



**Universidade de
Aveiro
Ano 2016**

Departamento de Engenharia Civil

**Ana Rita Santos
Henriques**

Estágio FOeng – Gabinete de Engenharia, Lda.



**Ana Rita Santos
Henriques**

Estágio na FOeng – Gabinete de Engenharia, Lda

Relatório de Estágio apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, realizado sob a orientação científica do Professor Doutor Miguel Nuno Lobato de Sousa Monteiro de Morais, Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, e supervisão do Engenheiro Paulo Alexandre da Rocha Doutor, Engenheiro da Empresa FOeng – Gabinete de Engenharia, Lda.

o júri

presidente

Prof. Doutora Ana Luísa Pinheiro Lomelino Velosa
Professora Associada da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor Domingos António Garcia Ribas
Professor Adjunto do Instituto Politécnico de Viana do Castelo (arguente)

Prof. Doutor Miguel Nuno Lobato de Sousa Monteiro de Morais
Professor Auxiliar da Universidade de Aveiro (orientador).

agradecimentos

Gostaria de dedicar esta página às pessoas que me apoiaram ao longo desta etapa.

Em primeiro lugar aos meus Pais e Irmão pelo apoio incondicional que me deram ao longo destes 5 anos. Sem vocês não teria chegado até aqui. Obrigado por estarem sempre ao meu lado.

Ao Adelino um grande obrigado por tudo. Sem dúvida que parte do meu sucesso deve-se a ti.

À minha madrinha Maria João pela ajuda e apoio fundamental que me deu.

Ao meu orientador, Professor Doutor Miguel Morais, pelo apoio fornecido, pela disponibilidade, pelo incentivo e pelos conhecimentos transmitidos ao longo deste ano de trabalho.

A todos os Engenheiros da FOeng por me receberem e me ajudarem sempre que precisei.

E por fim, a todos os professores e colegas que contribuíram para o meu sucesso no meu percurso académico.

palavras-chave

Engenharia, estágio, projeto, especialidades, estruturas, redes, térmica, acústica, medição, orçamentação

resumo

Neste relatório é apresentado o estágio curricular realizado ao longo de 9 meses para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil pela Universidade de Aveiro.

O estágio curricular foi realizado na empresa FOeng-Gabinete de Engenharia Lda., situada em Esgueira (Aveiro) e teve como principal tema a realização de projetos de Engenharia Civil.

De modo a obter competências para realização de futuros trabalhos, houve a necessidade de serem adquiridos conhecimentos, tais como o funcionamento de ferramentas informáticas, o procedimento de trabalho da empresa e compreensão de alguma legislação em vigor.

Estes conhecimentos permitiram a realização de trabalhos propostos diariamente pelos Engenheiros da FOeng tendo colaborado em projetos estruturais, projetos de condicionamento acústico e trabalhos associados a medições e orçamentações.

Durante o estágio curricular foi ainda realizado um estudo de soluções para um edifício de serviços. Este estudo contempla a comparação de duas soluções estruturais (estrutura metálica e estrutura de betão armado), dimensionamento e implementação de redes prediais (abastecimento de água, drenagem de águas residuais e drenagem de águas pluviais) e apresentação de soluções construtivas de modo a cumprir todos os parâmetros regulamentares relativos ao condicionamento acústico.

Para além de todos os conhecimentos obtidos associados à realização de projetos de Engenharia Civil, esta experiência possibilitou a perceção do funcionamento de uma empresa ligada ao setor, assim como a preparação para uma futura inserção no mercado de trabalho.

keywords

Engineering, traineeship, project, specialties, structures, networks, thermal, acoustics, measurements, budgeting.

abstract

In this report it's presented the traineeship accomplished over 9 months to obtain a Master's degree in Civil Engineering from the University of Aveiro.

The traineeship had been fulfilled in the enterprise FOeng-Gabinete de Engenharia Lda., located in Esgueira (Aveiro) and the main theme was the concretization of civil engineering projects.

In order to obtain skills for future work, it was necessary the acquirement of knowledge, such as the operation of computer tools, the company's work procedure and understanding of some legislation.

This knowledge allowed the realization of daily work proposed by FOeng's engineers, having collaborated in structural projects, acoustic conditioning projects and work associated with measurement and budgeting.

During the traineeship it was also analyzed solutions for a service building. This study involve the comparison of two structural solutions (steel structure and concrete structure), design and implementation of building networks (water supply, waste water drainage and rainwater drainage) and the presentation of constructive solutions to satisfy all law's parameters for the acoustic conditioning.

Apart from all the obtained knowledge associated with conducting civil engineering projects, this experience allowed the perception of the functioning of an enterprise connected to the sector, as well the preparation for future integration into the labor market.

ÍNDICE GERAL

1.	Introdução.....	1
1.1.	Contextualização	1
1.2.	Motivação	1
1.3.	Objetivos.....	2
1.4.	Estrutura do Relatório de Estágio.....	2
1.5.	Apresentação da Empresa.....	3
2.	Trabalhos Introdutórios	5
2.1.	Análise de Processos	5
2.2.	Aprendizagem de Ferramentas Informáticas.....	6
2.2.1.	Estruturas de Betão Armado.....	6
2.2.2.	Estruturas Metálicas	7
2.2.3.	Infraestruturas de Edifícios.....	9
2.2.4.	Condicionamento Acústico.....	11
3.	Acompanhamento de Trabalhos na Empresa	13
3.1.	Estrutura Metálica.....	13
3.1.1.	Cobertura de Zona de Resíduos.....	13
3.1.1.1.	Ações	13
3.1.1.2.	Modelação em Novo Metal 3D	14
3.1.1.3.	Dimensionamento.....	15
3.1.1.4.	Pormenorização	16
3.1.1.5.	Solução de Melhoria.....	16
3.1.2.	Edifício Industrial	17
3.2.	Estrutura de Madeira	19
3.3.	Muros de Suporte de Terras	20
3.4.	Projeto de Condicionamento Acústico	21
3.4.1.	Medições do Compartmento.....	23
3.4.2.	Resultados.....	23
3.5.	Medição e Orçamentação	23
3.5.1.	Armazéns Industriais	23
3.5.2.	Edifício Multifamiliar.....	25
3.5.3.	Moradias Unifamiliares	26
3.6.	Trabalhos Vários	27
4.	Desenvolvimento de Projeto.....	29
4.1.	Projeto Estrutural.....	31
4.1.1.	Estrutura de Betão Armado	31
4.1.1.1.	Bases de Cálculo e Regulamentação	31
4.1.1.2.	Materiais	32
4.1.1.3.	Ações Permanentes.....	33
4.1.1.4.	Ações Variáveis.....	34
4.1.1.5.	Pré-dimensionamento	37
4.1.1.6.	Modelo Estrutural	37
4.1.1.7.	Plantas Estruturais, Pormenorização e Quadro de Pilares.....	39
4.1.1.8.	Descrição das Soluções	42
4.1.1.9.	Quantidades	43

4.1.2.	Estrutura Metálica	44
4.1.2.1.	Bases de Cálculo e Regulamentação	44
4.1.2.2.	Materiais	45
4.1.2.3.	Ações Permanentes	45
4.1.2.4.	Ações Variáveis.....	45
4.1.2.5.	Ação do Fogo	46
4.1.2.6.	Pré-dimensionamento.....	47
4.1.2.7.	Modelo Estrutural.....	47
4.1.2.8.	Plantas Estruturais e Quadro de Pilares.....	48
4.1.2.9.	Descrição da Solução	50
4.1.2.10.	Quantidades	53
4.1.3.	Discussão de Soluções	53
4.2.	Projeto de Redes.....	55
4.2.1.	Rede de Abastecimento de Águas Prediais	55
4.2.1.1.	Descrição da Solução	55
4.2.1.2.	Bases de Cálculo	57
4.2.1.3.	Condições Técnicas Especiais.....	58
4.2.1.4.	Diâmetros da Rede	59
4.2.1.5.	Traçado da Rede.....	60
4.2.1.6.	Quantidades	63
4.2.1.7.	Considerações.....	63
4.2.2.	Rede de Drenagem de Águas Residuais.....	64
4.2.2.1.	Descrição da Solução	64
4.2.2.2.	Bases de Cálculo	65
4.2.2.3.	Condições Técnicas Especiais.....	66
4.2.2.4.	Diâmetros da Rede	67
4.2.2.5.	Válvulas de Admissão de Ar.....	68
4.2.2.6.	Traçado da Rede.....	68
4.2.2.7.	Quantidades	71
4.2.2.8.	Considerações.....	71
4.2.3.	Rede de Drenagem de Águas Pluviais	71
4.2.3.1.	Descrição e Condições Técnicas da Solução	72
4.2.3.2.	Bases de Cálculo	73
4.2.3.3.	Traçado da Rede.....	75
4.2.3.4.	Quantidades	76
4.2.3.5.	Considerações.....	77
4.3.	Estudo do Comportamento Térmico	78
4.3.1.	Regulamentação e Bases de Cálculo.....	78
4.4.	Projeto de Condicionamento Acústico.....	79
4.4.1.	Regulamentação e Bases de Cálculo.....	80
4.4.2.	Envolventes e Parâmetros dos Compartimentos	81
4.4.3.	Medições	83
4.4.4.	Soluções e Condições Técnicas.....	84
4.4.4.1.	Paredes Exteriores	84
4.4.4.2.	Paredes Interiores	85
4.4.4.3.	Pavimentos	85
4.4.4.4.	Cobertura.....	86
4.4.4.5.	Coeficientes de Absorção Sonora	86

4.4.5.	Resultados Obtidos	87
4.4.6.	Esquematização das Soluções	89
4.4.7.	Considerações	90
5.	Conclusão	93
	Referências Bibliográficas.....	95
	Anexos	99
	Anexo I – Isometria da Rede de Drenagem de Águas Pluviais.....	101

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1.	Horário estabelecido para o 1º semestre do ano letivo de 2015/2016	1
Tabela 2.	Horário estabelecido para o 2º semestre do ano letivo de 2015/2016	1
Tabela 3.	Medições do compartimento escritório.....	23
Tabela 4.	Mapa de quantidades com parte dos elementos medidos	24
Tabela 5.	Recobrimentos dos diferentes elementos estruturais	32
Tabela 6.	Peso volúmico considerado para cada material	33
Tabela 7.	Carregamentos considerados no dimensionamento	33
Tabela 8.	Valores admitidos para os coeficientes ψ	34
Tabela 9.	Sobrecargas consideradas no dimensionamento	34
Tabela 10.	Quantidades associadas à estrutura de betão armado	44
Tabela 11.	Características do perfil adotado para a laje mista	50
Tabela 12.	Quantidades contabilizadas para a estrutura metálica	53
Tabela 13.	Unidades de carga a considerar para cada dispositivo	57
Tabela 14.	Diâmetros da tubagem PP-R (PN20) da gama Coprax S2,5.	59
Tabela 15.	Diâmetros dos diversos troços da coluna montante.....	60
Tabela 16.	Diâmetros adotados para os ramais associado a cada dispositivo	60
Tabela 17.	Quantidades de tubagem associadas à solução proposta.....	63
Tabela 18.	Unidades de descarga para os aparelhos sanitários presentes no edifício ...	66
Tabela 19.	Diâmetros da tubagem PVC-U da Fersil	67
Tabela 20.	Diâmetros adotados para os ramais associado a cada dispositivo	67
Tabela 21.	Diâmetros dos diversos troços do tubo de queda	68
Tabela 22.	Quantidades associadas à solução proposta.....	71
Tabela 23.	Diâmetros dos Tubos Geberit PEAD.....	73
Tabela 24.	Quantidades de tubagem associadas à solução proposta.....	77
Tabela 25.	Custos associados relativamente á solução proposta.....	77
Tabela 26.	Consumos de energia a considerar no IEE _s e no IEE _T (Adaptado da Portaria nº17-A/2016)	79
Tabela 27.	Medições para cada compartimento identificado (m ²).....	83
Tabela 28.	Medições das envolventes a verificar (m ²).....	84
Tabela 29.	Características dos elementos considerados para as paredes exteriores.....	85
Tabela 30.	Características dos elementos considerados para o pavimento	86
Tabela 31.	Características dos elementos considerados para a cobertura	86
Tabela 32.	Coefficiente de absorção sonora dos diferentes revestimentos	87
Tabela 33.	Área de absorção sonora equivalente para mobiliário, em m ²	87
Tabela 34.	Tempo de reverberação para cada compartimento e cada solução (s)	88
Tabela 35.	Índice de isolamento sonoro para os elementos representados (dB).....	88
Tabela 36.	Valores obtidos na verificação do isolamento sonoro (sons aéreos) (dB)...	88
Tabela 37.	Valores obtidos na verificação do isolamento sonoro (percussão) (dB)	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Logotipo da empresa FOeng-Gabinete de Engenharia, Lda.....	3
Figura 2.	Organograma da FOeng	4
Figura 3.	Obras com participação da FOeng: a) Parque D. Luís ⁽¹⁾ ; b) Loja Decathlon ⁽²⁾ ; c) Pavilhão Via Sacra ⁽²⁾ ; d) Unidade de receção e preparação de bacalhau ⁽²⁾	4
Figura 4.	Estrutura inserida no programa Cypecad	7
Figura 5.	Geometria do pórtico definido no Gerador de Pórticos (Cype).....	8
Figura 6.	Estrutura inserida no programa Novo Metal3D.....	8
Figura 7.	Rede de abastecimento de águas de um dos apartamentos do edifício.....	9
Figura 8.	Rede de drenagem de águas residuais de um dos apartamentos do edifício	10
Figura 9.	Pavimento que divide as habitações da zona de comércio	12
Figura 10.	Pórtico da cobertura modelada	14
Figura 11.	Vista 3D da estrutura modelada (Novo Metal 3D).....	15
Figura 12.	Pormenorização da vista lateral da estrutura	16
Figura 13.	Pormenorização da vista lateral da estrutura (solução melhorada)	17
Figura 14.	Pormenorização das escadas de acesso a uma das plataformas.....	18
Figura 15.	Pormenorização das ligações de uma estrutura metálica.....	18
Figura 16.	Pormenor da parede estrutural em madeira	19
Figura 17.	Alçado Norte da estrutura em madeira	19
Figura 18.	Geometria final de um dos muros de suporte de terras	20
Figura 19.	Representação das envolventes no compartimento escritório	22
Figura 20.	Esquemática da parede exterior (Cypevac III).....	22
Figura 21.	Planta arquitetónica do rés-do-chão	24
Figura 22.	Perspetiva de um dos pavilhões modelados (Novo Metal 3D).....	25
Figura 23.	Mapa de quantidades de um dos pavilhões modelados	25
Figura 24.	Representação de alguns vãos da moradia	26
Figura 25.	Perspetiva exterior do edifício de serviços	29
Figura 26.	Planta do 1º e 7º piso	30
Figura 27.	Planta do 2º, 3º, 4º, 5º e 6º piso.....	30
Figura 28.	Média mensal da velocidade do vento (m/s) nas cidades referidas.....	35
Figura 29.	Estrutura final (Cypecad).....	38
Figura 30.	Representação dos momentos na laje de cobertura (M ₁₁)	39
Figura 31.	Representação dos momentos na laje de cobertura (M ₂₂)	39
Figura 32.	Plantas estruturais: a) Cobertura; b) 6º piso	40
Figura 33.	Quadro de pilares da estrutura proposta	41
Figura 34.	Pormenor dos vãos de escadas dos diferentes pisos	41
Figura 35.	Perspetiva da estrutura metálica definida no Cypecad	48
Figura 36.	Plantas estruturais: a) cobertura; b) 6º piso	49
Figura 37.	Quadro de Pilares da estrutura proposta	50
Figura 38.	Dimensões do perfil adotado para a laje mista (ArcelorMittal (2013)).....	51
Figura 39.	Disposição da armadura resistente a momentos negativos (ArcelorMittal (2013))	51
Figura 40.	Esquemática da solução proposta (Afonso, A. (2015))	56
Figura 41.	Caudal de cálculo em função do caudal total para instalações correntes	57
Figura 42.	Planta da rede de abastecimento do 1º piso.....	61

Figura 43.	Planta da rede de abastecimento do 2º, 3º, 4º, 5º, 6º e 7º piso.....	61
Figura 44.	Isometria da rede de abastecimento do 1º piso.....	62
Figura 45.	Isometria da rede de abastecimento do 2º, 3º, 4º, 5º, 6º e 7º piso.....	62
Figura 46.	Planta da rede de drenagem do 1º piso.....	69
Figura 47.	Planta da rede de drenagem do 2º piso.....	69
Figura 48.	Planta da rede de drenagem do 3º, 4º, 5º, 6º e 7º piso.....	70
Figura 49.	Corte AB com representação da rede de drenagem do 1º e 2º piso.....	70
Figura 50.	Ralo sifónico GEBERIT.....	72
Figura 51.	Médias mensais de precipitação (mm) entre os anos de 1952 e 1996.....	74
Figura 52.	Planta da rede de drenagem de águas pluviais da cobertura.....	75
Figura 53.	Planta da rede de drenagem de águas pluviais do 7º piso.....	75
Figura 54.	Isometria da rede de drenagem de águas pluviais proposta.....	76
Figura 55.	Envolventes com requisitos acústicos do edifício.....	82
Figura 56.	Solução de compartimentação estudada para o 2º,3º,4,5º e 6º piso.....	83
Figura 57.	Solução de compartimentação estudada para o 7º piso.....	83
Figura 58.	Esquematização das soluções propostas.....	90
Figura 59.	Desenho das perfurações do referido painel.....	91

1. INTRODUÇÃO

No presente capítulo realiza-se uma breve introdução ao documento e ao estágio realizado bem como uma apresentação da empresa.

1.1.Contextualização

O presente documento tem como finalidade a apresentação do estágio curricular incorporado no plano curricular do Mestrado Integrado em Engenharia Civil, realizado no ano letivo 2015/2016.

O estágio curricular apresentado teve uma duração compreendida entre os meses de Outubro de 2015 e Junho de 2016, tendo como tema principal a elaboração de Projetos de Engenharia Civil.

O horário do estágio foi definido de acordo com o horário de funcionamento da empresa e de acordo com o regulamento de estágio do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, que estabelece o mínimo de 20 horas semanais, sendo este condicionado pela carga horária de unidades curriculares. Nas Tabelas 1 e 2 encontram-se descritos os horários de estágios cumpridos ao longo do ano letivo, totalizando 24 horas semanais.

Tabela 1. Horário estabelecido para o 1º semestre do ano letivo de 2015/2016

	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira
9:00 – 13:00					
14:00 – 18:00					

Tabela 2. Horário estabelecido para o 2º semestre do ano letivo de 2015/2016

	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira
9:00 – 13:00					
14:00 – 18:00					

1.2.Motivação

A escolha da realização de um estágio curricular transmite a vontade de colocar em prática os conhecimentos e competências adquiridos ao longo do curso de Engenharia Civil.

Considera-se que os conceitos abordados no contexto académico são essenciais para a execução de qualquer tarefa no âmbito da Engenharia Civil. Contudo, os conceitos associados à construção são vastos, e muitos destes só são adquiridos e aperfeiçoados com experiência profissional. Assim sendo, a escolha da realização de um estágio curricular é uma oportunidade para a aquisição e aperfeiçoamento de conhecimentos relacionados com a atividade, podendo ser uma vantagem para a futura inserção no mercado de trabalho.

1.3. Objetivos

A realização do estágio curricular tem como objetivo o acompanhamento detalhado de assuntos abordados numa empresa de Projeto de Engenharia Civil. Com a realização do estágio curricular pretende-se aumentar os conhecimentos relacionados com a área de Engenharia Civil, bem como adquirir todas as competências necessárias de modo a que seja possível a realização de todas as especialidades de um projeto autonomamente.

Para além do acompanhamento de alguns trabalhos em curso na empresa, realizou-se um estudo de soluções para um projeto de um edifício de serviços, abordando diversas especialidades.

A realização de todas as atividades exige a aprendizagem de novas ferramentas informáticas e de novos conteúdos, assim como o conhecimento da legislação adequada aos projetos em curso.

1.4. Estrutura do Relatório de Estágio

O presente relatório encontra-se organizado em 5 capítulos, que se distinguem pelos diversos conteúdos que abordam. No primeiro capítulo realiza-se uma breve introdução ao documento e ao estágio efetuado, bem como uma apresentação da empresa. No capítulo 2 apresenta-se os trabalhos realizados para adaptação e para conhecimento de ferramentas informáticas, de modo a possibilitar a concretização de trabalhos futuros. No capítulo 3 apresenta-se os trabalhos realizados na empresa ao longo do estágio curricular, nomeadamente projetos estruturais, projetos de condicionamento acústico e ainda trabalhos relacionados com medições e orçamentação. No quarto capítulo descreve-se e justifica-se as especialidades associadas projeto abordado, sendo este um estudo de soluções para um

edifício de serviços. No último capítulo são apresentadas as conclusões relativas a todas as atividades realizadas bem como ao estágio curricular apresentado.

1.5. Apresentação da Empresa

FOeng - Gabinete de Engenharia, Lda, doravante designada por FOeng, é uma empresa de “Engenharia e Consultoria” situada na cidade de Aveiro. Na Figura 1, encontra-se representado o logotipo da FOeng.



Figura 1. Logotipo da empresa FOeng-Gabinete de Engenharia, Lda.

Fundada em 2007, a FOeng foi criada com o objetivo inicial de se dedicar à elaboração de projetos de Engenharia Civil e Arquitetura, tendo como lema principal a inovação, otimização e competência, proporcionando um serviço de distinção e a consequente satisfação do cliente.

O crescimento de sectores inerentes à construção civil foi sendo acompanhado pela empresa, permitindo assim a sua participação num vasto campo de atividades com colaboradores dotados de conhecimentos técnicos essenciais à execução das suas funções.

Em 2010, a FOeng apostou na sua expansão nos mercados internacionais, estando presente em países como Angola, Moçambique, Brasil, Noruega, Guiné e Qatar.

Pretendendo garantir um serviço de qualidade aos seus clientes, a FOeng implementou o Sistema de Gestão de Qualidade (a nível da ISO9001), ambicionando a total satisfação do cliente e uma consequente fidelização.

A funcionalidade da empresa FOeng resulta de uma cooperação de todos os campos de atividade em que os sócios assumem um papel essencial, estando presente em todas as vertentes, permitindo assim uma gestão direta de todos os trabalhos que decorrem no gabinete.

Na Figura 2, apresenta-se o organograma funcional da empresa onde se realça os principais campos de atividade.

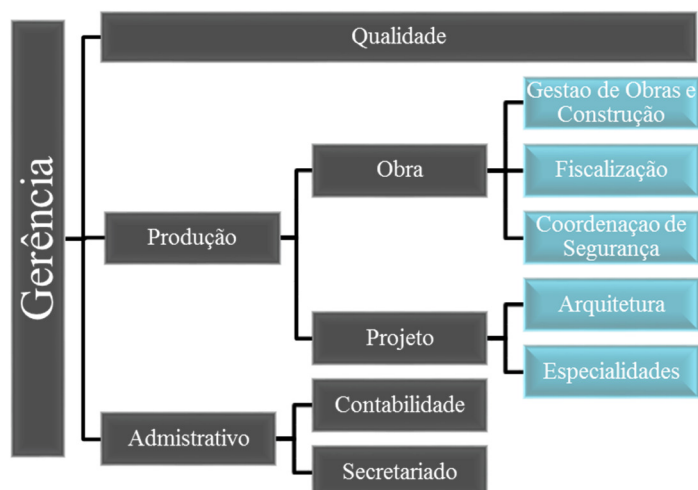


Figura 2. Organograma da FOeng

Para além destes campos de atividade, a empresa está presente noutros sectores tais como conceção, fabrico e montagem de estruturas metálicas; projeto e implementação de sistemas fotovoltaicos; consultoria e projetos de investimento e consultoria energética.

