pelo que as tubagens de água foram instaladas a uma cota inferior (pavimento) às canalizações eléctricas (alvenarias).

4.4.13 Caixas de derivação e passagem

Este tipo de caixas, foram aplicadas de forma saliente (piso de parqueamento) e embebida (interior das habitações), conforme projecto e são de material isolante com tampo aparafusado. Sempre que instalada mais que uma caixa de forma adjacente, aplicou-se uma tampa única. Todas foram equipadas com placa de terminais e base isolante.

4.4.14 Ligações Eléctricas

Todas as ligações eléctricas instaladas, respeitam um código mínimo de IP20.

4.4.15 Instalações das zonas comuns

Para além das já referidas redes de alimentação, foram ainda instaladas nas zonas comuns as seguintes redes:

- Redes de telecomunicações

Instalou-se uma respectiva rede de telecomunicações em todo o edifício, prevendo-se a alimentação de dois ATE a partir do QSC e dos ATI a partir dos quadros de habitação.

- Vídeo-porteiro

Recorreu-se a esta instalação, com principal objectivo o de anunciar a presença de pessoas, quer na porta principal, quer nos patamares. O circuito é

alimentado a partir do QSC, tendo sido instalado um sistema que converte em sinal sonoro, de chamada e de vídeo.

4.4.16 Sistema de protecção de pessoas

Em todos os quadros eléctricos, existe, para além do disjuntor ou interruptor diferencial, uma barramento de terra, o qual será ligado ao ligador de massa do QC.

4.4.16.1 Protecção contra contactos directos

A protecção de pessoas contra contactos directos, assegurou-se através de, isolamento ou afastamento das partes activas, colocação de anteparos entre outros.

4.4.16.2 Protecção contra contactos indirectos

A protecção de pessoas contra contactos indirectos, assegurou-se através da ligação directa de todas as massas metálicas à terra de protecção, nos locais onde existem aparelhos com invólucros susceptíveis de originar este tipo de contacto e também através do emprego de aparelhos de corte automático associados, sensíveis à corrente diferencial residual de média e alta sensibilidade, nomeadamente interruptores e disjuntores diferenciais, de forma a proteger a instalação quando com defeitos de isolamento, não permitindo assim, qualquer caso em que a tensão de contacto exceda os 50 V.

4.4.16.3 Terras

Foi executada uma terra de protecção, à qual foram ligadas as estruturas metálicas e todos os elementos que possam eventualmente ficar sujeitos a tensão (canalizações, estrutura de tecto falso etc.).

Os eléctrodos, do tipo vareta de aço galvanizado, com 15 mm de diâmetro exterior e 2,0 m de comprimento, ficaram enterrados de forma vertical, no solo, a

uma profundidade de consideravelmente 1,0 m entre a superfície do solo e a parte superior do eléctrodo.

O cabo utilizado para a ligação aos eléctrodos de terra, é do tipo VV 0,6/1kV, com isolamento de cor verde e amarela e bainha exterior preta.

4.4.17 Normas e Regulamentos

A instalação eléctrica colectiva do edifício foi dimensionada em função das potências a fornecer às instalações de utilização de energia eléctrica, respectivos factores de simultaneidade de acordo com as Regras Técnicas das Instalações Eléctricas de Baixa Tensão (RTIEBT [7]), tendo em especial consideração as quedas de tensão, a intensidade de corrente máxima admissível nas canalizações e a selectividade das protecções.

Relativamente a todos outros aspectos tidos em conta no projecto, foram respeitadas também as Normas Portuguesas e os desenhos de arquitectura e estrutura.

5. CONCLUSÕES

O estágio de trabalho final de mestrado desenvolvido na empresa Godifer, Obras Públicas e Cíveis Lda, não só permitiu desenvolver e colocar em prática muitos dos conhecimentos obtidos durante todo o percurso académico, bem como adquirir experiência profissional especificamente em matéria relacionada com a Engenharia Civil mas também relativamente ao mundo laboral, competitivo e extremamente difícil que é o mundo da indústria da construção civil actualmente no nosso país. Nesta referida experiência está intrínseco a comunicação constante entre vários profissionais envolvidos nesta obra, desde empreiteiros ao director e dono de obra. Permitiu entender e ganhar sensibilidade para várias particularidades, entre elas a importância extrema da interdisciplinaridade entre as várias partes envolvidas numa obra para que esta seja eficientemente executada, com padrões altos de qualidade e concluída dentro do prazo.

Neste ramo da actividade de engenharia, não só é necessário ter conhecimentos explícitos e sedimentados, relativamente aos processos construtivos e científicos em si, mas também e por mais subtil que seja ou pareça, é fundamental saber lidar com pessoas, de forma a que, o engenheiro em obra consiga executar qualquer empreendimento com os todos os padrões que a arte de bem construir assim impõem.

De forma sucinta poder-se-á afirmar que da parte do estagiário, todas as perspectivas foram ultrapassadas, consolidando os conhecimentos adquiridos durante todo o curso e também a aquisição da percepção dos deveres, responsabilidades e constantes preocupações e dificuldades de um elemento pertencente à equipa de direcção de obra.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AN ENGENHARIA - Memória Descritiva do Projecto de Estabilidade, Escavação e Contenção Periférica. Seixal, 2011.
- [2] AN ENGENHARIA - Memória Descritiva do Projecto de Verificação Acústica. Seixal, 2011.
- [3] AGF - Memória Descritiva do Projecto da Rede de Abastecimento de Água. Seixal, 2011.
- [4] AGF - Memória Descritiva do Projecto da Rede Predial de Águas Residuais. Seixal, 2011.
- [5] Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios, DECRETO-LEI nº 96/08. D.R. I Série. 110 (08-06-09) 3359-3372.
- [6] Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e Drenagem de Águas Residuais, DECRETO-LEI nº 23/95. D.R. I Série. (95-08-23).
- [7] Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios, DECRETO-LEI nº 80/06. D.R. I Série-A. 67 (06-04-04) 2468-2513.
- [8] Regras Técnicas das Instalações Eléctricas de Baixa Tensão
- [9] FORMOSO, C.; BERNARDES, M.; Oliveira, L. & Oliveira, K. (1997) Termo de Referência para o Planeamento e Controle da Produção em Empresas Construtoras. Porto Alegre: Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (PPGEC), Universidade Federal do Rio Grande do Sul;
- [10] LNEC - Fichas de Rendimento e Informação sobre Custos do LNEC (2003)