A FOeng participou em projetos de grande envergadura entre os quais o Parque D. Luís em Vila Nova de Gaia, Loja Decathlon em Aveiro, Pavilhão Gimnodesportivo Via Sacra em Viseu e a Unidade de receção e preparação de bacalhau na Noruega, visíveis na Figura 3.

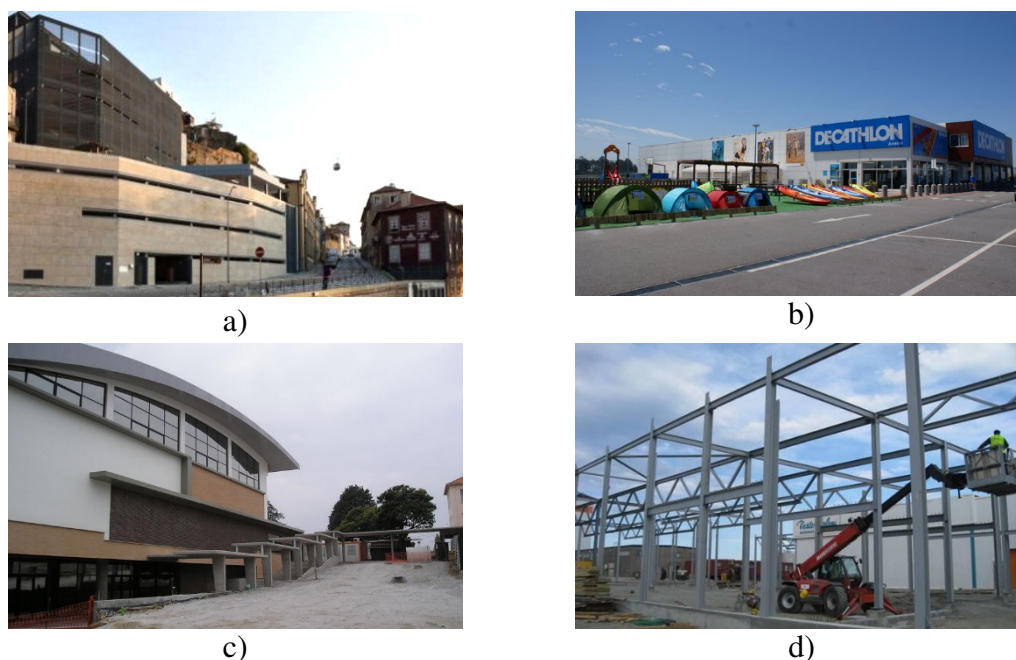


Figura 3. Obras com participação da FOeng: a) Parque D. Luís ⁽¹⁾; b) Loja Decathlon ⁽²⁾; c) Pavilhão Via Sacra ⁽²⁾; d) Unidade de receção e preparação de bacalhau ⁽²⁾.

Referências: ⁽¹⁾ <https://turismonodouro.comportugal.com/>; ⁽²⁾ <http://www.fo-engenheiros.com/>

2. TRABALHOS INTRODUTÓRIOS

O presente capítulo visa a apresentação e descrição de todos os trabalhos realizados na empresa FOeng, com o intuito de adaptação e aquisição de competências informáticas necessárias para a realização de trabalhos na empresa.

2.1. Análise de Processos

Para a contextualização de trabalhos realizados na fase de projeto, foram analisados dois projetos existentes na empresa de obras já executadas. Esta tarefa permitiu compreender algumas fases de um projeto, as diferentes especialidades e os diferentes elementos necessários a cada uma.

Como fases de projeto, segundo a Portaria 701-H/2008, salientam-se o programa base, o estudo prévio, o anteprojecto, o projeto de execução e assistência técnica.

O programa base corresponde ao documento apresentado ao Dono de Obra, realizado a partir de informações preliminares da obra, onde se encontram representadas as soluções propostas pelo Projetista.

Após a aprovação pelo Dono de Obra das soluções que mais se adequam à conceção geral da obra, estas são desenvolvidas pelo Projetista, constituindo o documento designado de estudo prévio.

Posteriormente é realizado o programa base, onde é desenvolvida a solução do estudo prévio aprovada pelo Dono de Obra, sendo realizadas peças escritas e desenhadas, permitindo o esclarecimento de toda a informação relevante ao dimensionamento da obra e à sua execução.

A partir do estudo prévio ou programa base é desenvolvido o documento designado de projeto de execução, sendo este constituído por todos os elementos necessários à realização da obra.

Por fim, compete ao Projetista “*garantir a assistência técnica necessária*” assegurando “*a correcta execução da obra, a conformidade da obra com o projecto e com o caderno de encargos e o cumprimento das normas legais e regulamentares aplicáveis*”. (Portaria 701-H/2008).

Nos referidos documentos distinguem-se diferentes elementos como as peças escritas (termos de responsabilidade, memórias descritivas e justificativas, fichas, declarações de dispensa), peças desenhadas (plantas, cortes, pormenorizações), cálculos, mapas de quantidades, orçamentos, condições técnicas do caderno de encargos, entre outros.

2.2. Aprendizagem de Ferramentas Informáticas

Para o acompanhamento de atividades na empresa, assim como para a elaboração do projeto previsto para o edifício de serviços, foi necessária a aprendizagem de ferramentas informáticas que auxiliaram a execução das tarefas propostas. É de realçar que em todos os exemplos realizados existiu apoio dos colaboradores da FOeng, auxiliando sempre que necessário.

2.2.1. Estruturas de Betão Armado

No dimensionamento de estruturas de betão armado, uma das ferramentas possíveis de recorrer é o Cypecad do programa Cype.

Para aprendizagem desta ferramenta realizou-se um exemplo prático de um edifício em betão armado, dividindo-se esta tarefa em duas etapas distintas: a introdução de dados e a análise de resultados proveniente do cálculo do programa.

Na introdução de dados é essencial definir os regulamentos, os materiais, as ações e importar as plantas arquitetónicas do edifício através de ficheiros DXF ou DWG.

Nesta estrutura foram inseridos vários elementos estruturais, sendo estes fundações (sapatas e lintéis), muros de suporte, pilares, vigas e lajes. A componente estrutural lajes foi definida diversificadamente sendo abordadas as lajes maciças (horizontais e inclinadas), lajes fungiformes, lajes alveoladas e lajes de vigotas pré esforçadas.

Embora a estrutura seja maioritariamente constituída por betão armado, também foram inseridos alguns elementos metálicos, nomeadamente tirantes de contraventamento.

Na Figura 4 encontra-se uma perspetiva da estrutura modelo em betão armado visualizada em 3D.

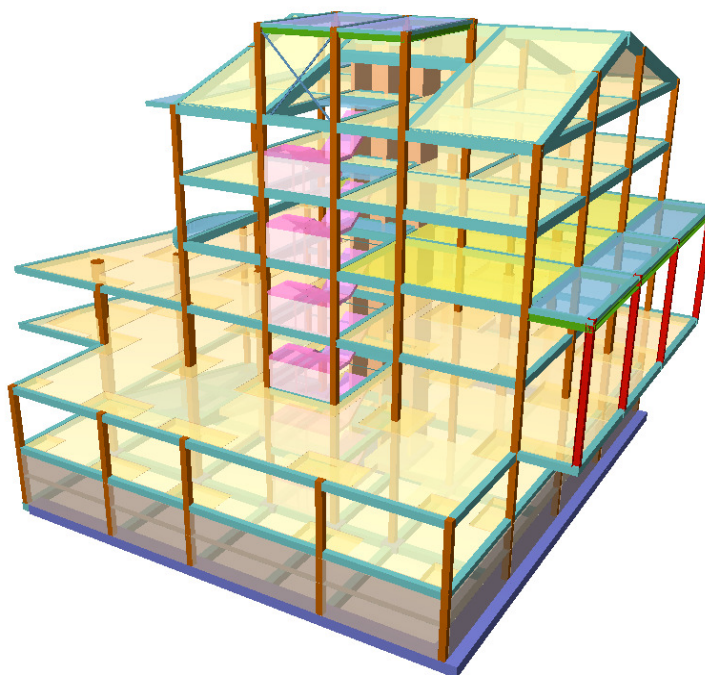


Figura 4. Estrutura inserida no programa Cypecad

Ao recorrer a um *software* de dimensionamento de estruturas é fundamental analisar todos os resultados, podendo assim corrigir possíveis erros existentes. Neste trabalho foram analisados os diagramas de esforços, deformadas, armaduras e a sua percentagem relativamente à secção.

Apesar do dimensionamento de lajes de vigotas pré-esforçadas ter sido realizado através desta ferramenta, é de realçar que em futuros dimensionamentos devem ser utilizados programas de cálculo disponibilizados por fornecedores, obtendo-se assim soluções disponíveis no mercado.

Uma das alternativas à ferramenta Cypecad é o programa SAP2000, uma vez que este permite de igual modo a análise de estruturas de betão armado. Relativamente a este programa, já foram adquiridas competências necessárias para a sua utilização numa unidade curricular do curso de Engenharia Civil.

2.2.2. Estruturas Metálicas

Para o dimensionamento de estruturas metálicas, o programa Cype possui a ferramenta Novo Metal 3D, em que a abordagem é semelhante à do Cypecad.

Com o objetivo da aprendizagem desta ferramenta, realizou-se um exemplo prático de um pavilhão industrial em estrutura metálica.

Na introdução de dados recorreu-se à ferramenta Gerador de Pórticos para definir a geometria dos pórticos simplificada (Figura 5), sendo todos os dados posteriormente exportados para o Novo Metal 3D.

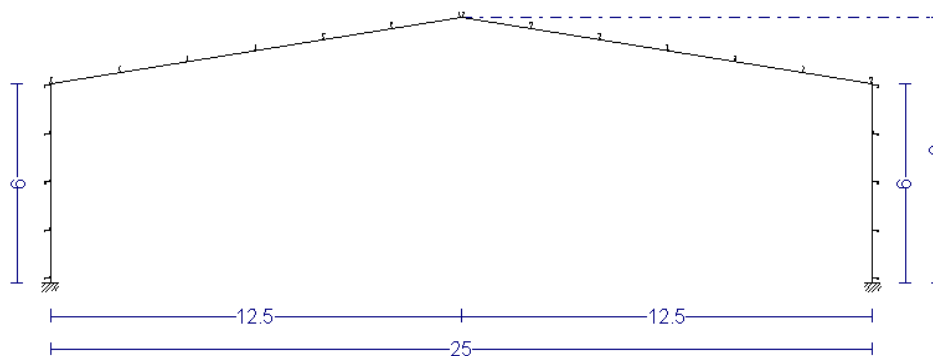


Figura 5. Geometria do pórtico definido no Gerador de Pórticos (Cype)

Após exportar o pórtico, é necessário definir as normas, ações, classe dos materiais, fundações e os restantes elementos metálicos para um posterior cálculo estrutural.

No dimensionamento de uma estrutura metálica destacam-se três etapas: o dimensionamento dos perfis metálicos, o dimensionamento das ligações e o dimensionamento das fundações. Para todas as situações é fundamental uma análise crítica a todos os resultados, de modo a corrigir possíveis erros que tenham sido cometidos.

Na Figura 6 apresenta-se a estrutura final após todas as correções efetuadas.

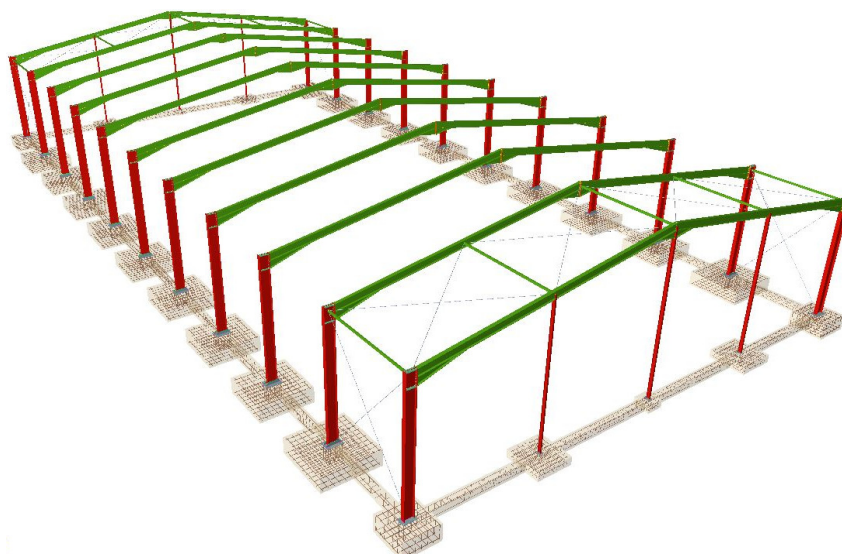


Figura 6. Estrutura inserida no programa Novo Metal3D

2.2.3. Infraestruturas de Edifícios

No dimensionamento de redes prediais é utilizada a ferramenta Infraestruturas de Edifícios do programa Cype, que permite a abordagem das seguintes redes: abastecimento de águas prediais, drenagem de águas residuais e drenagem de águas pluviais.

Para aprendizagem desta ferramenta foi realizado um exemplo prático de um edifício multifamiliar.

A abordagem desta ferramenta é semelhante às restantes já referidas do programa Cype, sendo primeiramente tratada a introdução de dados e posteriormente a análise de resultados. Na introdução de dados da rede de abastecimento é necessário definir alguns parâmetros essenciais para o cálculo, nomeadamente os valores regulamentares (velocidade e pressão), o tipo de tubagem (rígida ou flexível), o material da tubagem, os elementos de perda de carga (válvulas, contadores, etc.) e todos os dispositivos pertencentes a esta rede.

Após a realização do cálculo da rede, torna-se possível analisar todos os valores associados a cada troço, tais como diâmetro, caudal, velocidade, pressão e perdas de carga.

Na Figura 7 encontra-se representada a rede de abastecimento de um apartamento do edifício do exemplo prático realizado.

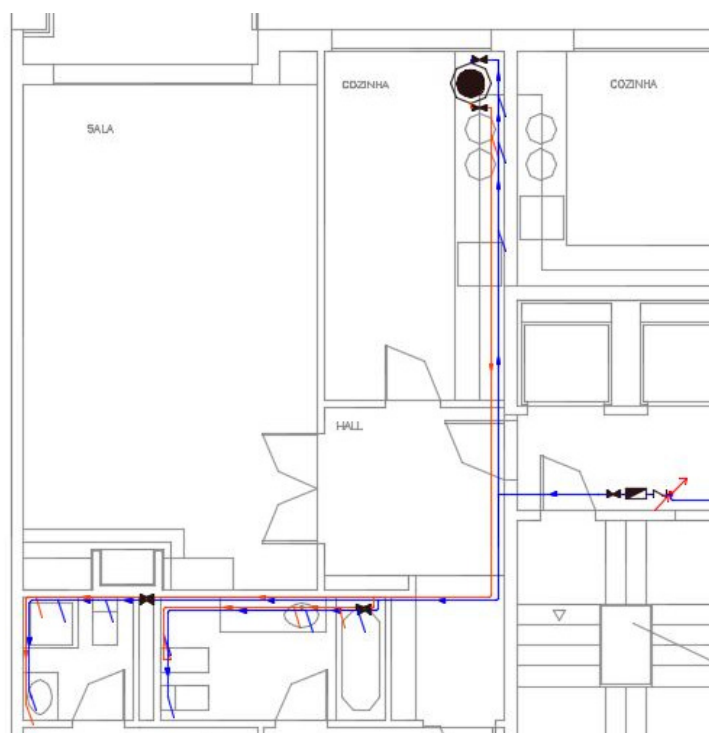


Figura 7. Rede de abastecimento de águas de um dos apartamentos do edifício

Referente ao dimensionamento da rede de drenagem de águas residuais do exemplo prático, destaca-se a existência de diferentes elementos, nomeadamente os ramais, coletores e tubos de queda. Para todos estes elementos é fundamental estipular um conjunto de fatores essenciais ao seu dimensionamento, sendo estes o tipo de material da tubagem, o tipo de cálculo (meia secção ou secção cheia), a percentagem de inclinação e o tipo de ventilação adotada (primária ou secundária).

Para além dos parâmetros referidos, também foram definidas as bocas de limpeza, as caixas de visita e todos os dispositivos associados à rede.

Após ser efetuado o cálculo, dependendo do tipo de tubagem (tubos de queda, ramais ou coletores), é possível verificar todos os valores associados ao dimensionamento, tais como diâmetros, caudais, velocidades, alturas da lâmina e tensões de arrastamento.

Na Figura 8 é visível parte da rede de drenagem de águas residuais deste mesmo edifício.

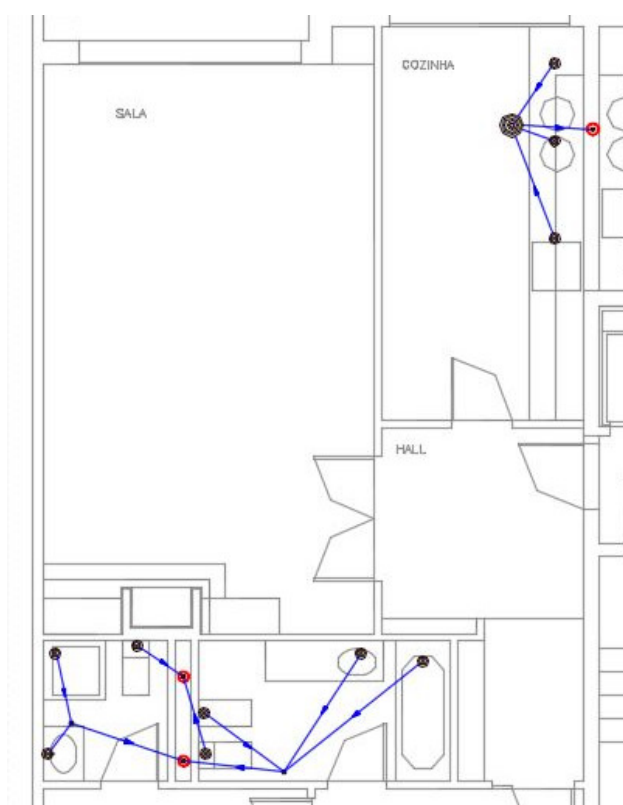


Figura 8. Rede de drenagem de águas residuais de um dos apartamentos do edifício

No dimensionamento da rede de drenagem de águas pluviais deste mesmo exemplo, após terem sido introduzidas as plantas arquitetónicas do edifício, torna-se fundamental definir toda a área da cobertura que se pretende escoar para a respetiva rede.

Na introdução de dados necessários para o cálculo, dos diferentes elementos da rede (tubos de queda, ramais, coletores e caleiras), é essencial definir parâmetros tais como o tipo de material, a inclinação da tubagem e a percentagem da secção para que se pretende dimensionar.

É de realçar que para todas as redes é necessário efetuar uma análise crítica de todos os valores provenientes do dimensionamento, podendo ser corrigidos eventuais erros existentes. Caso contrário, poderão existir lacunas no funcionamento das mesma podendo ocorrer ruídos e eventualmente entupimentos.

Para consolidação de conhecimentos, foi também realizado o dimensionamento das três redes prediais já referidas para uma moradia em Aveiro. É de salientar que para este edifício o projeto desta especialidade já se encontrava realizado, no entanto foi considerado adequado ser abordado para aplicação de conhecimentos adquiridos com a realização dos exemplos práticos. Nesta abordagem foi tida em conta o Regulamento Municipal dos Sistemas Prediais de Distribuição de Água e Drenagem de Águas Residuais de Aveiro (RMSPDADAR (2007)), prevalecendo à restante legislação em vigor.

É de referir que a ferramenta informática utilizada rege-se pelo Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais da Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais (RGSPDADAR (1994)). Assim sendo, para a realização de um dimensionamento segundo as Normas Europeias, esta ferramenta não será adequada.

2.2.4. Condicionamento Acústico

Cypevac III é uma ferramenta do Cype Ingenieros que permite a verificação dos índices de isolamentos sonoros, sendo esta uma das ferramentas utilizada para o estudo do comportamento acústico de edifícios.

No seguimento da aprendizagem da ferramenta, foi realizado um exemplo que visa a verificação acústica de um edifício multifamiliar com comércio no rés-do-chão.

Após a introdução das características das paredes exteriores, paredes interiores e pavimentos, o programa permite a verificação do isolamento sonoro das envolventes do compartimento com a zona exterior, entre compartimentos de diferentes apartamentos e entre compartimentos do apartamento com a zona de comércio.

Na Figura 9 encontra-se um dos elementos inseridos e posteriormente analisado.

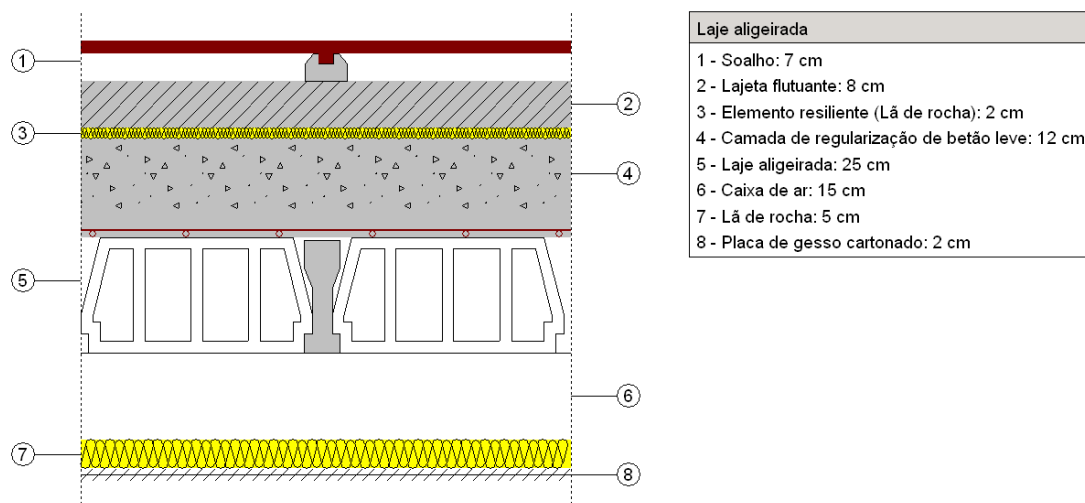


Figura 9. Pavimento que divide as habitações da zona de comércio

3. ACOMPANHAMENTO DE TRABALHOS NA EMPRESA

Este capítulo visa a apresentação de todos os trabalhos acompanhados ao longo do estágio curricular em apoio aos colaboradores da empresa FOeng.

3.1. Estrutura Metálica

3.1.1. Cobertura de Zona de Resíduos

Foi solicitado à empresa FOeng um estudo de uma cobertura em estrutura metálica para uma empresa sediada no concelho de Aveiro.

Esta cobertura tem como função o resguardo de uma zona de resíduos com área em planta de 275 m², sendo um dos principais requisitos o aproveitamento de 4 pilares em perfil HEB (já existentes no local), com 6 metros de altura.

3.1.1.1. Ações

Relativamente às ações, foram consideradas as ações permanentes e variáveis.

A ação permanente admitida toma o valor de 0,4 kN/m², que corresponde ao peso do revestimento da cobertura. É de referir que não é necessário proceder à quantificação do peso próprio da estrutura, uma vez que o programa de cálculo já o considera automaticamente.

Referente à ação variável, torna-se necessário particularizar esta ação, considerando a ação variável sobrecarga e a ação variável vento, sendo estas contabilizadas a partir do Regulamento de Segurança e Ações para Estruturas de Edifícios e Pontes (RSA (1983)). Assim, a ação de sobrecarga foi quantificada em 0,3 kN/m², valor admitido pelo regulamento para o dimensionamento de uma cobertura ordinária. Relativamente à ação variável vento, torna-se necessário quantificar a ação segundo o coeficiente de pressão. Este coeficiente é quantificado para “*Coberturas Isoladas*”, uma vez que a cobertura em questão é “*suportada por elementos que, pelas suas reduzidas dimensões, não constituem obstáculo significativo ao escoamento do ar*” e assim sendo “*a ação do vento exerce-se diretamente sobre as faces superior e inferior da cobertura*” (RSA (1983)).

De acordo com as relações apresentadas no RSA, foram consideradas quatro combinações diferentes, de modo a que o vento fique definido com uma incidência na cobertura de 0° e

180° e ainda com a resultante incidente de baixo para cima e em sentido contrário. É de notar que o RSA impõe que os coeficientes a considerar em simultâneo nas duas vertentes da cobertura devem ter a mesma direção, não prevendo assim que coeficientes de pressão tomem direções diferentes na mesma combinação.

Para a pressão dinâmica do vento, considerou-se que a cobertura pertencia à Zona B e Rugosidade do tipo II.

3.1.1.2. Modelação em Novo Metal 3D

Este estudo foi realizado na ferramenta “Novo Metal 3D” do programa Cype, modelando inicialmente dois pórticos da estrutura.

Em cooperação com um colaborador da FOeng, definiu-se a geometria dos pórticos, com vão de 25 metros, representada na Figura 10.

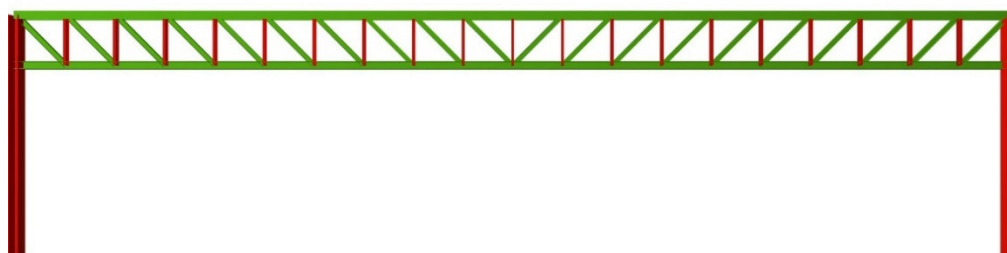


Figura 10. Pórtico da cobertura modelada

O referido pórtico é composto por uma treliça, sendo esta uma solução estrutural simples onde todo o carregamento da cobertura é transmitida para os nós, estando assim os elementos sujeitos somente a forças de tração e compressão.

Esta treliça é do tipo Pratt com a cobertura na zona inferior, sendo esta identificada pelos seus elementos diagonais descendentes em direção a meio vão.

O número de diagonais da treliça foram definidos de modo a que o ângulo entre estas com os cordões superiores e inferiores fosse sensivelmente 45°. Relativamente à altura da treliça, primeiramente foi adotada uma altura equivalente a 2 metros.

Consequentemente foram definidas as vigas de suporte à cobertura, travamento dos pilares e os travamentos laterais do cordão superior da treliça. É de referir que o perfil do cordão superior da treliça foi colocado com uma rotação de 90°, ou seja, com o eixo forte

posicionado na horizontal, evitando encurvaduras laterais quando este se encontra comprimido.

Na Figura 11 é possível visualizar a modelação final da cobertura com todos os elementos referidos.

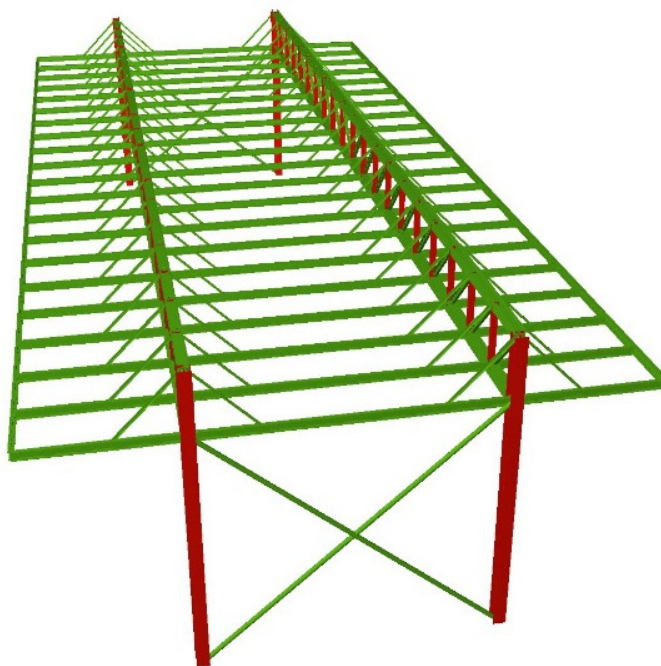


Figura 11. Vista 3D da estrutura modelada (Novo Metal 3D)

3.1.1.3. Dimensionamento

No dimensionamento desta estrutura, realizada consoante o Eurocódigo 3 (NP EN 1993 (2010)), foram escolhidos perfis do tipo IPE, HEA, HEB, L, e tubulares. Para os cordões superiores e inferiores das treliças adotou-se a utilização de HEA em vez dos perfis já utilizados HEB, uma vez que estes têm como vantagem a redução de peso próprio comparativamente a estes últimos.

Como já foi referido, estipulou-se uma altura da treliça de 2 metros. Contudo, esta altura foi diminuída progressivamente até 1,25 metros. Esta redução foi feita tendo em conta a flecha máxima admissível ($vão/200$), para o respetivo vão de 25 metros, tornando assim a estrutura mais económica.

Posteriormente realizou-se o dimensionamento das sapatas para a estrutura, considerando uma classe de betão C25/30 e uma tensão admissível do solo de 200 KPa, de modo a verificar a suficiência das dimensões das sapatas já existentes.

É de realçar que não foram dimensionadas as ligações das barras uma vez que apenas se trata de um estudo de uma solução estrutural da cobertura. Em fase mais avançada, o dimensionamento destes elementos será necessário.

3.1.1.4. Pormenorização

Possibilitando a apresentação da solução da cobertura ao cliente, foram realizados os desenhos considerados necessário através do programa Autocad. Na Figura 12 encontra-se um dos desenhos realizados.

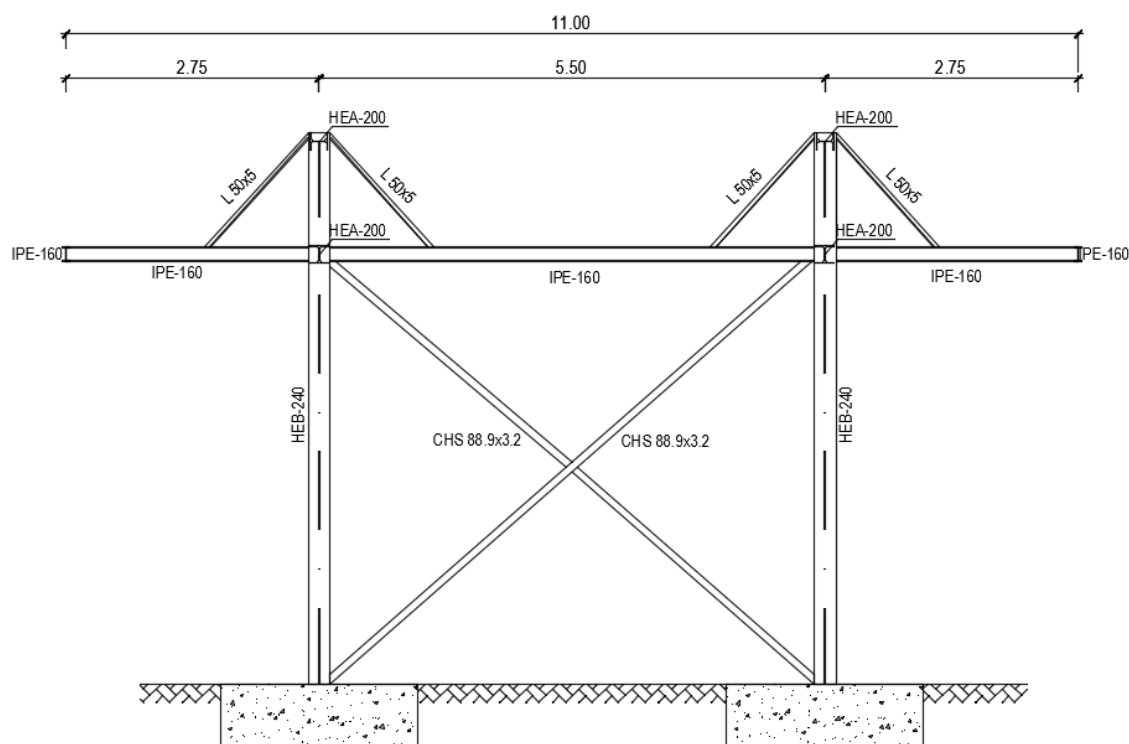


Figura 12. Pormenorização da vista lateral da estrutura

3.1.1.5. Solução de Melhoria

Após análise do cliente e do arquiteto, foi estudada uma nova solução. Esta baseava-se em baixar a treliça até obter uma altura útil de 3,5 metros e ainda remover os perfis laterais, ficando assim a própria chapa de cobertura em consola.

Para o dimensionamento da chapa entrou-se em contacto com a empresa Blocotelha que, com as indicações fornecidas, propôs uma chapa da gama BP114 com uma espessura de 1,5mm.

Após as indicações referidas, foi realizada uma reformulação no modelo de cálculo. A fim de simular a existência da chapa da cobertura foi transposto o peso próprio da mesma ($21,74 \text{ kg/m}^2$) para a treliça, bem como a sobrecarga e o vento incidente.

Por fim, foram retificados os desenhos existentes e enviados novamente ao cliente, estando um desses desenhos representado na Figura 13.

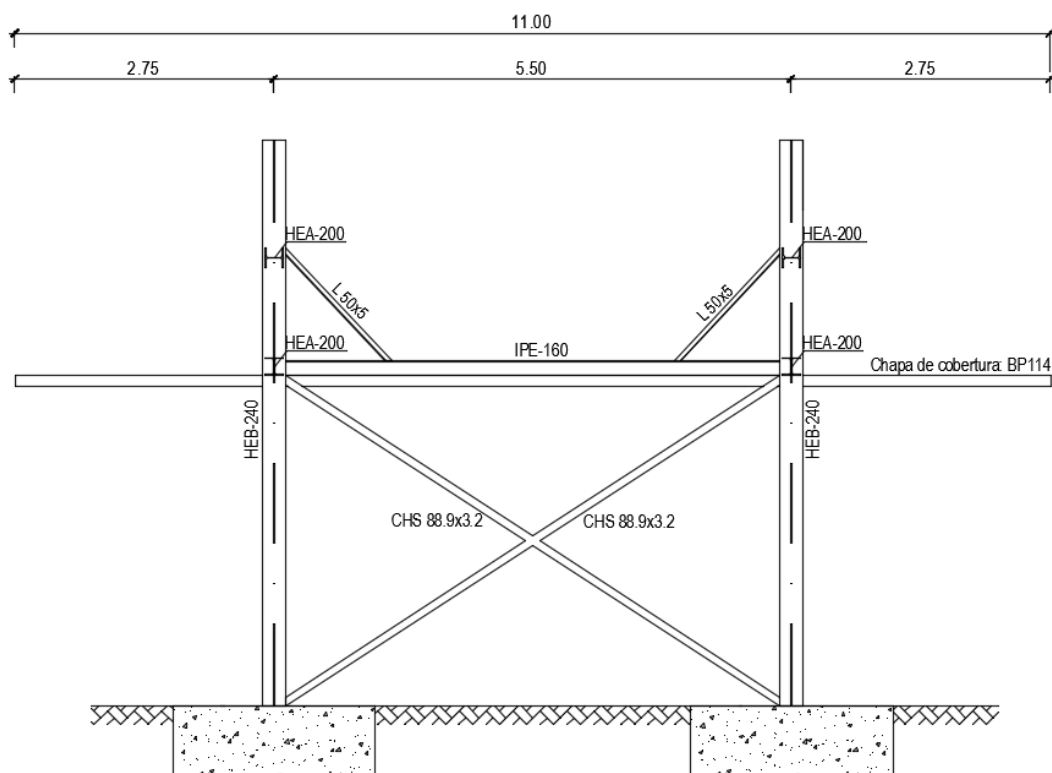


Figura 13. Pormenorização da vista lateral da estrutura (solução melhorada)

3.1.2. Edifício Industrial

Foi solicitado à FOeng um projeto estrutural de um edifício industrial em Aveiro em estrutura metálica. Este projeto baseava-se na inserção de uma plataforma de trabalho e respetivo acesso (escadas) num edifício já existente. Realizaram-se as modificações solicitadas pelo Dono de Obra nos alçados e plantas estruturais do edifício. Realizaram-se ainda pormenorizações de alguns elementos, nomeadamente dos vãos de escada implementados e respetivos patamares, estando um dos pormenores representados na Figura 14.

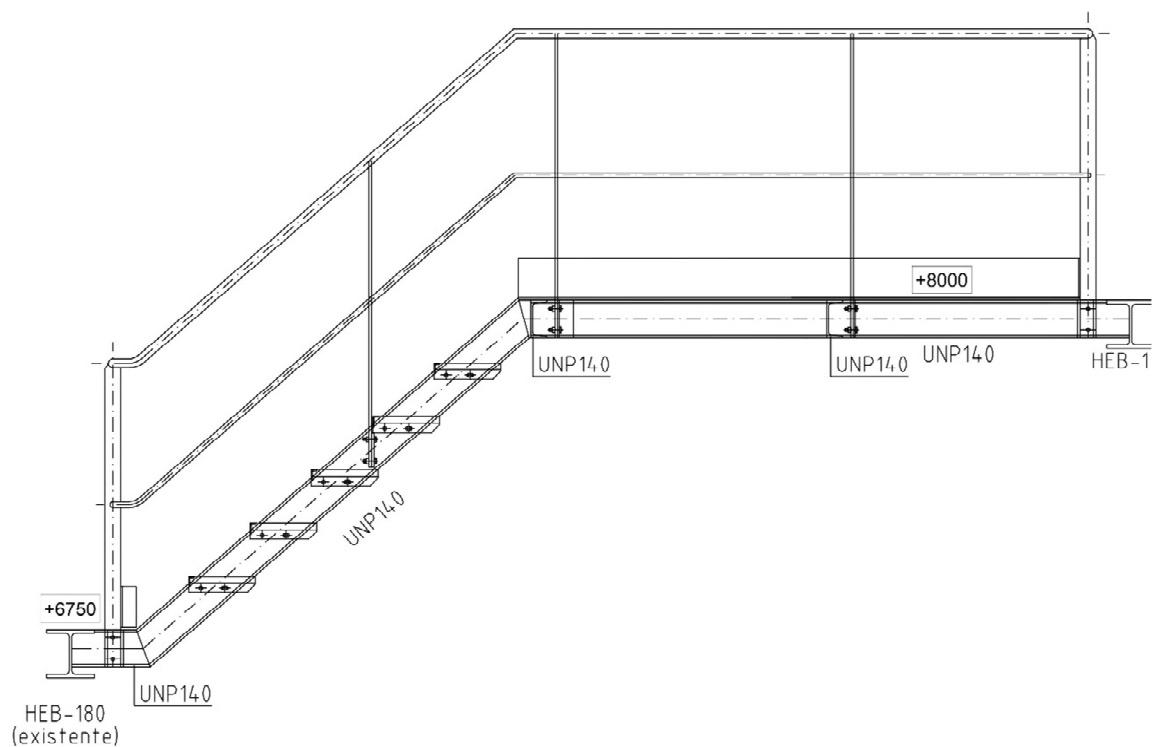


Figura 14. Pormenorização das escadas de acesso a uma das plataformas

Ainda relacionado com este projeto, foram desenhados pormenores de ligação da respetiva estrutura, estando um dos pormenores representados na Figura 15.

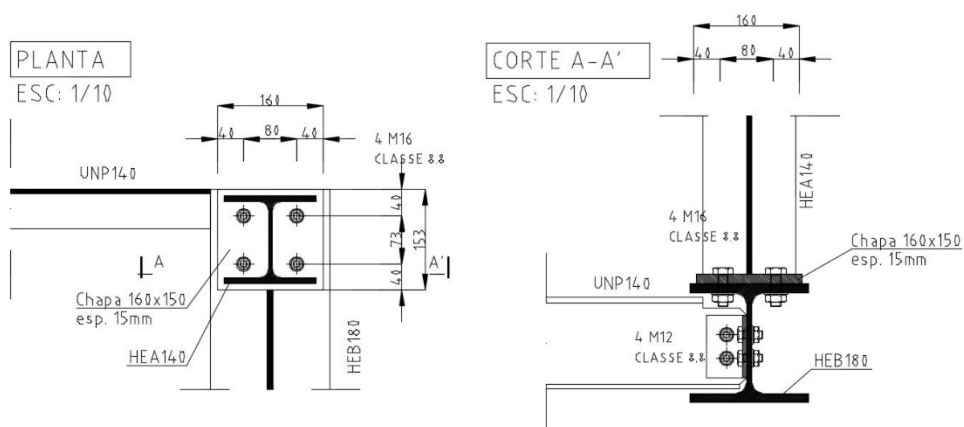


Figura 15. Pormenorização das ligações de uma estrutura metálica

Para a realização desta tarefa utilizou-se o programa AutoCad da empresa Autodesk.

3.2. Estrutura de Madeira

Outra das tarefas realizadas foi a execução das plantas estruturais das paredes de um edifício em madeira, localizado no distrito de Aveiro.

Para a realização desta tarefa foram disponibilizadas as plantas arquitetónicas da moradia, bem como o espaçamento máximo entre montantes, proveniente do cálculo estrutural realizado por um dos colaboradores da empresa FOeng, segundo o Eurocódigo 5 (NP EN 1995 (1998)). Na Figura 16, encontra-se representado o espaçamento máximo entre montantes, assim como os elementos constituintes das paredes estruturais.

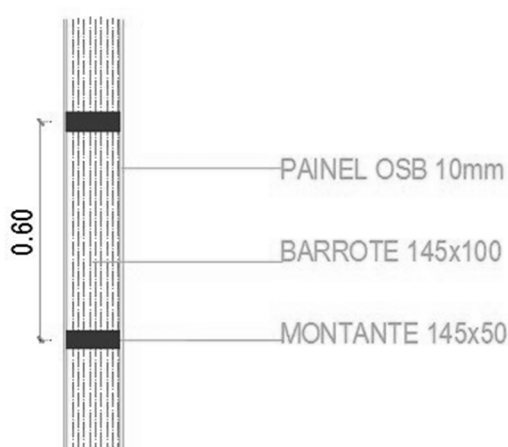


Figura 16. Pormenor da parede estrutural em madeira

Com os dados fornecidos, realizou-se a planta estrutural das paredes do rés-do-chão e do andar, tendo-se em especial atenção os vãos representados na planta arquitetónica. No sentido de clarificar as plantas estruturais representadas, realizou-se um alçado da fachada mais complexa a nível de conceção, representado na Figura 17.

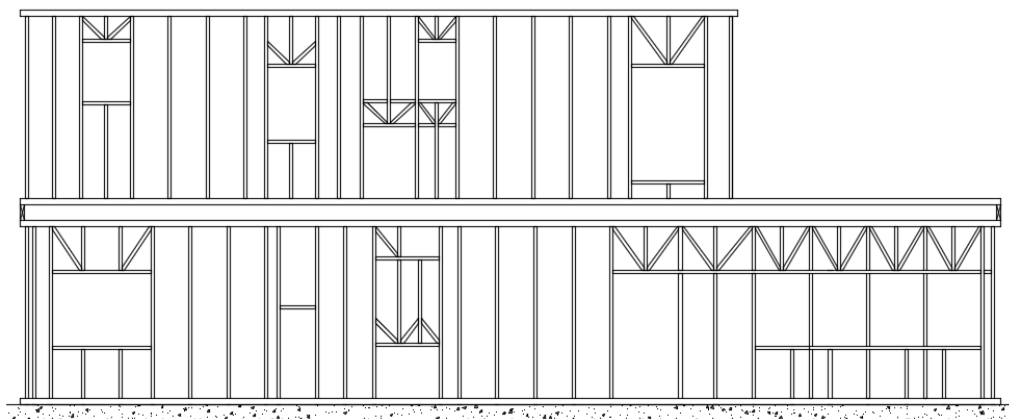


Figura 17. Alçado Norte da estrutura em madeira

Todas as diagonais representadas na figura anterior tem como finalidade reforço estrutural das aberturas, uma vez que são zonas propícias a ocorrência de concentração de tensões.

Para esta tarefa foi utilizado o programa de desenho AutoCAD.

3.3. Muros de Suporte de Terras

Foi elaborado na empresa FOeng o projeto estrutural para uma superfície comercial. Neste projeto, foi realizado o dimensionamento dos muros de suporte de terras situados na envolvente da dita superfície comercial.

Na realização desta tarefa foi necessário recorrer a uma ferramenta do programa Cype, Muros em Consola de Betão Armado. É de realçar que um colaborador da empresa demonstrou o modo de funcionamento da ferramenta, permitindo assim o manuseamento na mesma. A escolha da utilização desta componente do programa Cype teve como principal objetivo adquirir primeiramente uma noção das possíveis dimensões dos muros.

Posteriormente foi realizado um cálculo manual segundo o Eurocódigo 7 (NP EN 1997 (2010)) de modo a confrontar todos os valores resultantes do cálculo a partir da ferramenta informática referida.

Na Figura 18, encontra-se representada a geometria de um dos muros de suporte dimensionado para a dita superfície comercial.

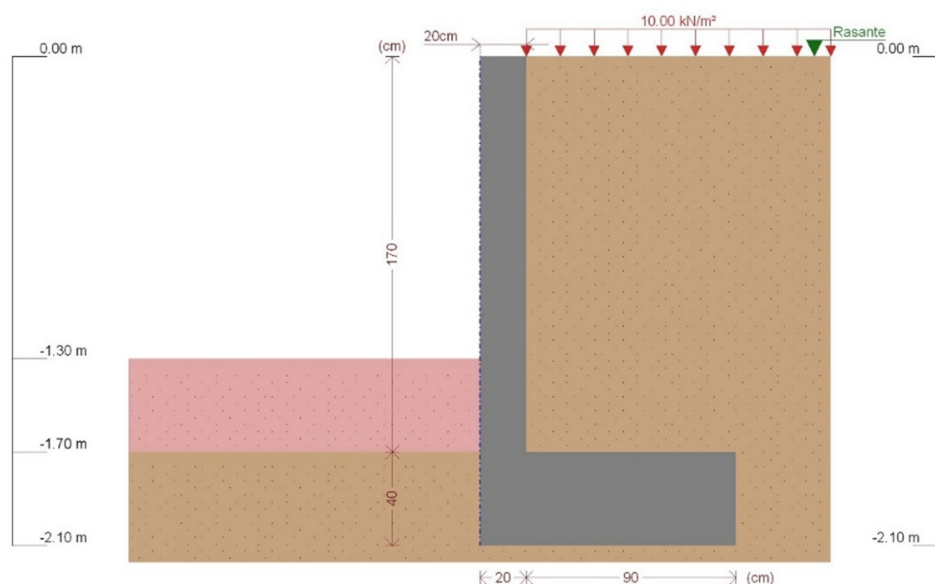


Figura 18. Geometria final de um dos muros de suporte de terras

No seguimento desta tarefa, procedeu-se à implementação dos diferentes muros na planta arquitetónica da superfície comercial.

É de realçar que o dimensionamento de armaduras dos referidos muros de suporte foi realizado em conjunto com o colaborador responsável pelo projeto através do *software* já referido.

3.4. Projeto de Condicionamento Acústico

No seguimento do licenciamento de uma moradia a construir no distrito de Aveiro, foi realizado um projeto de condicionamento acústico. Para esta especialidade foi tida por base as plantas arquitetónicas e pormenores dos elementos de compartimentação.

Uma vez que se trata de uma moradia, isolada e de piso único, os únicos requisitos a verificar são o índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea entre o exterior do edifício (emissor) e o interior do edifício (recetor), nomeadamente nos quartos e zonas de estar do edifício. Para a moradia em questão foram considerados compartimentos para análise 3 quartos, 1 escritório e 1 sala de estar.

De acordo com o Regulamento Geral do Ruído (RGR (2007)) a moradia encontra-se situada numa zona mista, visto que o edifício não se enquadra numa zona sensível. Assim sendo, o já referido índice de isolamento tem que ser necessariamente igual ou superior a 33 dB para qualquer fachada a verificar, segundo o Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE (2008)).

As fachadas em análise dos referidos compartimentos possuem diversas soluções construtivas em alvenaria de tijolo furado simples com isolamento pelo exterior (sistema ETIC), alvenaria de tijolo furado simples com isolamento pelo interior (revestido com placa de revestimento cartonado), alvenaria de tijolo dupla com isolamento na caixa-de-ar (junto ao pano interior) e ainda envidraçados.

Numa primeira análise utilizou-se como ferramenta para os cálculos necessários o Cypevac III. Posteriormente houve a necessidade de realizar uma folha de cálculo de modo a confirmar alguns valores resultantes do programa.

É de notar que para a verificação do requisito acústico das fachadas foi necessário ter em conta todos os revestimentos interiores do compartimento descritos na memória descritiva e justificativa da arquitetura.

Referente à realização deste projeto, tome-se como exemplo o compartimento escritório, representado na Figura 19, com as respetivas envolventes, e a esquematização da parede de alvenaria exterior inserida na ferramenta Cypevac III na Figura 20.

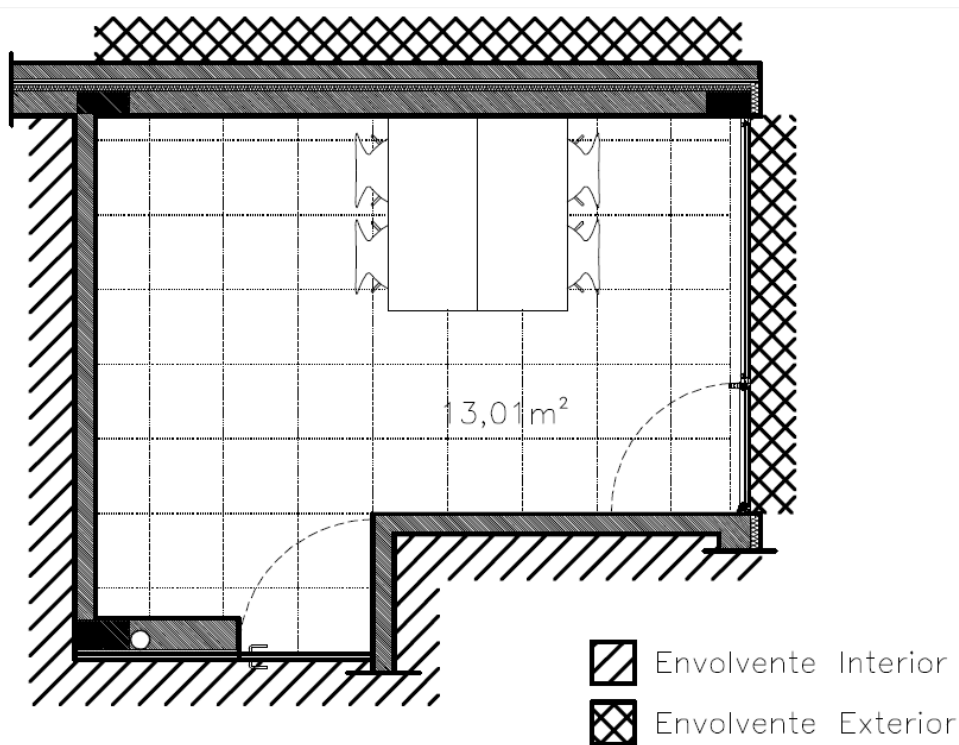


Figura 19. Representação das envolventes no compartimento escritório

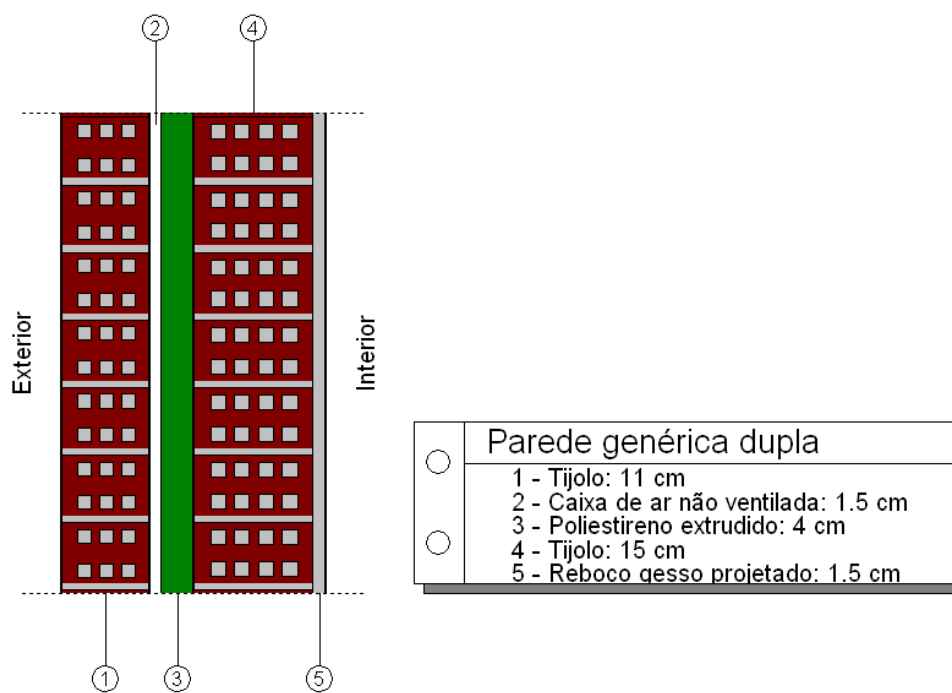


Figura 20. Esquematização da parede exterior (Cypevac III)

3.4.1. Medições do Compartmento

Para a realização de um projeto acústico torna-se necessário realizar medições de todos os compartimentos a analisar. Para o compartimento apresentado como exemplo, as medições realizadas encontram-se descritas na Tabela 3.

Tabela 3. Medições do compartimento escritório

Elementos	Pavimento	Teto	Porta	Paredes	Envidraçado
Áreas (m ²)	13,01	13,01	1,89	31,06	6,63

3.4.2. Resultados

Ao analisar a fachada opaca, conclui-se que esta verifica o índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, com margem significativa.

Relativamente aos envidraçados, obteve-se os requisitos mínimos a verificar de modo a que o colaborador responsável pelo estudo térmico do edifício escolha o vidro adequado às duas especialidades.

3.5. Medição e Orçamentação

Ao longo do estágio curricular foram realizadas diversas tarefas associado a este tema, abordando diferentes tipologias de edifícios

3.5.1. Armazéns Industriais

No seguimento se um pedido de orçamentação para a construção de um pavilhão industrial no distrito de Santarém, realizou-se medições de diversos elementos e o respetivo mapa de quantidades. Na Figura 21 encontra-se representado a planta do rés-do-chão do pavilhão industrial e na Tabela 4 o mapa de quantidades realizado para todo edifício.

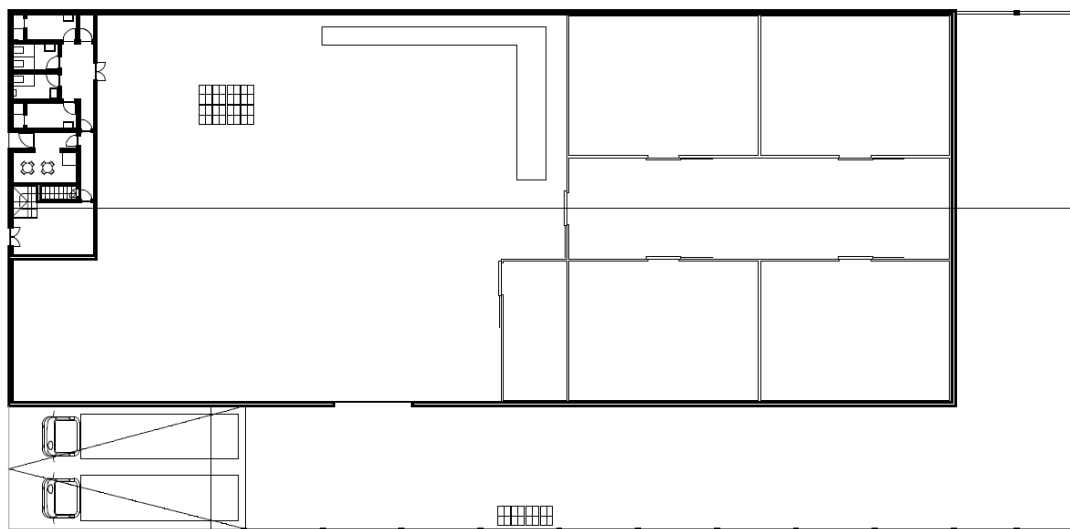


Figura 21. Planta arquitetónica do rés-do-chão

Tabela 4. Mapa de quantidades com parte dos elementos medidos

Designação	unid.	Quantidade
Muro envolvente da propriedade	m ²	338,4
Muro envolvente do pavilhão	m ²	47,0
Vedação em rede	m ²	235,0
Chapa da cobertura	m ²	2077,9
Chapa da fachada	m ²	1126,3
Alvenarias exteriores	m ²	459,8
Alvenarias interiores	m ²	244,8
Divisórias leves	m ²	37,0
Revestimento das paredes (reboco e pintura)	m ²	416,0
Revestimento das paredes dos balneários (cerâmicos)	m ²	164,8
Pavimento dos balneários	m ²	26,4
Pavimentos em zona dos escritórios	m ²	100,4
Pavimento em câmaras frigoríficas	m ²	612,2
Pavimento em zonas de circulação	m ²	744,0
Pavimento exterior	m ²	611,6
Envidraçados	m ²	10,0
Equip. sanitários (bacia retrete)	un.	4,0
Equip. sanitários (urinol)	un.	1,0
Equip. sanitários (lavatórios)	un.	5,0
Equip. sanitários (base de duche)	un.	2,0
Portas interiores	un.	15,0
Portas exteriores (2 folhas)	un.	2,0
Porta exterior (1 folha)	un.	1,0
Portão	un.	1,0
Cais de carga	un.	2,0

Ainda na mesma tipologia de edifícios, foi realizada a modelação de projetos de estabilidade de dois pavilhões metálicos com futura implementação no distrito de Lisboa. Esta modelação

foi realizada no Novo Metal 3D com o propósito de obter de modo preciso e automático as quantidades de aço necessárias para a execução do projeto. Na Figura 22 encontra-se representada uma das modelações do edifício e na Figura 23 as quantidades associadas.

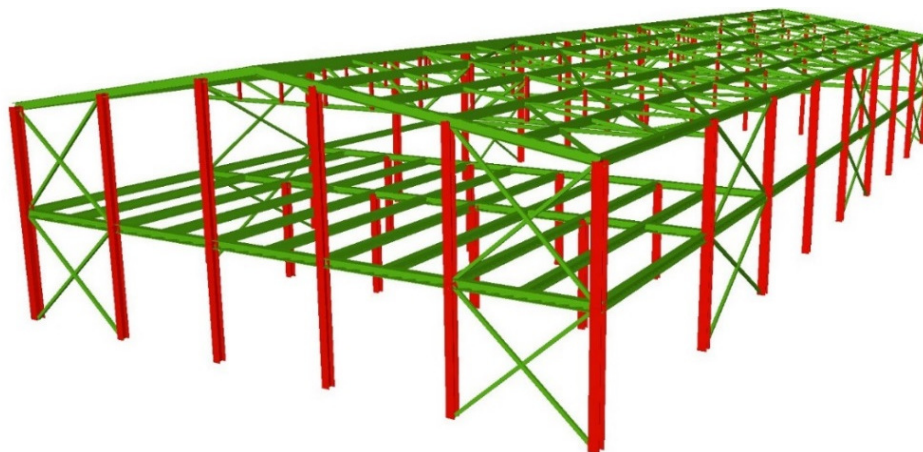


Figura 22. Perspetiva de um dos pavilhões modelados (Novo Metal 3D)

Material		Série	Perfil	Peso		
Tipo	Designação			Perfil(kg)	Série(kg)	Material(kg)
Aço laminado	S235	HEB	HE 280 B	12346.94	30980.98	90465.67
			HE 240 B	18634.05		
		HEA	HE 240 A	17926.25	24626.40	
			HE 140 A	6700.15		
		Hot Finished SHS	SHS 100x6.3	18474.70	18474.70	
		UPN	UPN 240	16383.59	16383.59	

Figura 23. Mapa de quantidades de um dos pavilhões modelados

Posteriormente, foram realizadas medições das fundações para os edifícios referidos. Estas medições basearam-se na quantificação do betão (m³) e das armaduras (kg) dos elementos de fundação, sendo estes sapatas, vigas, plintos e betão de limpeza. Estas medições foram executadas segundo plantas já existentes das fundações e respetivos pormenores.

3.5.2. Edifício Multifamiliar

Com o mesmo objetivo, realizou-se medições para a construção de um edifício multifamiliar no distrito de Aveiro. Neste caso, foram realizadas medições das diferentes paredes a

construir, realizando uma separação das mesmas consoante os seus requisitos térmicos, acústicos e o seu revestimento. Esta separação foi realizada uma vez que os revestimentos e isolamentos variam segundo o espaço que separam, implicando diferentes custos.

3.5.3. Moradias Unifamiliares

Foram ainda realizadas medições para a reconstrução e ampliação de uma moradia no concelho de Aveiro. Para esta moradia, foram medidos todos os elementos a demolir e retirar (paredes, escadas, janelas, portas) e todos os elementos a construir e colocar (paredes, escadas, coberturas, muros, revestimentos, equipamentos sanitários, carpintarias, janelas, portas).

Posteriormente realizou-se um mapa de vãos, com a finalidade de solicitar o orçamento destes elementos a uma empresa especializada. Alguns elementos pertencentes a este mapa de vãos encontra-se representado na Figura 24.

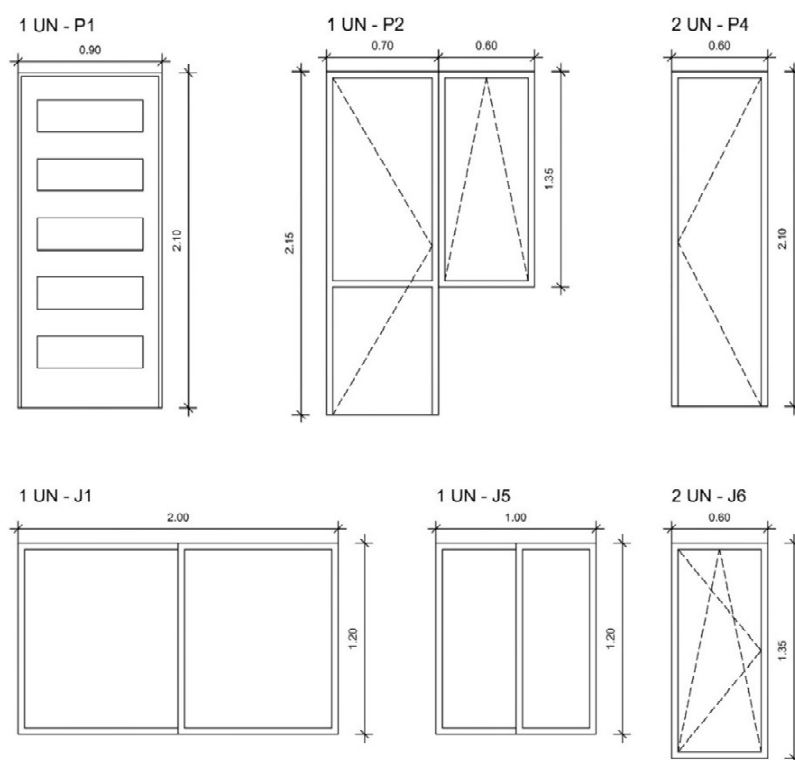


Figura 24. Representação de alguns vãos da moradia

Ainda na mesma tipologia de edifícios, foi realizado uma organização de mapas de quantidades e plantas por especialidades de construção na sequência de um pedido de

orçamentação para a realização de obras de remodelação de quatro moradias no Distrito de Aveiro. Neste seguimento, contactaram-se várias empresas com o intuito de solicitar orçamentos. Optou-se por realizar o pedido de orçamento a mais de uma empresa para cada área de intervenção possibilitando assim realizar uma comparação de custos, optando pela melhor proposta.

Após a recolha de todos os dados necessário, a orçamentação final foi realizada pelo colaborador da empresa responsável.

3.6.Trabalhos Vários

Ao longo do estágio curricular foram realizadas tarefas, não tão incidentes na área de engenharia civil como as referidas anteriormente, mas que inevitavelmente fazem parte do dia-a-dia de um gabinete de projeto. Tarefas estas como o organização de processos para serem entregues numa entidade camarária, a realização de plantas em AutoCad de plantas existentes em papel, ou até modificação de *layers* de projetos em AutoCad conforme determinados requisitos.

4. DESENVOLVIMENTO DE PROJETO

Associado à realização do estágio curricular, elaborou-se um estudo de soluções para um edifício de serviços, onde foram abordadas as suas especialidades. Este projeto foi realizado com o intuito de participar nas diferentes especialidades do mesmo, aplicando alguns conhecimentos já adquiridos quer no estágio, quer academicamente.

Prevê-se que o referido edifício tenha como utilização administrativa (escritórios), à exceção do rés-do-chão, podendo existir neste uma zona de receção e eventualmente um espaço de comércio.

A sua localização não será referida no presente relatório uma vez que se trata de um projeto de investimento em estudo. No entanto, é de referir que terá como futura implementação o exterior de Portugal e como localização a proximidade da zona costeira.

Na Figura 25 encontra-se uma perspetiva exterior do edifício em questão.

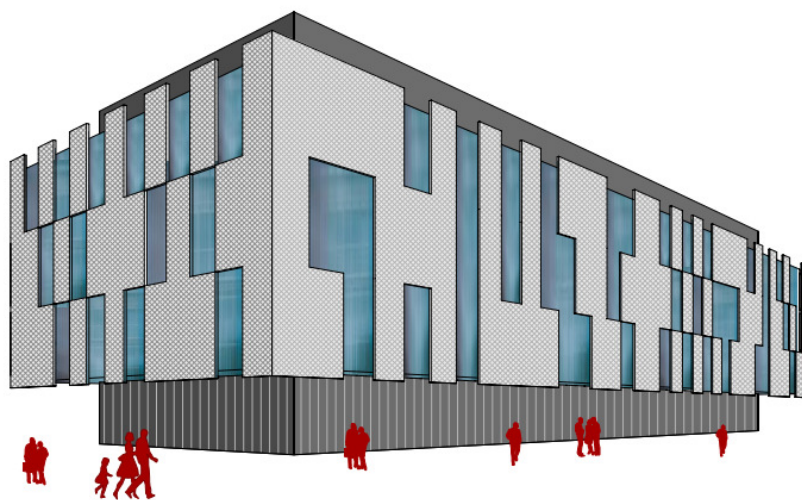


Figura 25. Perspetiva exterior do edifício de serviços

Na figura anterior estão representados 5 pisos, contudo, na solução final o edifício será composto por 7 pisos, existindo 5 pisos intermédios avançados relativamente ao piso térreo e ao último piso.

A arquitetura proposta resulta na concentração de um núcleo central com instalações sanitárias e circulações verticais, elevadores e escadas. Esta disposição permite uma flexibilização na utilização do restante espaço, podendo assim ser adaptável consoante as

necessidades ao longo da sua exploração. Cada piso deverá ter um pé direito útil de 3 metros com um teto falso aplicado a 0,5 metros da laje, totalizando um espaço entre lajes de 3,5 metros.

Nas Figuras 26 e 27 encontram-se dispostas as plantas arquitetónicas do edifício, estando demonstradas todas as considerações já referidas.

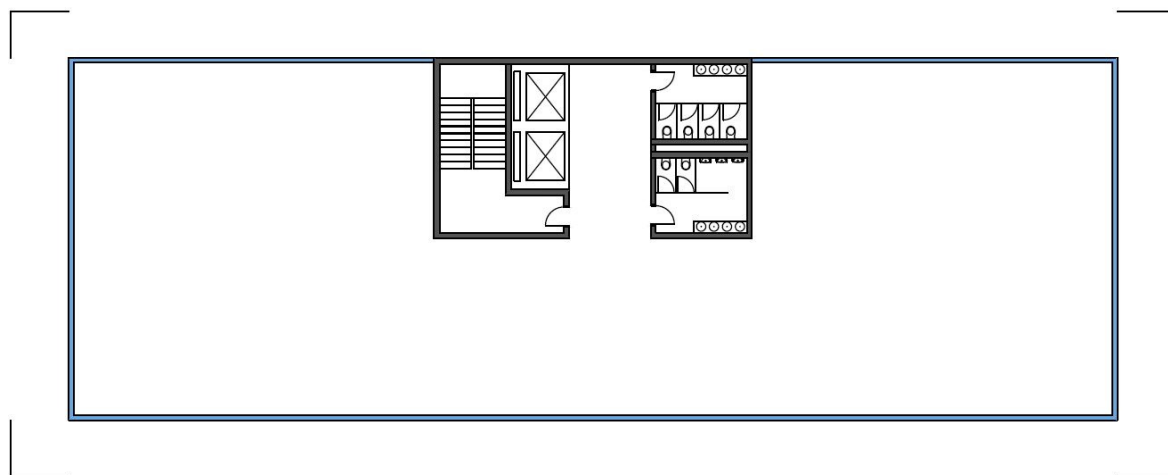


Figura 26. Planta do 1º e 7º piso

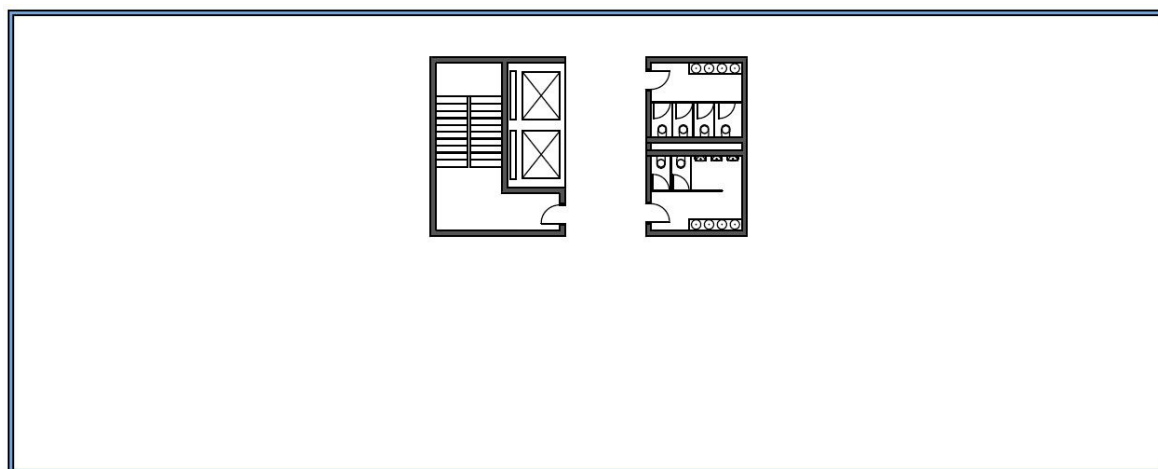


Figura 27. Planta do 2º, 3º, 4º, 5º e 6º piso

No país de futura implementação do edifício não existe qualquer regulamentação própria aplicável, sendo admitido a utilização de qualquer regulamentação desde que justificável. Assim sendo, optou-se pela utilização maioritariamente de Normas Europeias, e em alguns caso, da regulamentação aplicável em Portugal.

4.1. Projeto Estrutural

No estudo de soluções estruturais a maior condicionante imposta foi a máxima versatilidade do espaço interior. Embora exista uma definição das dimensões exteriores e núcleo central, o interior do edifício não contém compartimentação definida, sendo esta modificada consoantes a necessidades. Assim sendo, é importante realizar a estrutura de modo a que esta seja o mais versátil possível para a definição dos espaços interiores.

Neste capítulo é apresentado uma solução em estrutura de betão armado e estrutura metálica, sendo posteriormente realizada uma comparação entre ambas.

Como se trata apenas de um estudo de soluções não são apresentadas as armaduras para a estrutura de betão armado, nem foram dimensionadas as ligações para a estrutura metálica. No entanto teve-se em consideração os requisitos necessários para a colocação das armaduras, assim como exequibilidade das ligações.

Para este projeto foram estudados todos os elementos estruturais, à exceção das fundações, uma vez que não existe um estudo do solo do local de implementação do edifício, tornando-se impossível realizar esta análise.

4.1.1. Estrutura de Betão Armado

No presente subcapítulo será apresentado o estudo da solução estrutural em betão armado, que contempla a apresentação da disposição de todos os elementos estruturais, bem como as suas dimensões.

4.1.1.1. Bases de Cálculo e Regulamentação

O dimensionamento e análise da estrutura foi realizado segundo os Estados Limites Últimos e de Utilização, tendo em conta os critérios descritos na seguinte regulamentação de estruturas:

- NP EN 1990 (2009) “Eurocódigo – Bases para projecto de estruturas”;
- NP EN 1991 (2009) “Eurocódigo 1 – Acções em estruturas”;
- NP EN 1992 (2010) “Eurocódigo 2 – Projecto de estruturas em betão”;
- NP EN 1998 (2009) “Eurocódigo 8 – Projecto de estruturas para resistência aos sismos”.

A verificação de segurança em relação aos Estados Limites Últimos foi realizada por comparação de esforços atuantes (Ed) e resistentes (Rd), sendo que a condição necessária corresponde $Ed \leq Rd$.

Relativamente aos Estados Limites e Serviço teve-se por base o limite máximo de flecha correspondente a $v\grave{a}o/250$ para os elementos de laje e viga sujeitas a ações quase-permanentes (longa duração).

4.1.1.2. Materiais

De acordo com o local de implementação do edifício, a classe de exposição adequada é a XS1 visto que esta classe, segundo o Eurocódigo 2, é apropriada para uma estrutura próxima da costa ou na costa, exposta ao sal transportado pelo ar, mas não em contacto direto com a água do mar.

O betão a utilizar na estrutura será da classe de resistência C30/37, obtido em função da classe de exposição já referida. As características mecânicas associadas a esta classe serão as definidas no Eurocódigo 2.

Relativamente às armaduras a utilizar para o betão armado estrutural, estas terão um valor característico de tensão de cedência de 500 MPa, um tratamento normal e uma superfície nervurada (A500 NR).

Para o cálculo dos recobrimentos mínimos admite-se que a estrutura pertence à classe S3 para os elementos vigas e pilares e classe S2 para os elementos com geometria laje, dado que se considera que existe controlo de qualidade na produção do betão.

Ao recobrimento mínimo adicionou-se uma margem de cálculo para as tolerâncias de execução equivalente a 10 milímetros, obtendo os recobrimentos considerados (Tabela 5).

Tabela 5. Recobrimentos dos diferentes elementos estruturais

Elemento Estrutural	Recobrimento (mm)
Lajes	25
Vigas e Pilares	30

4.1.1.3. Ações Permanentes

Elementos Estruturais

A contabilização do peso próprio de cada elemento estrutural é normalmente considerado de forma automática pelos *softwares* de cálculo. Esta contabilização tem por base as dimensões do elemento, bem como os valores característicos associados, representados na Tabela 6.

Tabela 6. Peso volúmico considerado para cada material

Material	Peso volúmico (kN/m ³)
Betão simples	24
Betão armado	25
Aço	77

Revestimentos e Divisórias

Complementarmente, foram considerados os pesos dos elementos de construção por unidade de área e por metro linear, representado na Tabela 7.

Tabela 7. Carregamentos considerados no dimensionamento

Revestimento de Cobertura	3,0 kN/m ²
Revestimento Pavimento e Teto	2,0 kN/m ²
Paredes Divisórias Leves	0,5 kN/m ²
Paredes Exteriores	5,5 kN/m
Paredes Interiores	8,8 kN/m
Escadas	2,0 kN/m ²

Os carregamentos apresentados resultam de valores padrão utilizados para o dimensionamento de estruturas. Para as paredes interiores considerou-se um valor padrão de uma parede com tijolo de 20 centímetros e revestimento em ambas as faces de 2 centímetros. Para as exteriores foi realizado uma ponderação entre a parede de alvenaria referida e envidraçados (vidro + caixilharia), onde cada elemento representa 50% da fachada.

Usualmente, o peso próprio das paredes interiores são consideradas por unidade de área de modo a simplificar o cálculo. Contudo, uma vez que as paredes interiores se encontram definidas apenas no núcleo central, definiu-se o carregamento para cada elemento de parede. Por sua vez, o valor correspondente a “Paredes Divisórias Leves” foi considerado por unidade de área, ou seja por todo o piso.

Retração do Betão

Tendo em conta que o desenvolvimento do edifício excede 30 metros num dos seus lados, a retração do betão tem necessariamente que ser tida em conta, existindo como alternativa a colocação de uma junta de dilatação. Contudo, após a colocação da referida junta, verificou-se que devido à geometria do edifício e disposição dos elementos estruturais, esta iria prejudicar muito o comportamento do edifício sobre ação sísmica.

Assim sendo, de modo a contabilizar esta ação, determinou-se os esforços atuantes considerando que os efeitos finais de retração são assimiláveis aos de um abaixamento lento e uniforme da temperatura de 15°C. Esta última consideração teve como referência o indicado no Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado (REBAP (1983)), de modo a simplificar o procedimento de cálculo.

4.1.1.4. Ações Variáveis

Associadas às ações variáveis, foram considerados no dimensionamento e verificações da estrutura os coeficientes ψ descritos na Tabela 8.

Tabela 8. Valores admitidos para os coeficientes ψ

Ação	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Sobrecarga (pavimento de escritórios)	0,7	0,5	0,3
Sobrecarga (cobertura)	0	0	0
Vento	0,6	0,2	0
Temperatura	0,6	0,5	0

Sobrecarga

As sobrecargas a considerar foram definidas de acordo com o tipo de categorias de utilização espectral. Para a cobertura, considerou-se a categoria H, visto se enquadrar em “coberturas não acessíveis, exceto para operações de manutenção e reparação correntes” (NP EN 1991 (2009)). Por sua vez, para os pavimentos, considerou-se a categoria B uma vez que os compartimentos são destinados a escritórios. As sobrecargas consideradas para as categorias definidas são as representadas na Tabela 9.

Tabela 9. Sobrecargas consideradas no dimensionamento

Cobertura	0,4 kN/m ²
Pavimentos	3,0 kN/m ²
Escadas	3,0 kN/m ²

Vento

Uma vez que o país de futura implementação do edifício não possui regulamentação própria, para a consideração da ação do vento foi tida em conta o histórico de ventos do local e adaptado à ação do vento regulamentada em Portugal.

A Figura 28 possibilita a comparação das médias mensais das velocidades do vento, obtidas através da plataforma “Atmospheric Science Data Center – NASA”, entre o referido local e a cidade do Porto. Embora a amplitude de valores do local de implementação seja superior, os valores máximos assemelham-se, podendo-se utilizar a comparação das duas zonas para esta ação.

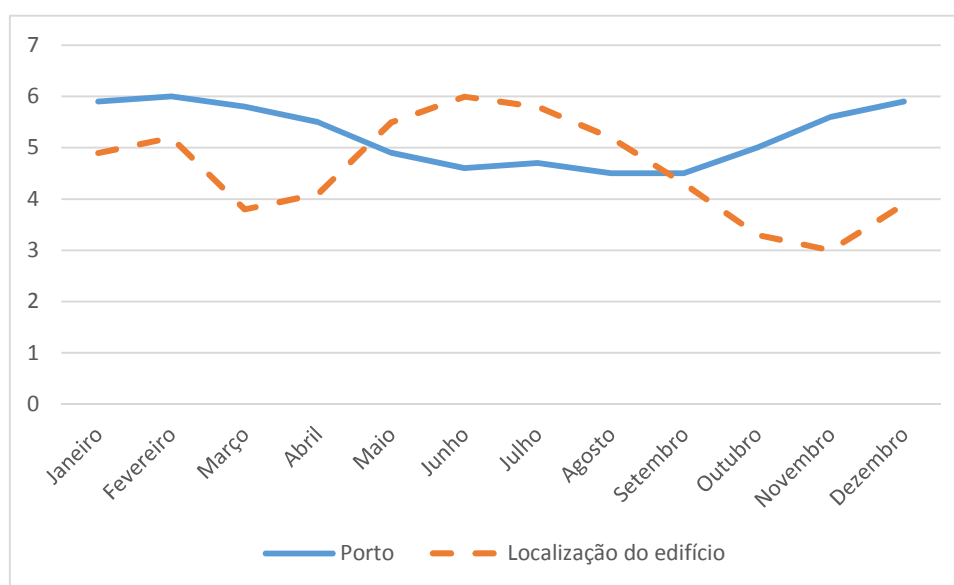


Figura 28. Média mensal da velocidade do vento (m/s) nas cidades referidas

É de referir que esta comparação não é a mais real possível, uma vez que os valores comparados correspondem a médias, podendo a distribuição do vento ao longo do tempo não ocorrer de igual forma nos dois locais apresentados. Contudo, na ausência de informação, e com os dados disponíveis, considerou-se que esta fosse a solução mais coerente. Assim sendo, a zona eólica associada foi a B, correspondendo a zonas situadas numa faixa costeira com 5 km de largura. A esta zona é associado um valor base da velocidade de referência de 30 m/s.

No que se refere à categoria do terreno, considerou-se que esta era do tipo I (zona costeira exposta a ventos do mar) e que o comportamento do vento em todas as direções era aproximada. Referente à orografia do terreno, admitiu-se condições planas.

Com todos os dados referidos, torna-se possível proceder à determinação de parâmetros que caracterizam a ação do vento, nomeadamente a sua velocidade média e pressão dinâmica de pico.

Relativamente aos coeficientes de pressão para paredes exteriores, de acordo com a geometria do edifício, considerou-se que estes tomavam os valores de 1,1 segundo a direção de 0° e 180° e 0,9 segundo a direção de 90° e 270°.

Relacionado ainda com esta ação, foi considerado relevante admitir os efeitos de segunda ordem, uma vez que, perante a atuação de cargas horizontais os pilares perdem a sua verticalidade, produzindo um momento relativamente à base do pilar resultante das ações verticais. Assim sendo, adotou-se um valor multiplicador dos deslocamentos correspondente a 1,2.

Sismo

De igual modo ao referido na contabilização da ação do vento, a consideração da ação sísmica foi tida em conta o histórico da atividade sísmica do local e assemelhada às ações aplicáveis em território Português. Portanto, considerou-se como zona sísmica a cidade de Lisboa.

Para além da zona sísmica foram tidas em conta as seguintes considerações:

- Tipo de terreno: areia compacta ou medianamente compacta;
- Ductilidade média;
- Aceleração máxima de referência (ação sísmica tipo 1): 1,5 m/s²;
- Aceleração máxima de referência (ação sísmica tipo 2): 1,7 m/s²;
- Número de modos de vibração que intervêm na análise: 12;
- Importância da obra: III (edifício cuja resistência durante um sismo é importante atendendo às consequências do seu colapso).

Foram ainda considerados os efeitos de segunda ordem, igualmente ao considerado com a ação do vento, com um valor multiplicador de deslocamentos equivalente a 1,2.

Variação da Temperatura

Em semelhança ao referido no tópico relativo à retração do betão, os esforços associados à variação uniforme de temperatura tem que ser considerados, resultantes das variações sazonais da temperatura ambiente.

Os esforços resultantes desta ação são obtidos tendo por base a temperatura média anual do local e a respetiva variação ao longo do ano. A informação já referida relativamente ao local de implementação do edifício é dispersa e assim sendo, realizou-se um cruzamento de dados de diferentes fontes de modo a obter os valores mais próximos da realidade. Foi então considerado que a temperatura média anual do local corresponde a 26°C e que ocorre uma variação ao longo do ano a partir deste valor de +6°C e -4°C.

4.1.1.5. Pré-dimensionamento

Foi realizado o pré-dimensionamento da estrutura de betão armado através da programação de uma folha de cálculo no programa Excel.

O pré-dimensionamento das lajes foi realizado de acordo com a deformação dos elementos, sendo que a altura obtida varia consoante o vão da laje, condições de apoio e classe de resistência do betão e do aço.

Por sua vez, o pré-dimensionamento das vigas foi realizado segundo um intervalo de referência, sendo considerado que a altura de uma viga toma valores entre um décimo e um doze avos do seu vão.

Relativamente aos pilares, foi tida em consideração o conceito das áreas de influência, obtendo assim o esforço axial de um determinado pilar (proveniente do peso de elementos estruturais, restantes cargas permanentes e sobrecargas). Com o valor obtido e de acordo com a localização do pilar, é determinado assim a secção a adotar.

4.1.1.6. Modelo Estrutural

Para a estrutura apresentada utilizaram-se dois programas de cálculo distintos: Cypecad e SAP2000.

Primeiramente, no Cypecad, foram inseridas as ações referidas anteriormente (à exceção da retração e variação de temperatura) e realizada a modelação de acordo com as plantas estruturais estipuladas no pré-dimensionamento.

Com a análise do comportamento do edifício às ações consideradas, a estrutura inicial foi sendo modificada melhorando o seu desempenho, chegando à solução apresentada.

Na Figura 29 encontra-se representado todos os elementos estruturais já dimensionados através do programa Cypecad.

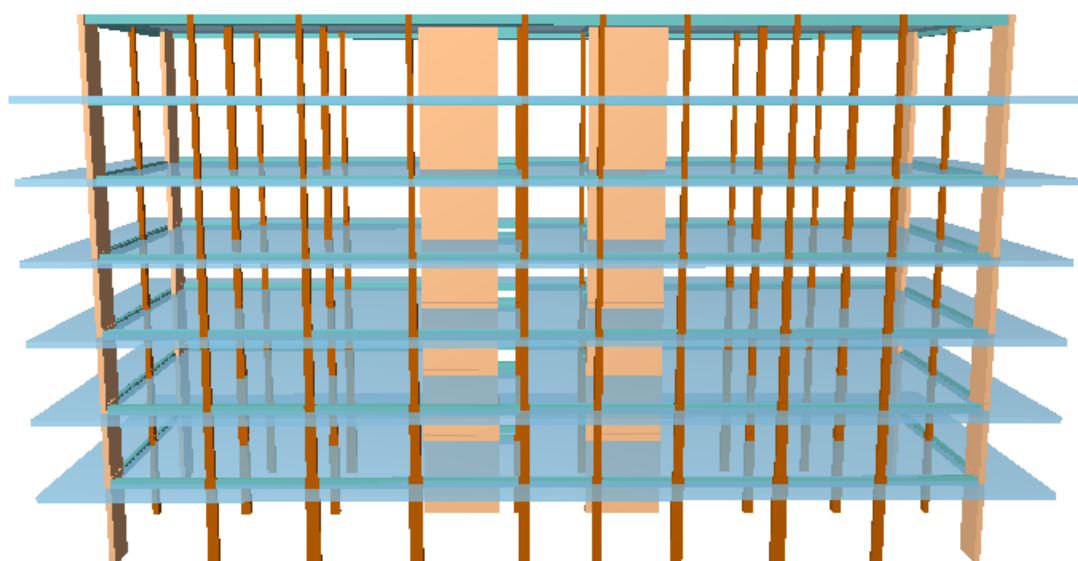


Figura 29. Estrutura final (Cypecad)

Uma vez que o Cypecad não realiza uma análise relativa à retração do betão e variação de temperatura, utilizou-se o programa SAP2000 a fim de verificar o comportamento da estrutura a estas duas ações referidas. Assim sendo, foram introduzidos todos os dados geométricos obtidos no programa CypeCad, simulando uma variação de -15°C como ação permanente e uma variação de -4°C como ação variável. Embora exista uma variação de $+6^{\circ}$ como ação variável, esta não foi considerada uma vez que a variação negativa torna-se mais agravosa para a estrutura.

Analisando os resultados obtidos, constatou-se que os esforços relevantes a considerar correspondem aos esforços existentes na laje, sendo desprezáveis os esforços existente nos restantes elementos estruturais provenientes destas ações. Deste modo, verifica-se que os momentos existentes na laje com direção XX (M_{11}) e YY (M_{22}) apresentam momentos máximos na ordem dos 10 kN.m e momentos mínimos na ordem dos -30 kN.m, sendo o momento torsor (M_{12}) praticamente nulo.

Nas Figuras 30 e 31 encontram-se representados, como exemplo, os momentos atuantes na laje de cobertura provenientes da ação de retração e variação de temperatura, respetivamente, segundo o eixo X e Y.

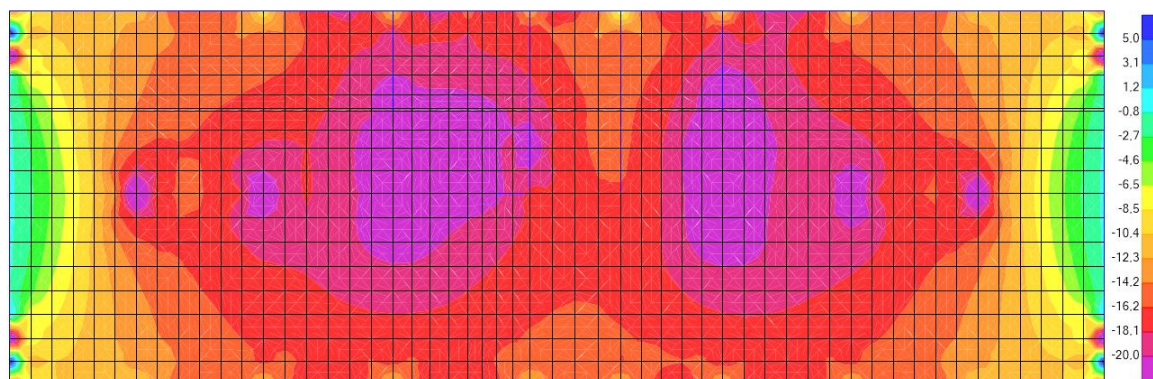


Figura 30. Representação dos momentos na laje de cobertura (M_{11})

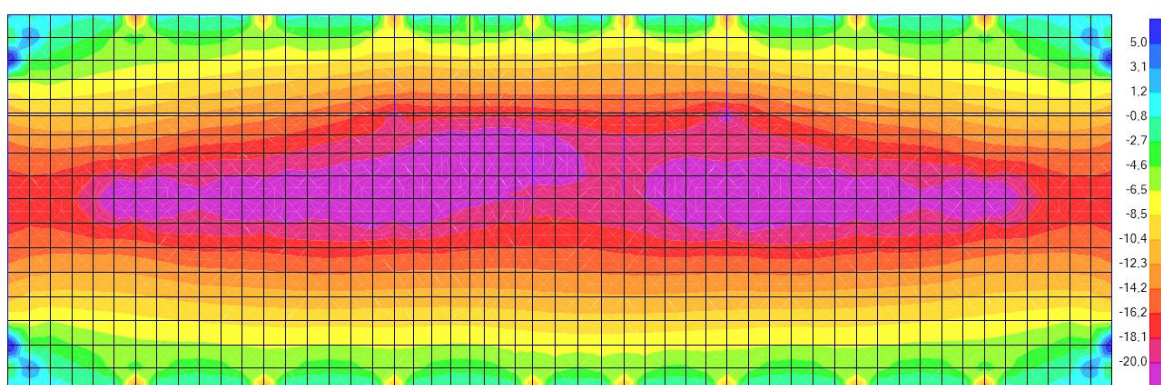


Figura 31. Representação dos momentos na laje de cobertura (M_{22})

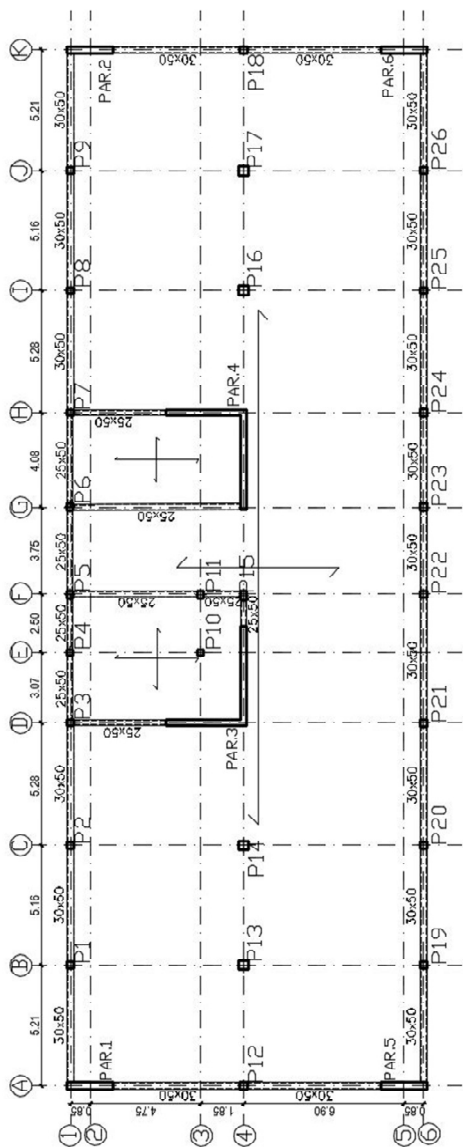
Portanto, de modo a suportar os esforços provenientes destas ações, é apenas necessário colocar uma armadura em malha quadrada na zona superior e inferior da laje, não sendo necessário modificar a geometria dos elementos.

Relativamente às escadas do edifício, foi realizado um cálculo manual de modo a obter as dimensões da laje e da viga intermédia de apoio.

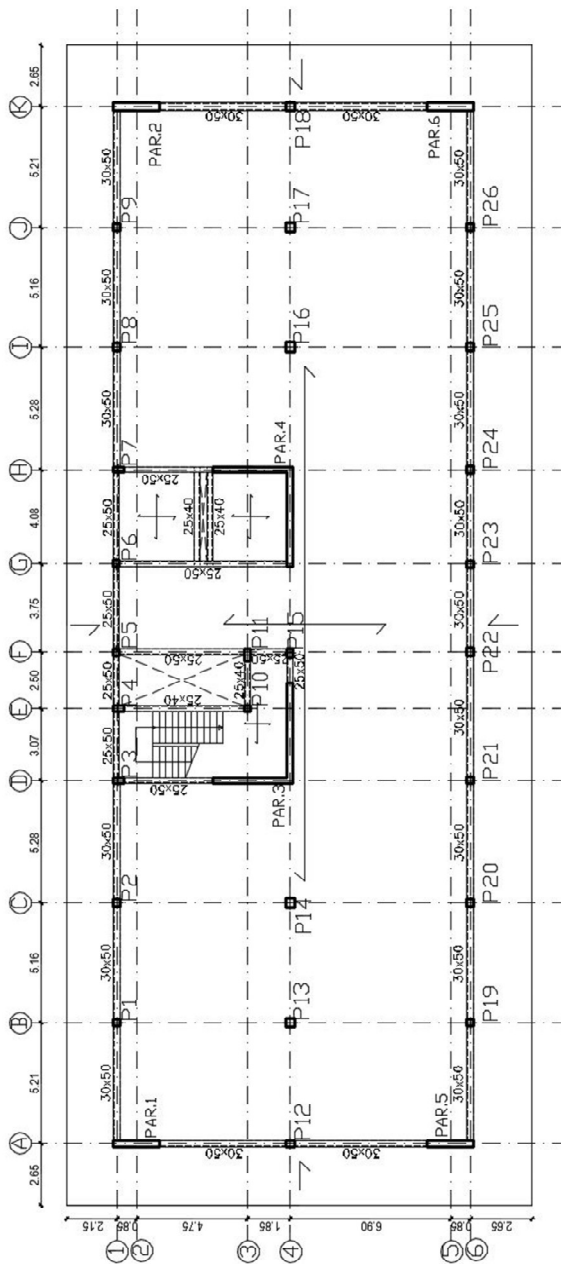
4.1.1.7. Plantas Estruturais, Pormenorização e Quadro de Pilares

Na Figura 32 representa-se as plantas estruturais obtidas da cobertura e do 6º piso. As plantas estruturais dos restantes pisos assemelham-se à do 6º piso, modificando apenas as dimensões dos pilares, sendo que estas encontram-se esquematizadas na Figura 33, segundo a nomenclatura representada nas referidas plantas.

Na Figura 34 é visível o pormenor das escadas do edifício.



a)



b)

Figura 32. Plantas estruturais: a) Cobertura; b) 6º piso

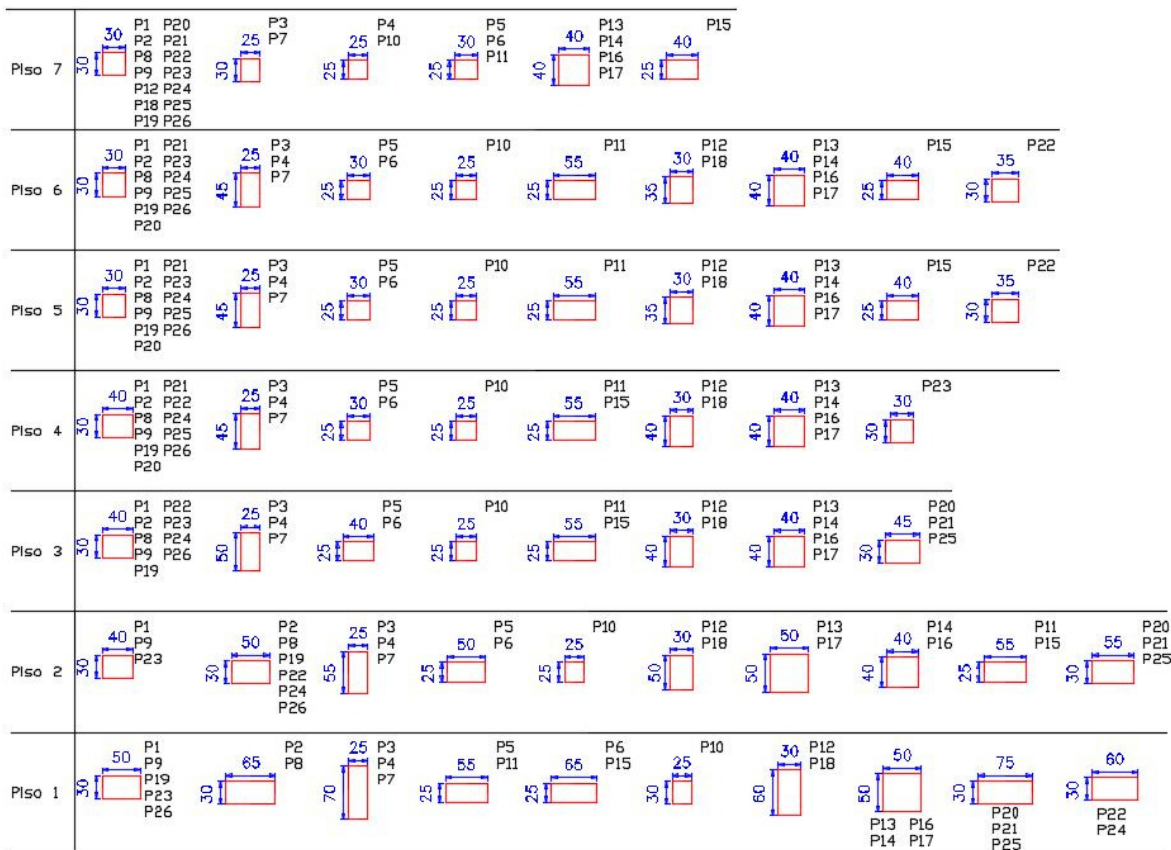


Figura 33. Quadro de pilares da estrutura proposta

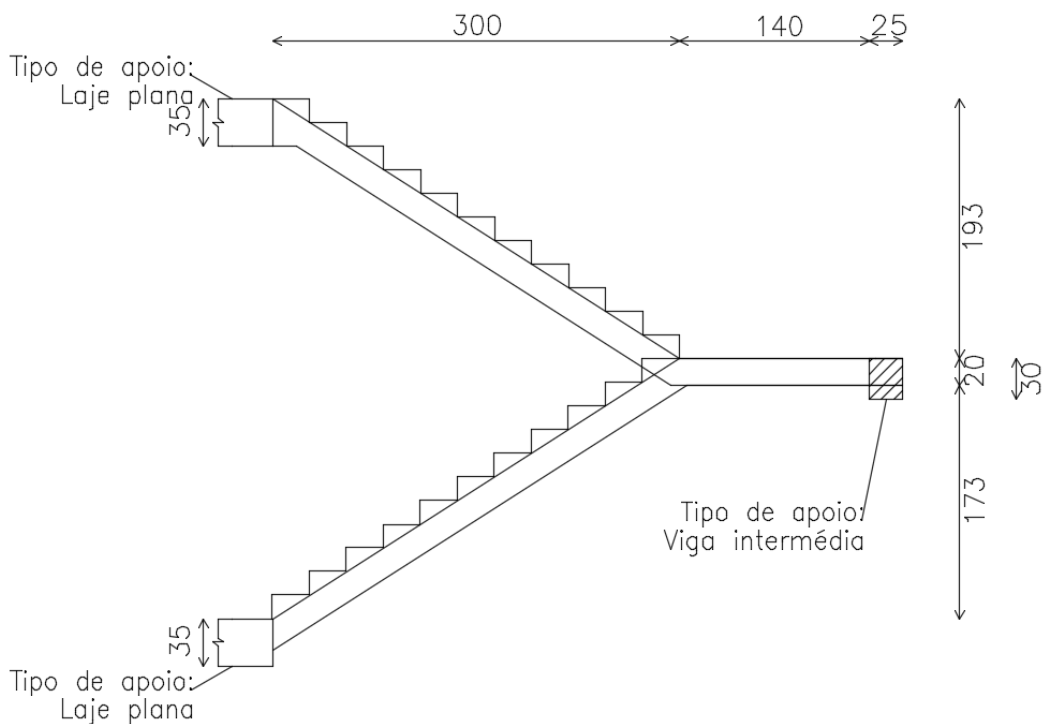


Figura 34. Pormenor dos vãos de escadas dos diferentes pisos

4.1.1.8. Descrição das Soluções

Lajes

Para a estrutura de betão armado foram ponderadas soluções distintas para o elemento estrutural laje. Primeiramente, estudou-se a utilização de lajes maciças, ponderando como alternativa a utilização de lajes aligeiradas. A última foi colocada de parte uma vez que existe a necessidade de colocar laje maciça nas zonas de pilares, nas zonas em consola e ainda em contrabalanço à mesma. Assim sendo, admitiu-se que perante o espaço restante não era justificável a aplicação de blocos de aligeiramento.

Considerando então a solução de lajes maciças, a espessura da laje obtida corresponde a 35 centímetros para todo o edifício, à exceção da laje de escadas, que possui uma espessura de 20 centímetros.

Para o rés-de-chão optou-se pela utilização de uma laje térrea, não sobrecarregando assim a estrutura. Esta laje é variável consoante o tipo de solo, e na ausência de dados, foi impossível definir a sua geometria.

Vigas

Na planta estrutural apresentada foram colocadas vigas em zonas diferentes do edifício.

Primeiramente colocaram-se vigas a definir o lado maior da *courette* existente no núcleo central do edifício, uma vez que a sua geometria alongada é propícia à formação de anomalias na estrutura. Associadas a estas, colocaram-se vigas ao longo do lado menor da *courette*. Estas não só servem de apoio às vigas já referidas, como solucionam problemas de excesso de tensões na interface da parede com a laje. Devido a este mesmo problema, foram colocadas vigas em torno da caixa de escadas.

Posteriormente, em torno do edifício foi colocado um perímetro de vigas resolvendo o já referido excesso de tensões na zona das paredes, bem como alguns problemas de punçoamento existentes nos pilares.

É de notar a necessidade da colocação de uma viga intermédia em cada piso com o objetivo de servir de apoio à laje de escadas, com uma secção transversal retangular (0,25 x 0,30 m).

Pilares

Os pilares definidos na estrutura apresentada possuem uma geometria quadrangular e retangular e a sua disposição foi realizada de forma regular. Nos elementos do núcleo central teve-se o cuidado de respeitar a largura das paredes de modo a que os pilares não sobressaíam perante a arquitetura.

Após o dimensionamento, foi efetuada uma homogeneização nos pilares por planta e por andar de modo a obter uma solução mais exequível e simplificada.

É de realçar que algumas das dimensões destes elementos poderiam ser menores que as dimensões apresentadas, principalmente nos pisos superiores, verificando de igual modo os Estados Limites Últimos. Contudo, constatou-se que a grande diminuição das dimensões dos pilares em altura não é favorável na análise do comportamento sísmico do edifício.

Paredes

A colocação das paredes resistentes numa estrutura sujeita à ação sísmica torna-se fundamental. Contudo, a sua disposição condiciona totalmente o comportamento sísmico da estrutura.

É inevitável associar a caixa de elevador a uma zona propícia para a definição de paredes resistentes. No entanto, essa ideia foi posta de parte uma vez que a caixa de elevador não se encontra centrada no edifício, prejudicando o comportamento do mesmo à ação sísmica, uma vez que ocorreriam distorções significativas.

As paredes resistentes situadas no núcleo central foram posicionadas de forma a ficarem o mais simétricas possível relativamente aos eixos de simetria do edifício. Não sendo totalmente possível esta disposição, foram acrescentadas quatro paredes resistentes nos cantos do edifício, PAR. 1, 2, 5, 6 da Figura 32, minimizando as distorções existentes, tornando-as pouco significativas.

4.1.1.9. Quantidades

A partir da modelação realizada torna-se possível obter as quantidades necessárias à realização da estrutura, discriminadas na Tabela 10.

Tabela 10. Quantidades associadas à estrutura de betão armado

Elementos Estruturais	Volume (m ³)
Pilares e Paredes	201,9
Vigas	151,9
Lajes	2170,0

4.1.2. Estrutura Metálica

O estudo da solução em estrutura metálica contempla a apresentação da disposição de todos os elementos estruturais bem como as suas dimensões. A estrutura será composta por perfis laminados para os elementos pilares e vigas, e por perfis enformados a frio e betão para as lajes (lajes mistas colaborantes).

4.1.2.1. Bases de Cálculo e Regulamentação

O dimensionamento e análise da estrutura foi realizado segundo os Estados Limites Últimos e de Utilização, tendo em conta os critérios descritos na seguinte regulamentação de estruturas:

- NP EN 1990 (2009) “Eurocódigo – Bases para projecto de estruturas”;
- NP EN 1991 (2009) “Eurocódigo 1 – Acções em estruturas”;
- NP EN 1993 (2010) “Eurocódigo 3 – Projecto de estruturas de aço”;
- NP EN 1998 (2009) “Eurocódigo 8 – Projecto de estruturas para resistência aos sismos”.

A verificação de segurança em relação aos Estados Limites Últimos é a já referidas no subcapítulo “Bases de Cálculo e Regulamentação” da Estrutura de Betão Armado.

Relativamente aos Estados Limites e Serviço teve-se por base o limite máximo de flecha correspondente a $v\grave{a}o/250$ para vigas de pavimento e $v\grave{a}o/200$ para vigas de cobertura, de acordo com as combinações raras.

É de realçar que as características da laje mista foram determinadas segundo tabelas disponibilizadas pelo fabricante escolhido. Estas tabelas apresentam uma relação de espessura da laje com $v\grave{a}o$ máximo e carga máxima admissível tendo por base a flecha de exploração máxima de $v\grave{a}o/350$ e ainda a não necessidade de colocação de armadura inferior, considerando que o perfil e o betão é suficiente para resistir aos momentos positivos.

4.1.2.2. Materiais

Na estrutura em questão foram utilizados diferentes qualidades de aço, sendo que os perfis laminados serão da classe S355 e os perfis enformados a frio da classe S320.

Relativamente ao betão a utilizar nas lajes mistas, a classe a adotar será C30/37 pelas razões referidas no subcapítulo “Materiais” referente à Estrutura de Betão Armado.

4.1.2.3. Ações Permanentes

Relativamente às ações permanentes, a componente “Revestimentos e Divisórias” foi definida de igual forma ao discriminado na Estrutura de Betão. As restantes a considerar encontram-se referidas de seguida.

Elementos Estruturais

Como fora referido, o peso próprio da estrutura é normalmente considerado de forma automática pelos *softwares* de cálculo, tendo por base os volumes dos materiais e respetivos parâmetros característicos.

O peso dos perfis laminados foi contabilizado de acordo com as informações técnicas fornecidas pelo fabricante selecionado.

Referente à chapa a implementar na laje mista, o peso desta é variável consoante a sua espessura, sendo este quantificado consoante as informações técnicas do catálogo utilizado.

Por fim, para a contabilização do peso do betão e respetiva armadura, foram tidos em conta os pesos volúmicos descritos na Tabela 6.

Retração

A retração do betão das lajes mistas é contabilizada de acordo com as informações técnicas relativas ao perfil de chapa escolhido. A ficha técnica do referido produto recomenda a colocação de uma malha metálica eletrosoldada com área diretamente relacionada com a altura da laje, de modo a contrariar a ação referida.

4.1.2.4. Ações Variáveis

Todas as ações e considerações não especificadas de seguida foram contabilizadas de igual forma no subcapítulo “Ações Variáveis” designadas para a Estrutura de Betão Armado.

Vento e Sismo

Relacionado com estas ações, o valor adotado como multiplicador dos deslocamentos foi de 1, uma vez que este é o valor padrão a utilizar em Estruturas Metálicas.

Variação de Temperatura

De acordo com as condições técnicas do produto escolhido, foi assumido que a malha metálica eletrosoldada a implementar na laje mista referida no tópico “Retração” serve de igual forma para a anular os esforços provenientes de variações de temperatura.

4.1.2.5. Ação do Fogo

A verificação dos elementos à ação do fogo de um dado edifício depende da sua classe de resistência. Realizando uma breve análise ao edifício em questão, nomeadamente à sua utilização-tipo (administrativos), altura e efetivo, espera-se que seja aplicável a 2ª categoria de risco, segundo o Decreto-Lei n.º 220/2008. A esta categoria é correspondida uma resistência ao fogo de 60 minutos de capacidade de suporte de carga (R60), conforme a Portaria n.º 1532/2008.

É de notar que não se encontra definido a utilização do piso rés-do-chão, podendo existir zonas de receção ou até comércio. Esta situação não foi considerada para esta verificação.

A análise da resistência ao fogo será realizada tendo em conta a temperatura crítica do elemento (temperatura máxima que o elemento suporta em situação de incêndio) que depende do perfil utilizado e dos esforços nele exercidos em situação de incêndio (momento fletor para as vigas e esforço axial para os pilares). Este valor obtido será comparado com a temperatura que existe no pilar quando exposto a 60 minutos sob ação do fogo. Caso esta última seja superior à crítica é necessário adotar métodos e materiais de proteção. É de notar que o primeiro parâmetro referido foi obtido proveniente de um cálculo manual e o último obtido através do programa de cálculo (Cypecad).

Para as lajes mistas, tendo em conta indicações do fornecedor, considerou-se que a resistência ao fogo nestes elementos era verificada com a colocação de armaduras complementares. É de notar que o cálculo destas armaduras é realizado pela equipa técnica da empresa fornecedora sob solicitação do mesmo.

4.1.2.6. Pré-dimensionamento

Foi realizado um pré-dimensionamento de todas as vigas e pilares da estrutura proposta. O pré-dimensionamento das vigas foi realizado de acordo com o momento atuante (M_{Ed}), obtido através da área de influência do elemento e das cargas associadas (peso dos elementos estruturais, revestimentos, divisórias e sobrecargas). Relativamente aos pilares o procedimento é semelhante, no entanto, obtém-se o valor relativo ao esforço axial atuante (N_{Ed}).

Posteriormente foram obtidos parâmetros que permitem a escolha do perfil mais adequado, tendo-se tido como base o catálogo de secções laminadas da ArcelorMittal (ArcelorMittal, (2014)).

Os parâmetros referidos são dados por:

$$W_{pl,y} \geq \frac{\gamma_{M0} \cdot M_{Ed}}{f_y} \quad (1)$$

$$A \geq \frac{\gamma_{M0} \cdot N_{Ed}}{f_y} \quad (2)$$

Em que:

$W_{pl,y}$ - Módulo de flexão plástico se uma secção transversal, segundo o eixo y-y (mm^3);

A - Área da secção transversal (mm^2);

γ_{M0} - Coeficiente parcial de segurança para a resistência de secções transversais;

f_y - Tensão de cedência (MPa).

É de notar que nos cálculos realizados, o f_y foi quantificado em 355 MPa e o γ_{M0} assume o valor de 1.

Referente aos cálculos da laje mista, como já fora referido, as características geométricas desta foram obtidas diretamente do catálogo do fornecedor.

4.1.2.7. Modelo Estrutural

Para o dimensionamento da estrutura apresentada, utilizou-se a ferramenta Cypecad.

Uma vez que esta ferramenta não possibilita diretamente a colocação de cartelas, foi necessário recorrer a uma extensão do CypeCad, denominada de “Estruturas 3D integradas”, possibilitando assim a definição de toda a consola situada em torno do edifício. É de notar

que esta extensão não permite a colocação de lajes, sendo necessário simular a existência deste elementos através da definição de carregamentos de forma manual.

No dimensionamento dos elementos estruturais associados às escadas, de modo a simplificar o cálculo, realizou-se uma simulação destes elementos na ferramenta Novo Metal 3D, onde foram definidos os elementos de apoio, assim como todos os carregamentos.

Na Figura 35 encontra-se demonstrada a estrutura modelada no Cypecad. É de notar que não se encontram representadas as lajes de modo a simplificar a visualização dos restantes elementos modelados.

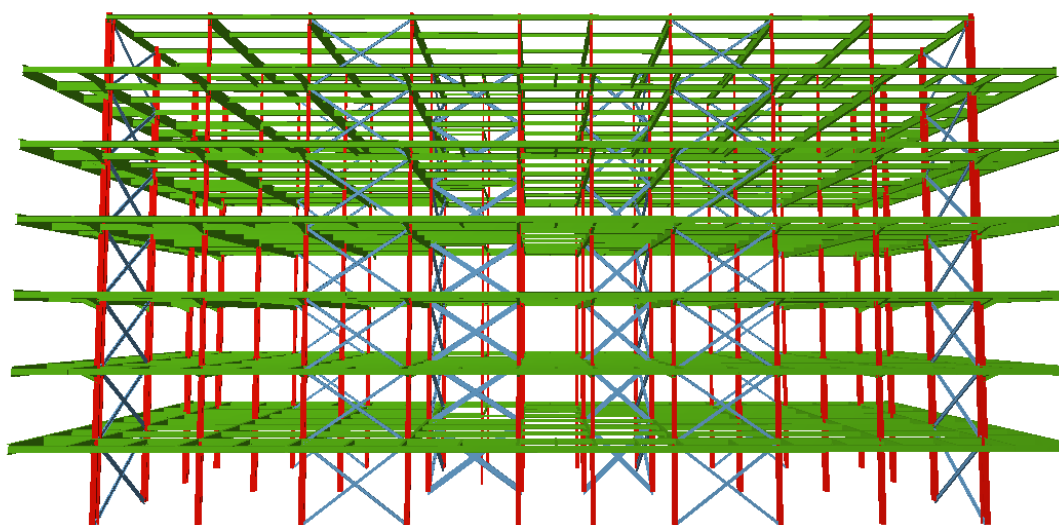


Figura 35. Perspetiva da estrutura metálica definida no Cypecad

4.1.2.8. Plantas Estruturais e Quadro de Pilares

Na Figura 36 encontram-se representadas as plantas estruturais da cobertura e do 6º piso do edifício. A planta estrutural do piso 6 assemelha-se em tudo às restantes, sendo apenas distinta nas dimensões dos pilares, estando estas representadas no quadro de pilares (Figura 37).

Note-se que não foram representadas as lajes nas plantas estruturais apresentadas para mais fácil compreensão das mesmas. Uma vez que as lajes mistas são lajes unidireccionais, admitiu-se que estas descarregam os esforços na direção paralela ao lado menor do edifício, à exceção das consolas maiores que descarregam na direção contrária.

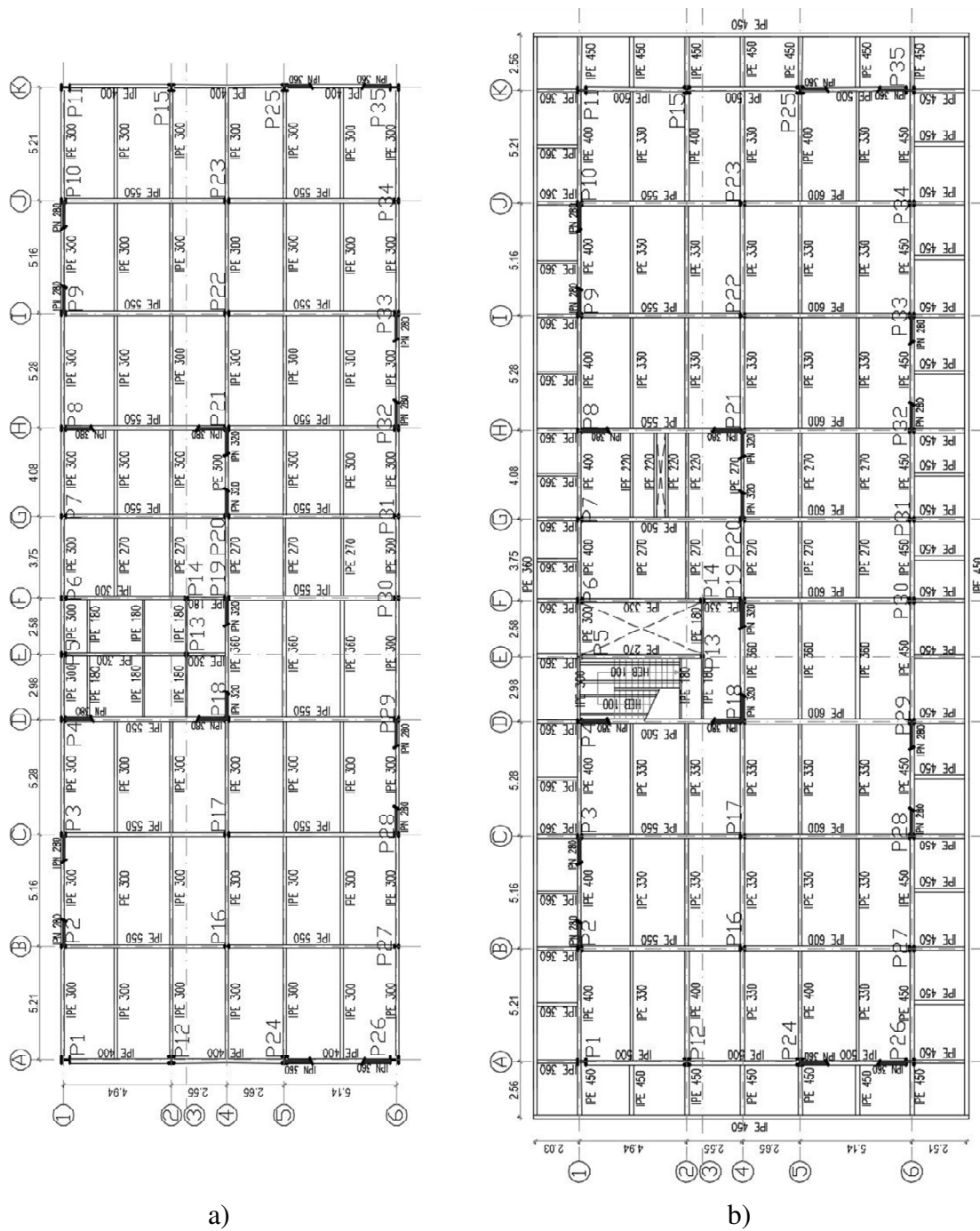


Figura 36. Plantas estruturais: a) cobertura; b) 6º piso













































	P2 P27 P3 P28 P7 P29 P9 P30 P10 P31 P16 P32 P23 P33 P34	P1 P11 P26 P35	P5 P6	P13 P14	P4	P12 P15	P17 P22	P18 P19 P21	P20	P24 P25	P8
Piso 7,6,5e4	 HE 220 B	 HE 400 B	 HE 220 B	 HE 160 B	 HE 200 B	 HE 300 B	 HE 220 B	 HE 220 B	 HE 220 B	 HE 300 B	 HE 220 B
Piso 3	 HE 220 B	 HE 400 B	 HE 220 B	 HE 160 B	 HE 220 B	 HE 300 B	 HE 240 B	 HE 220 B	 HE 240 B	 HE 300 B	 HE 240 B
Piso 2	 HE 240 B	 HE 400 B	 HE 220 B	 HE 160 B	 HE 260 B	 HE 300 B	 HE 260 B	 HE 260 B	 HE 260 B	 HE 300 B	 HE 280 B
Piso 1	 HE 280 B	 HE 500 B	 HE 220 B	 HE 180 B	 HE 320 B	 HE 300 B	 HE 300 B	 HE 300 B	 HE 320 B	 HE 400 B	 HE 340 B

Figura 37. Quadro de Pilares da estrutura proposta

4.1.2.9. Descrição da Solução

Lajes

No estudo de soluções para estrutura metálica, como já fora referido, optou-se pela utilização de lajes mistas.

Este tipo de lajes tem como principais vantagens a facilidade de execução e a não necessidade de cofragem. É de realçar que existia o desconhecimento relativo ao dimensionamento deste tipo de lajes, levando à necessidade de aprendizagem de toda a metodologia associada ao cálculo.

Para a abordagem deste tipo de lajes, primeiramente foi necessário a escolha de um fornecedor e respetiva gama de perfis metálicos para a função desejada. Assim sendo, selecionou-se a gama HAIRCOL 59S da ArcelorMittal (ArcelorMittal (2013)), estando as suas características representadas na Tabela 11 e o respetivo perfil na Figura 38.

Tabela 11. Características do perfil adotado para a laje mista

Espessura	0,88 mm
Massa por m ² útil	0,1 kN/m ²
Secção de aço	12,29 cm ² /ml
Inercia própria do perfil	65,24 cm ⁴ /ml
Posição da fibra neutra	3,24 cm
Módulo de inércia	20,14 cm ³

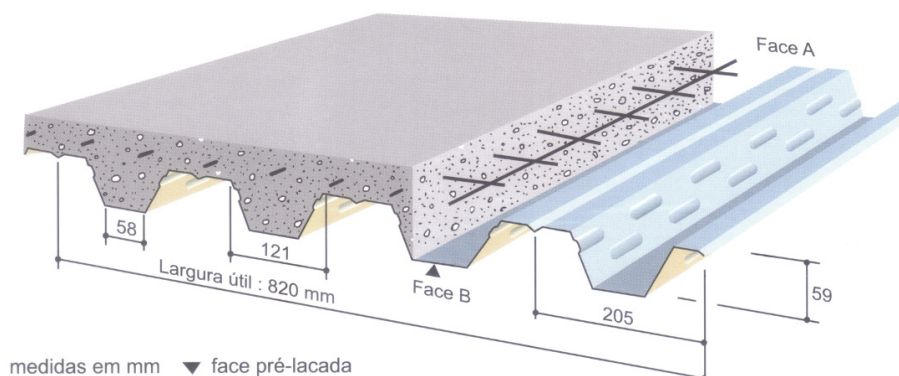


Figura 38. Dimensões do perfil adotado para a laje mista (ArcelorMittal (2013))

As espessuras totais da laje obtidas, de acordo com as tabelas disponibilizadas pelo fornecedor, correspondem a 10 e 12 centímetros, respetivamente para a laje de cobertura e para as lajes dos restantes pisos.

Referente às armaduras a colocar, como já fora referido, será necessário uma malha metálica de modo a anular os esforços provenientes da retração e variações de temperatura. Esta armadura terá como secção mínima 10% da altura de betão contabilizado a partir da face superior da nervura do perfil metálico, não podendo esta ser inferior a $0,6 \text{ cm}^2/\text{ml}$. Para além desta malha, será necessária a colocação de uma armadura sobre os apoios da laje, necessária a resistir na totalidade aos momentos negativos existentes. Esta armadura tem como disposição o representado na Figura 39.

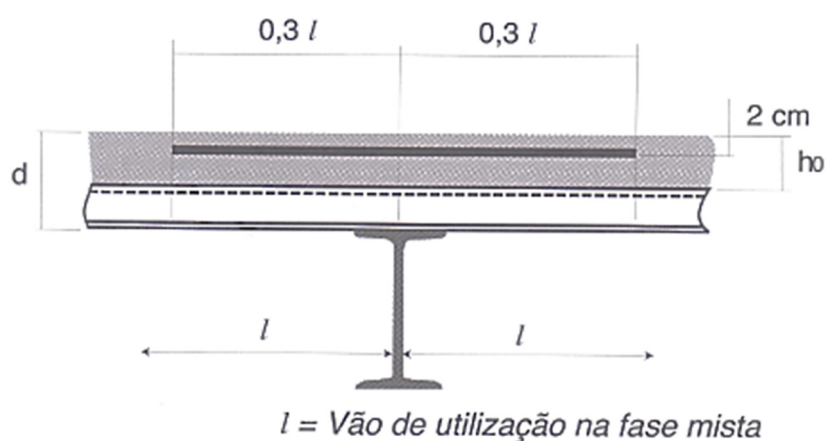


Figura 39. Disposição da armadura resistente a momentos negativos (ArcelorMittal (2013))

É de voltar a referir a não necessidade de colocação de armadura a meio vão, ou seja, armadura para resistir a momentos positivos. Esta consideração deve-se ao facto de a laje ter

sido dimensionada de modo a que a chapa de base seja suficiente para resistir a estes esforços.

Como foi referido é ainda necessário a colocação de armaduras de modo a que este elemento resista a situação de incêndio.

Vigas

As vigas da estrutura proposta, da gama IPE, foram dispostas de modo a possibilitar a colocação das lajes mistas, respeitando os vão máximos admissíveis para este tipo de elemento estrutural.

Associadas às vigas em consola com ligação com pilares, colocaram-se cartelas do mesmo perfil das vigas, de modo a reforçar a ligação entre estes dois elementos. A colocação de cartelas tem como principal desvantagem a impossibilidade de integrar totalmente a estrutura na arquitetura, ficando parte do perfil exposto.

É de referir a existência de uma viga intermédia em cada piso do perfil IPE 100, servindo de apoio à escada projetada, e ainda de dois perfis HEB100 que servem diretamente de apoio à escada e patamar.

Relativamente à ação do fogo, verificou-se que a maioria dos elementos não verificava a resistência aos 60 minutos, sendo necessário adotar uma medida de proteção, como por exemplo a colocação de um revestimento. Para o dimensionamento deste revestimento, de modo a simplificar o cálculo, pode ser tido em conta a temperatura crítica mais desfavorável de todas as vigas, correspondendo a 735,8°C.

Pilares

A disposição inicial dos pilares foi realizada tendo por base as plantas estruturais da Estrutura de Betão Armado. Analisando os resultados obtidos verificou-se que as deformadas existentes nas consolas laterais eram excessiva. De modo a contornar este facto, acrescentou-se um pilar em cada face lateral do edifício, de modo a que as vigas em consola ficassem apoiadas intervaladamente em vigas e pilares. A colocação deste pilar levou à diminuição significativa das deformadas existentes na estrutura em consola, uma vez que o vão da viga que serve de apoio a estes elementos é reduzido, contribuindo para uma redução da deformada. Para além disso, quando as vigas em consola são conectadas com pilares existe a possibilidade da colocação de cartelas, reduzindo deste modo a deformada das mesmas.

Os perfis adotados para estes elementos estruturais foi HEB.

Relativamente à ação do fogo, constatou-se que nenhum dos elementos verificava a resistência aos 60 minutos, sendo necessário adotar uma medida de proteção. Para o dimensionamento desta proteção pode ser tido em conta a temperatura crítica mais desfavorável de todos os pilares, correspondendo a 600,2°C.

Diagonais de travamento

Foram definidas diagonais de travamento com o objetivo de dar mais rigidez à estrutura, reduzindo os deslocamentos provenientes de forças exteriores.

A disposição destes elementos resulta de uma análise do edifício ao comportamento sísmico, sendo que a colocação destes no contorno do edifício tem como objetivo a minimização das distorções existentes devido à posição do núcleo central.

Para estas diagonais adotou-se o tipo de perfil IPN com a referência definida nas plantas estruturais.

4.1.2.10. Quantidades

Na solução estrutural apresentada foram utilizadas as quantidades de betão e aço representados por elementos na Tabela 12.

Tabela 12. Quantidades contabilizadas para a estrutura metálica

Elementos Estruturais	Quantidades
Laje mista (betão)	554,1 m ³
Laje mista (perfil enformado a frio)	65587,5 kg
Pilares	83375,0 kg
Vigas	349474,0 kg
Diagonais de travamento	62338,0 kg

4.1.3. Discussão de Soluções

Relativamente à estrutura de betão armado torna-se importante referir que, para chegar à solução apresentada, foram ponderadas muitas outras. Entre estas, foi estudado o comportamento do edifício com junta de dilatação, com paredes estruturais na caixa de elevador e na caixa de escadas e ainda sem vigas no núcleo central e no contorno do edifício. Contudo, considera-se que a solução apresentada corresponde à solução mais equilibrada a nível de comportamento do edifício sujeito a diversas ações.

Realizando uma comparação de ambas as estruturas constata-se que o edifício em betão armado torna-se ligeiramente mais alto devido à espessura necessária da laje de betão ser superior à laje mista. Relativamente à laje térrea, como foi referido, esta não foi abordada uma vez que não existe um ensaio geotécnico nem informações do solo. No entanto a laje a realizar seria igual em ambas as situações, não sendo então relevante para comparação das estruturas.

Analisando as quantidades associadas aos elementos de vigas metálicas, constata-se que são elevadas. Este facto é justificável uma vez o vão máximo admissível para lajes mistas é reduzido, sendo necessário a colocação destes elementos como apoio à laje. Também contribui para este facto a dificuldade em realizar a consola em torno do edifício em estrutura metálica, sendo necessário grandes perfis. É de referir que para as vigas metálicas, na maioria das situações, a grande condicionante foi a deformada, sendo necessário aumentar significativamente a secção dos perfis destes elementos.

Comparando as duas soluções propostas perante as ações existentes, a estrutura metálica apresenta sensivelmente um melhor desempenho na contribuição à ação sísmica.

A condicionante mais decisiva na escolha da solução a implementar seria o custo associado a cada uma, optando pela mais económica. No entanto esta análise seria complexa uma vez que os preços aplicados de mão-de-obra e materiais não poderiam ser os aplicados em Portugal, sendo necessário realizar um estudo económico do país. Contudo, constata-se que no local de implementação do edifício existe fabrico de betão, não havendo grande desenvolvimento do mercado metalúrgico. Assim sendo, seria necessário importar todos os perfis necessários para a realização do edifício em construção metálica, sendo que, o transporte seria um enorme acréscimo no custo associado a esta solução.

Como solução de melhoria de ambas as estruturas, poder-se-ia centrar o núcleo do edifício relativamente ao seu lado menor. Esta modificação faria com que se fosse possível obter mais rigidez no núcleo central (evitando efeitos de distorção), dispensando as paredes estruturais Par 1, Par 2, Par 5 e Par 6 no caso da estrutura de betão e os contraventamentos laterais no caso da estrutura metálica. No entanto, esta modificação teria que ser estudada em conjunto com o projeto de arquitetura.

Para as restantes especialidades teve-se como referência a estrutura de betão armado apresentada.

4.2. Projeto de Redes

Neste subcapítulo será referido e justificado o dimensionamento realizado para as redes de abastecimento de águas prediais, drenagem de águas residuais e drenagem de águas pluviais.

4.2.1. Rede de Abastecimento de Águas Prediais

O estudo realizado para a rede de abastecimento de águas prediais contempla a localização e dimensionamento da coluna montante e dos ramais de alimentação (coletivos e individuais), prevendo-se que o sistema seja ligado à rede pública de abastecimento de água. O dimensionamento da rede predial foi realizado de acordo com as Normas Europeias, nomeadamente a EN 806-3 (2006) que aborda as especificações para instalações de transporte de água para consumo humano no interior dos edifícios. De modo a facilitar o uso das Normas Europeias, o cálculo foi realizado segundo o manual “Dimensionamento de redes prediais de águas e esgotos de acordo com as Normas Europeias” da Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais (ANQIP) (Afonso, A. (2007)).

A opção pela utilização da Norma Europeia em vez do Regulamento Geral Português é justificável uma vez que tem existido uma evolução significativa a nível das instalações prediais de águas e esgotos. Evoluções estas não acompanhadas pelo referido regulamento, e previstas nas Normas Europeias.

O dimensionamento desta rede foi concretizado através da realização de uma folha de cálculo na ferramenta Excel.

4.2.1.1. Descrição da Solução

A solução da rede de abastecimento apresentada possui um traçado simples, procurando-se a menor extensão possível de canalizações com vista a uma economia de execução, tanto a nível de materiais como de mão-de-obra.

Uma vez que se desconhece a pressão de serviço, o dimensionamento foi realizado de modo a que o sistema funcione em pleno, independentemente deste valor.

Assim, como elucida esquematicamente a Figura 40, optou-se pela utilização de um reservatório à entrada do edifício, e a jusante deste, uma bomba e um reservatório hidropneumático.

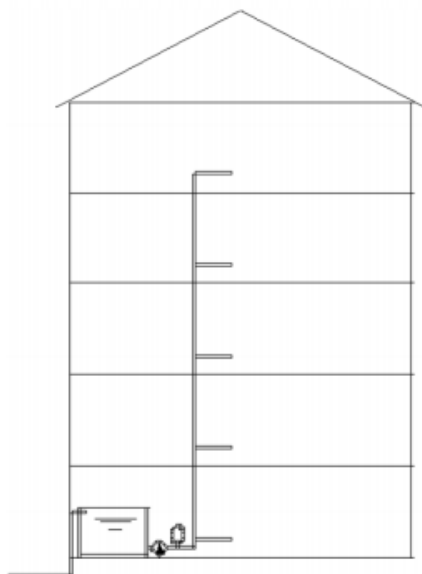


Figura 40. Esquematização da solução proposta (Afonso, A. (2015))

A colocação do reservatório hidropneumático a jusante a bomba é importante uma vez que evita o constante funcionamento da mesma em caso de utilização de algum dispositivo no edifício. Assim, a colocação deste reservatório permite uma maior vida útil do grupo de bombagem visto que reduz o número de arranques-paragens da bomba, assim como uma poupança de energia.

Com vista à facilidade de instalação, diminuição de abertura de roços e ainda um fácil acesso ao sistema em caso de necessidade, propõe-se a colocação de um painel de gesso cartonado nas instalações sanitárias, afastado entre 15 e 20 centímetros da parede estipulada na arquitetura de modo a que a rede interior circule no espaço disponível entre este dois referidos elementos. A colocação desta parede falsa é também justificável uma vez que foram projetadas paredes estruturais a delimitar zonas das instalações sanitárias, não podendo estas ser perfuradas.

É ainda de referir que o sistema de abastecimento do rés-do-chão é diferente a todos os outros andares. De modo a evitar aberturas de roços no pavimento térreo, na entrada do edifício eleva-se a rede até ao espaço existente entre a laje e o teto falso, circulando até às instalações sanitárias, descendo pelas referidas paredes falsas até aos dispositivos. As diferenças apresentadas são visível nas figuras representadas no subcapítulo “Traçado da Rede”.

Uma vez que se trata de um edifício de escritórios, apenas se considerou abastecimento de água fria.

4.2.1.2. Bases de Cálculo

Para o dimensionamento de uma rede de abastecimento de acordo com as Normas Europeias torna-se necessário a determinação do caudal de projeto. Este parâmetro corresponde ao caudal instantâneo considerado no dispositivo para efeito de cálculo.

Segundo a norma europeia, o caudal de projeto é representado através de unidades de carga “LU”. Este fator corresponde a uma ponderação do caudal necessário no dispositivo, a duração da sua utilização e o intervalo entre as respetivas utilizações. Uma unidade de carga (1LU) equivale a um caudal de projeto de 0,1 l/s.

Na Tabela 13 apresenta-se as unidades de carga a utilizar para o dimensionamento do edifício em questão.

Tabela 13. Unidades de carga a considerar para cada dispositivo

Referências	Caudal (l/s)	LU
Autoclismo de bacia de retrete	0,10	1
Fluxómetro de mictório	0,30	3
Lavatório individual	0,10	1

Posteriormente, é necessário determinar o valor de caudal de cálculo que corresponde ao caudal a utilizar nos cálculos, tendo em consideração a probabilidade de funcionamento de vários dispositivos em simultâneo. De acordo com a Figura 41, o valor de caudal de cálculo (1) é obtido através do somatório de todos os LU dos dispositivos abastecidos pelo ramal a dimensionar (2) e com o LU máximo do mesmo ramal (3).

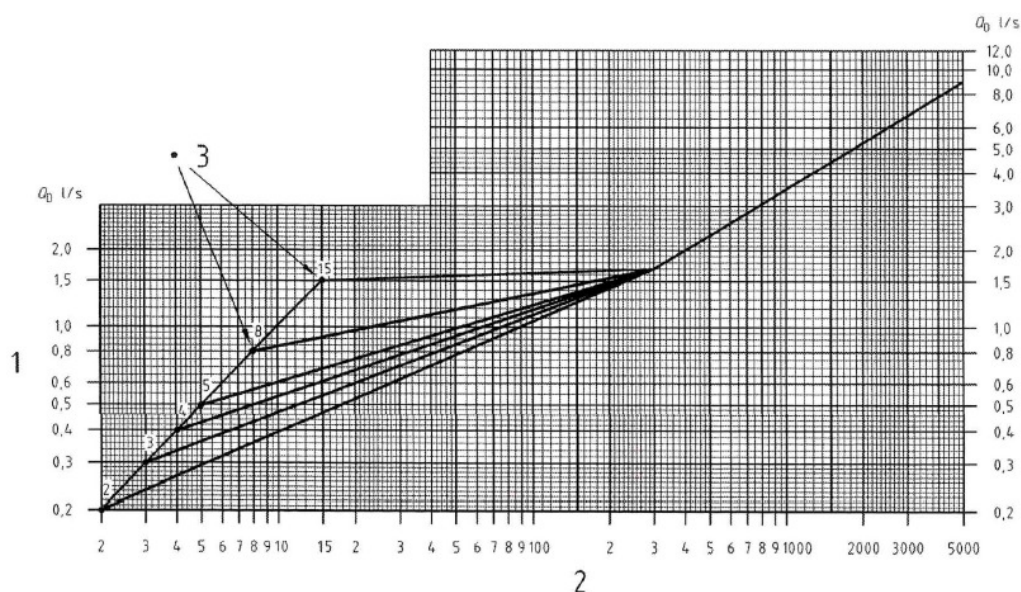


Figura 41. Caudal de cálculo em função do caudal total para instalações correntes

Velocidade Mínima e Máxima

Segundo a Norma Europeia EN806, a velocidade mínima e máxima admissível corresponde respetivamente a 0,5 m/s e a 2,0 m/s. As colunas montante são um caso de exceção possuindo no máximo o valor de velocidade de 1,5 m/s.

No entanto a velocidade máxima para todo o sistema foi limitada a 1,5 m/s, aumentando assim o nível de conforto (baixando nível de ruído, por exemplo).

Pressões Mínimas e Máximas

O dimensionamento da rede é condicionado pela garantia de uma pressão mínima e uma pressão máxima, respetivamente 10 e 50 metros de coluna de água (m.c.a.), em todos os dispositivos de utilização, segundo a já referida Norma Europeia.

Para o cálculo das pressões ao longo da rede, consideraram-se as perdas de carga contínuas, as perdas de carga localizadas e a diferença de altura do troço a considerar. Para simplificação dos cálculos considerou-se que as perdas de carga localizadas corresponde a 25% das perdas de carga contínuas. Por sua vez, estas últimas dependem do comprimento da tubagem, diâmetro interior, velocidade e o fator de rugosidade associado ao material da tubagem (polímero), considerado 0,000134 (Fórmula de Flamant).

4.2.1.3. Condições Técnicas Especiais

Tubagem

Para a rede de abastecimento referida, o material escolhido foi Polipropileno (PP-R), sendo este um material rígido. Como principais vantagens, o PP-R é resistente à corrosão (parâmetro fundamental uma vez que a tubagem pode entrar em contacto no exterior com elementos de pH variáveis, nomeadamente materiais de construção), possui baixa perda de carga, existe facilidade na sua aplicação e ainda é uma instalação silenciosa, elevando os padrões de conforto.

O dimensionamento foi realizado de acordo com os parâmetros comerciais do sistema Coprax da empresa COPRAX, S.A. Contudo, é possível utilizar outro qualquer fornecedor, desde que os parâmetros da tubagem sejam equivalentes ao referido.

A tubagem PP-R tem como característica variável a pressão nominal (PN) podendo variar entre 10 bar (PN10), 16 bar (PN16) e 20 bar (PN20). Assim sendo, optou-se pela utilização da tubagem PN20 uma vez que esta tem como campo de aplicação, entre outras, o

abastecimento de água fria (colunas montantes, ramais de ligação e de distribuição). É de realçar que a gama PN10 é suficiente para o abastecimento de água fria à exceção das colunas montantes que teria de ser PN20. No entanto optou-se por uniformizar a rede, adotando em todos os casos PN20. Deste modo, a gama escolhida é denominada por Coprax S2,5. Na Tabela 14, encontra-se descritos a gama de diâmetros disponíveis da gama de tubagem selecionada.

Tabela 14. Diâmetros da tubagem PP-R (PN20) da gama Coprax S2,5.

Referência	Diâmetro interno (mm)
Ø20	13,2
Ø25	16,6
Ø32	21,2
Ø40	26,6
Ø50	33,2
Ø63	42,0
Ø75	50,0
Ø90	60,0
Ø110	74,0

Reservatório, Bomba e Reservatório Hidropneumático

A pressão exercida pelo grupo hidropneumático deve ser adequada de modo a que a pressão máxima e mínima à saída dos dispositivos se encontrem nos intervalos regulamentares.

Desde o ponto da rede à entrada do edifício até ao dispositivo mais desfavorável relativo a pressões máximas, existe uma perda de carga quantificada em 0,95 metros. Por sua vez, a partir do mesmo ponto até ao dispositivo mais desfavorável relativo a pressões mínimas existe uma perda de carga de 27,10 metros.

De acordo com os valores de perdas de carga apresentados, o sistema hidropneumático terá de ser o apropriado para exercer uma altura manométrica entre 40 e 50 metros e todos os componentes (Reservatório, Bomba e Reservatório Hidropneumático) terão de ser os adequados para um caudal de entrada no edifício equivalente a 1,36 l/s.

4.2.1.4. Diâmetros da Rede

Ramal de Ligação

Para o ramal de ligação (ramal disposto à entrada do edifício) o diâmetro necessário para a verificação de todos os parâmetros regulamentares corresponde à referência Ø63.

Coluna Montante

Para a rede proposta, projetou-se uma coluna montante como diâmetro variável ao longo dos pisos do edifício. Os diâmetros deste elemento da rede encontra-se de forma resumida representada na Tabela 15.

Tabela 15. Diâmetros dos diversos troços da coluna montante

Piso	Referência
1º Piso	Ø63 / Ø50 ⁽¹⁾
2º Piso	Ø50
3º Piso	Ø50
4º Piso	Ø50
5º Piso	Ø50
6º Piso	Ø50 / Ø40 ⁽¹⁾
7º Piso	Ø40

⁽¹⁾ A mudança de diâmetros é realizada no ponto de interseção dos ramos de abastecimento coletivos e a coluna montante.

Ramais Coletivos e Individuais

Foram dimensionados todos os ramos da rede proposta. Os diâmetros associados aos ramos coletivos encontram-se representado nas plantas efetuadas. Por sua vez, os diâmetros relativos aos ramos individuais de cada dispositivo não foram representados para simplificação das referidas plantas, estando estes descritos na Tabela 16.

Tabela 16. Diâmetros adotados para os ramos associado a cada dispositivo

Referências	Referência
Autoclismo de bacia de retrete	Ø20
Fluxómetro de mictório	Ø25
Lavatório individual	Ø20

4.2.1.5. Traçado da Rede

Nas Figuras 42 e 43 encontram-se representados as plantas com a rede de abastecimento realizadas, respetivamente a planta das instalações sanitárias do rés-do-chão e dos restantes pisos.

Para mais fácil compreensão realizou-se duas isometrias correspondentes aos pisos já referidos, demonstradas nas Figuras 44 e 45.

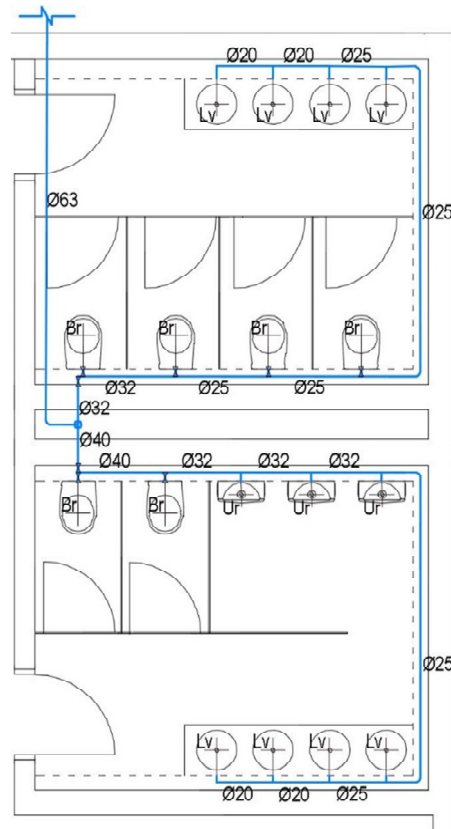


Figura 42. Planta da rede de abastecimento do 1º piso

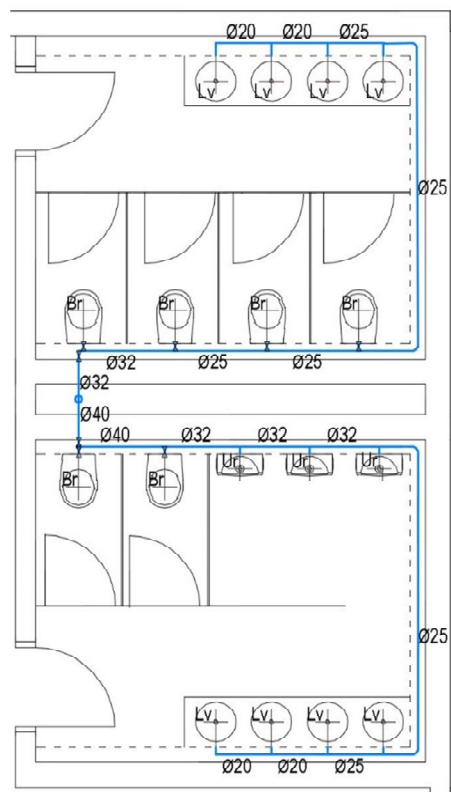


Figura 43. Planta da rede de abastecimento do 2º, 3º, 4º, 5º, 6º e 7º piso

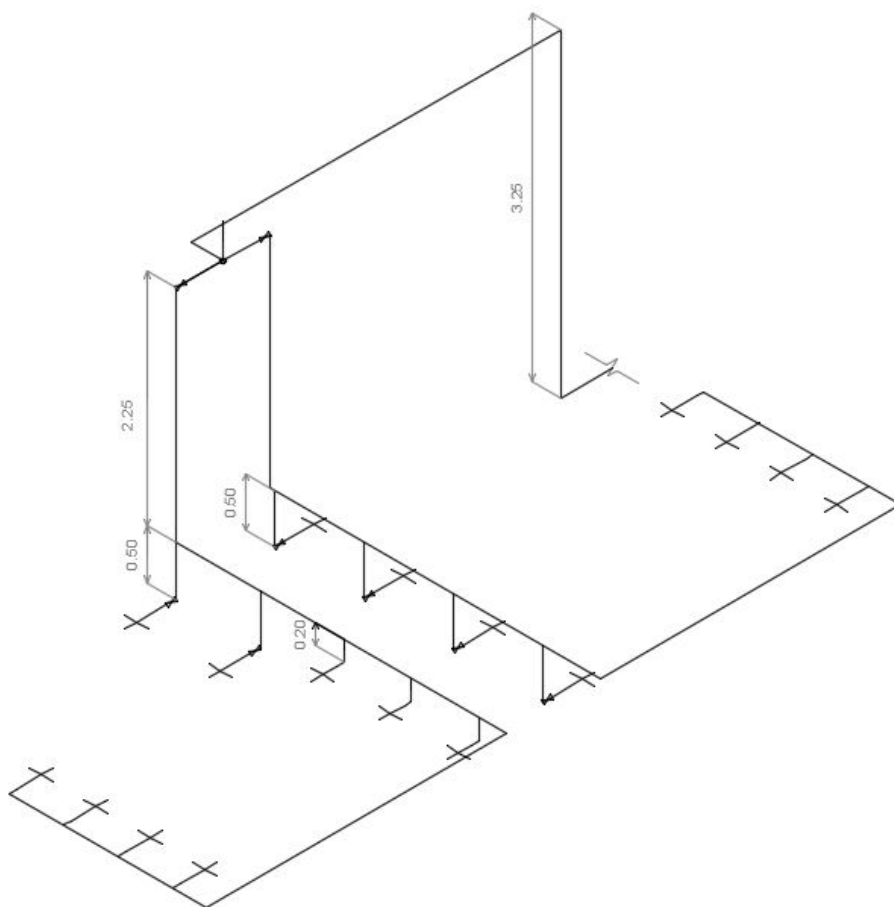


Figura 44. Isometria da rede de abastecimento do 1º piso

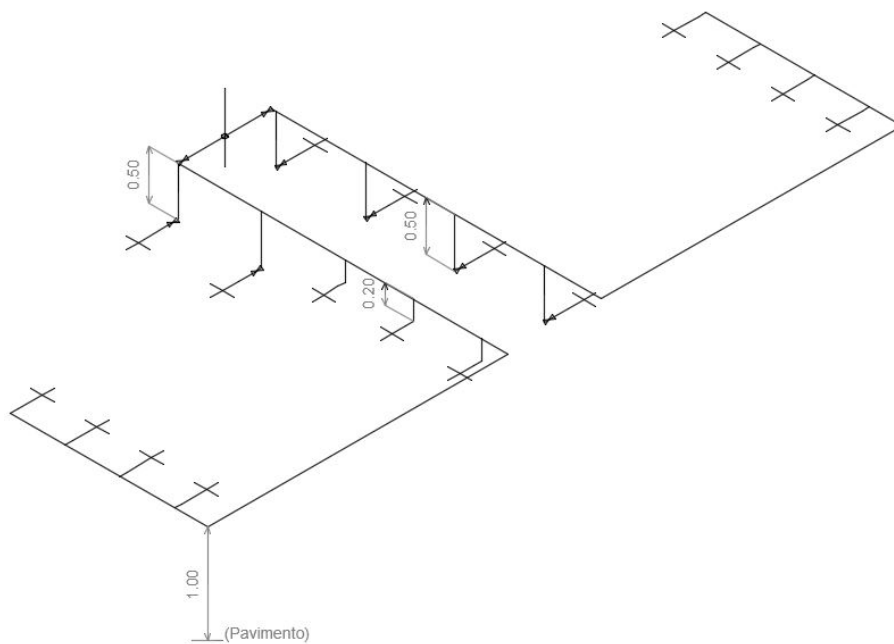


Figura 45. Isometria da rede de abastecimento do 2º, 3º, 4º, 5º, 6º e 7º piso

4.2.1.6. Quantidades

As quantidades apresentadas correspondem à tubagem necessária para instalar a rede no interior do edifício. Uma vez que se desconhece a ligação a rede pública, não foi contabilizado nenhum elemento necessário para o exterior do edifício.

Na Tabela 17 encontra-se representada resumidamente as quantidades necessárias de tubagem para cada diâmetro comercial.

Tabela 17. Quantidades de tubagem associadas à solução proposta

Referência	Quantidade (m)
Ø20	44,09
Ø25	80,82
Ø32	27,24
Ø40	15,41
Ø50	17,00
Ø63	7,43

Para além da tubagem discriminada na tabela anterior será necessário a colocação de 56 válvulas de seccionamento em toda a rede interior do edifício, sendo estas as necessárias a colocar no ramal de ligação a cada casa de banho e ainda no ramal individual de cada bacia retrete.

Para o exterior do edifício prevê-se a colocação de um contador, um reservatório, uma bomba, um reservatório hidropneumático, e ainda todas as válvulas necessárias a estes equipamentos.

4.2.1.7. Considerações

Como foi referido, não é conhecido a pressão de entrada do edifício, e assim sendo propõem-se uma tipologia de instalação que permite o seu pleno funcionamento independentemente deste valor.

Contudo, se a pressão de entrada disponível estiver no intervalo de 40 e 50 m.c.a. pode-se dispensar o reservatório, a bomba e o reservatório hidropneumático à entrada do edifício. Caso seja superior a 50 m.c.a. pode-se abastecer diretamente da rede, sendo necessário a implementação de válvulas redutoras de pressão à entrada de algumas instalações sanitárias, de modo a que a pressão nos dispositivos seja a adequada. Caso a pressão seja inferior a 40 m.c.a., em alternativa, pode-se abastecer pela rede nos pisos inferiores até cumprir a pressão mínima regulamentar nos dispositivos, e nos pisos superiores através da solução apresentada.

4.2.2. Rede de Drenagem de Águas Residuais

O estudo realizado para a rede de drenagem de águas residuais contempla a localização e dimensionamento dos ramais de descarga individuais e coletivos, tubos de queda e do coletor predial, prevendo-se que o sistema seja ligado à rede pública de drenagem de águas residuais. De igual forma ao já referido para a rede de abastecimento de águas prediais, o dimensionamento da rede foi realizado de acordo com as Normas Europeias, nomeadamente a EN 12056-2 (2000), segundo o manual “Dimensionamento de redes prediais de águas e esgotos de acordo com as Normas Europeias” da Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais (ANQIP), através da realização de uma folha de cálculo na ferramenta Excel.

4.2.2.1. Descrição da Solução

A solução apresentada baseia-se na realização de um traçado simples, com a menor extensão possível de canalizações.

Segundo a norma europeia existem diferentes sistemas e configurações que correspondem a diferentes soluções de uma rede de drenagem de águas residuais.

O sistema a ser considerado é o “*Sistema P*”, que tem como características principais a existência de um “*único tubo de queda (para águas negras e cinzentas), com escoamento a meia secção nos ramais de descarga*” (Afonso, A. (2007)).

Relativamente às configurações possíveis para o tubo de queda, trata-se de um sistema sem ventilação secundária, ou seja, o controlo das pressões é realizado unicamente através de ventilação primária, estando o tubo de queda aberto na atmosfera, localizado a 50 centímetros acima da cobertura. Por sua vez, referente à ventilação dos ramais de descarga, a solução proposta apresenta ramais não ventilados e ramais ventilados, sendo estes últimos dotados de uma válvula de admissão de ar. Para os referidos ramais de descarga, a norma estipula uma inclinação mínima de 1% e 0,5% respetivamente.

Referente à ligação dos ramais individuais aos ramais coletivos, e destes últimos aos tubos de queda, esta foi sempre realizada de modo a que a união fosse de 45°, tendo como vantagens a diminuição de emissões de ruído e entupimentos, comparativamente às ligações de 90°.

De igual forma ao apresentado na rede de abastecimento, utilizou-se a parede falsa para a circulação de toda a rede até aos tubos de queda posicionados na única *courette* do edifício.

Ao estudar a solução de deslocar as águas residuais provenientes destes tubos de queda até ao exterior do edifício, constatou-se que esta não poderia ser feita pelo pavimento devido à extensão que o coletor teria que possuir, uma vez que esta dimensão possui um limite máximo regulamentar (10Ø). Uma alternativa prática seria a colocação de uma caixa de visita no interior do edifício. No entanto, considerou-se que a colocação desta caixa no rés-do-chão não seria uma alternativa viável devido à utilidade do edifício. De modo a contornar esta questão, projetou-se um coletor no teto do primeiro piso, unindo as águas residuais das instalações sanitárias femininas e masculinas, permitindo deslocar a rede da *courette* até à parede exterior do edifício. Consequentemente, o traçado da rede de drenagem do rés-do-chão é diferentes da rede dos restantes pisos uma vez que as águas residuais são conduzidas para este novo tubo de queda.

É de notar que para a solução apresentada todos os dispositivos têm que ser sifonados.

4.2.2.2. Bases de Cálculo

Para o dimensionamento da rede de drenagem de águas residuais segundo a norma europeia, é necessário a determinação do caudal de cálculo que depende de três tipos de caudais: águas residuais domésticas, contínuos e de bombagem. Uma vez que na rede apresentada não existem os dois últimos referidos, o caudal total de cálculo corresponde ao caudal de águas residuais domésticas, dado por:

$$Q_{esg} = k \sqrt{\sum DU} \text{ (l/s)} \quad (3)$$

Em que:

k - Fator de frequência

$\sum DU$ - Somatório das unidades de descarga (l/s)

Para a funcionalidade do edifício, especta-se que a rede terá um uso frequente, e assim sendo o fator de frequência é quantificado em 0,7.

Por sua vez, as unidades de descarga são quantificadas dependendo do aparelho sanitário de acordo com a Tabela 18.

Tabela 18. Unidades de descarga para os aparelhos sanitários presentes no edifício

Referências	DU (l/s)
Bacia de retrete com cisterna (6 litros)	2,0
Urinol individual com fluxómetro	0,5
Lavatório individual	0,5

Relativamente à determinação do caudal de esgoto, é de notar que o valor obtido pela fórmula acima referida tem como valor mínimo a máxima unidade de descarga dos dispositivos considerados.

Posteriormente, recorre-se a tabelas disponíveis no manual da ANQIP que permitem o dimensionamento dos ramais e tubos de queda consoante a sua especificação e caudal.

Por sua vez, o diâmetro do coletor da rede de drenagem é obtido considerando escoamento a meia secção através da expressão de Manning-Strickler, dado por:

$$D = \frac{Q^{\frac{3}{8}}}{0,498 \cdot k^{\frac{3}{8}} \cdot i^{\frac{3}{16}}} \quad (4)$$

Sendo que:

D – Diâmetro do coletor (m)

Q – Caudal de cálculo (m^3/s)

k – Rugosidade da tubagem ($m^{1/3}/s^{-1}$)

i – Inclinação (m/m)

Referente à colocação de válvulas de admissão de ar, consoante o já referido, alguns dos ramais de descarga são considerados ramais ventilados. Esta designação é justificável uma vez que o comprimento do troço do ramal ultrapassa o limite regulamentar considerado para um ramal não ventilado (4 metros). Para estes casos, o caudal mínimo da válvula a adotar é dado pelo próprio valor de caudal de esgoto do ramal.

4.2.2.3. Condições Técnicas Especiais

Para a rede de drenagem referida, o material escolhido foi policloreto de vinil não plastificado (PVC-U). O dimensionamento foi realizado de acordo com os parâmetros comerciais da empresa Fersil, contudo é possível utilizar uma gama de produtos de qualquer outro fornecedor, desde que os parâmetros da tubagem sejam equivalentes ao referido.

Como principais vantagens, o PVC-U destaca-se pela sua boa resistência mecânica. Comparativamente ao PVC, o PVC-U é não plastificado, ou seja, significa que o produto final não foi amolecido pela adição de plastificantes. Esta diferença torna o PVC-U mais rígido comparativamente ao PVC.

Na Tabela 19, encontra-se descritos a gama de diâmetros disponíveis para a tubagem selecionada.

Tabela 19. Diâmetros da tubagem PVC-U da Fersil

Referência	Diâmetro interno (mm)
Ø32	26,0
Ø40	34,0
Ø50	44,0
Ø75	69,0
Ø90	84,0
Ø110	103.6
Ø125	118.6
Ø160	153.6
Ø200	192.2
Ø250	240.2
Ø315	302.6

4.2.2.4. Diâmetros da Rede

Ramais Coletivos e Individuais

Foram dimensionados os ramais coletivos e individuais para a rede de drenagem de águas residuais proposta. Ao contrário dos diâmetros dos ramais individuais, os diâmetros associados aos ramais coletivos encontram-se representado nas plantas efetuadas. Os diâmetros relativos aos ramais individuais de cada dispositivo encontram-se descritos Tabela 20.

Tabela 20. Diâmetros adotados para os ramais associado a cada dispositivo

Referências	Referência
Bacia de Retrete com cisterna de 6 litros	Ø90
Lavatório individual	Ø50
Urinol Individual com fluxómetro	Ø50

Tubos de Queda

Os diâmetros dos dois tubos de queda projetados encontram-se descritos por piso e por instalação sanitária que abrangem na Tabela 21.

Tabela 21. Diâmetros dos diversos troços do tubo de queda

Piso	Masculino	Feminino
1º Piso	Ø160 / Ø110 ⁽¹⁾	Ø160 / Ø125 ⁽¹⁾
2º Piso	Ø110	Ø125
3º Piso	Ø110	Ø125 / Ø110 ⁽¹⁾
4º Piso	Ø110	Ø110
5º Piso	Ø110	Ø110
6º Piso	Ø110	Ø110
7º Piso	Ø110	Ø110

⁽¹⁾ A mudança de diâmetros é realizada no ponto de interseção entre os ramais de descarga coletivos e o tubo de queda.

Coletor

O coletor considerado possui um diâmetro de 160mm, admitindo uma inclinação de 1% e um fator de rugosidade de $110 \text{ m}^{1/3}/\text{s}^{-1}$.

4.2.2.5. Válvulas de Admissão de Ar

Como já fora referido, houve a necessidade da colocação de válvulas de admissão de ar em certos ramais devido à sua extensão. Colocou-se então válvulas em ramais que têm associados 4 lavatórios (VAA1), 2 bacias de retrete e 3 urinóis (VAA2) e 4 bacias de retrete (VAA3).

Para estas diferentes válvulas o caudal mínimo a adotar corresponde a 0,99 l/s para a VAA1 e 2 l/s para as restantes.

É de notar que as válvulas encontram-se esquematizadas nas plantas apresentadas nas Figuras 46, 47 e 48.

4.2.2.6. Traçado da Rede

Foram realizadas as plantas da rede de drenagem de águas residuais com os respetivos diâmetros, representadas nas Figuras 46, 47 e 48. Para mais fácil compreensão da rede proposta para o rés-do-chão e 1º andar, realizou-se um corte representado nas referidas plantas e visível na Figura 49.

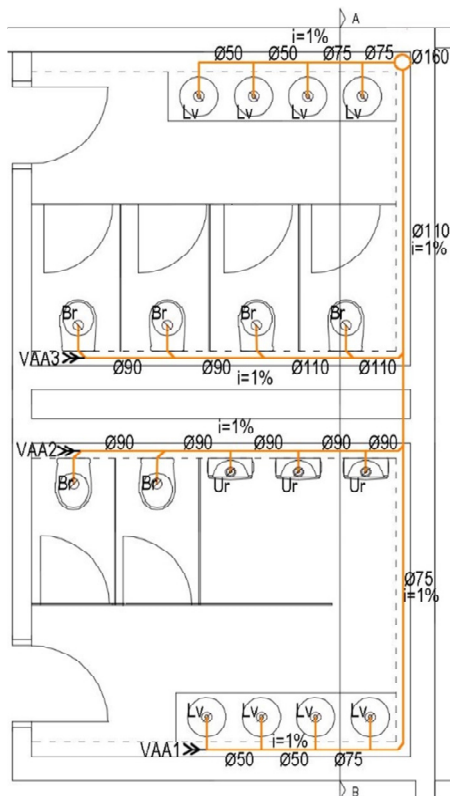


Figura 46. Planta da rede de drenagem do 1º piso

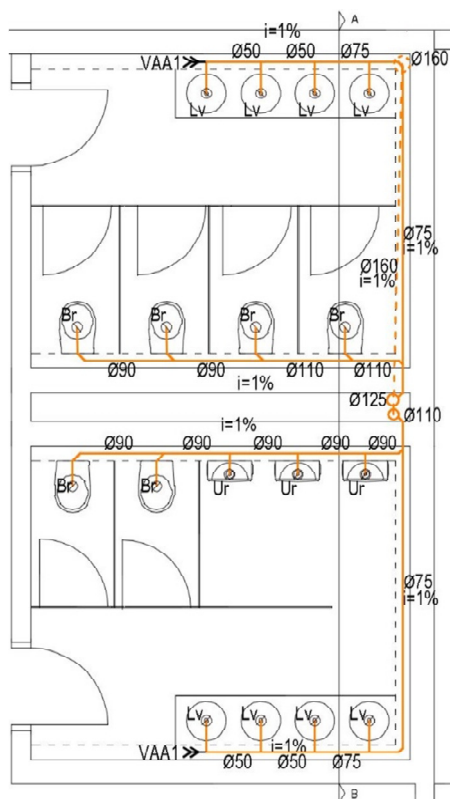


Figura 47. Planta da rede de drenagem do 2º piso

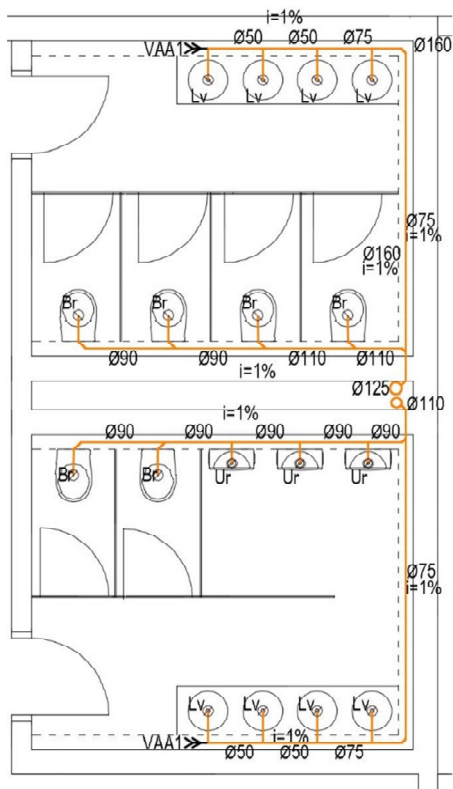


Figura 48. Planta da rede de drenagem do 3º, 4º, 5º, 6º e 7º piso

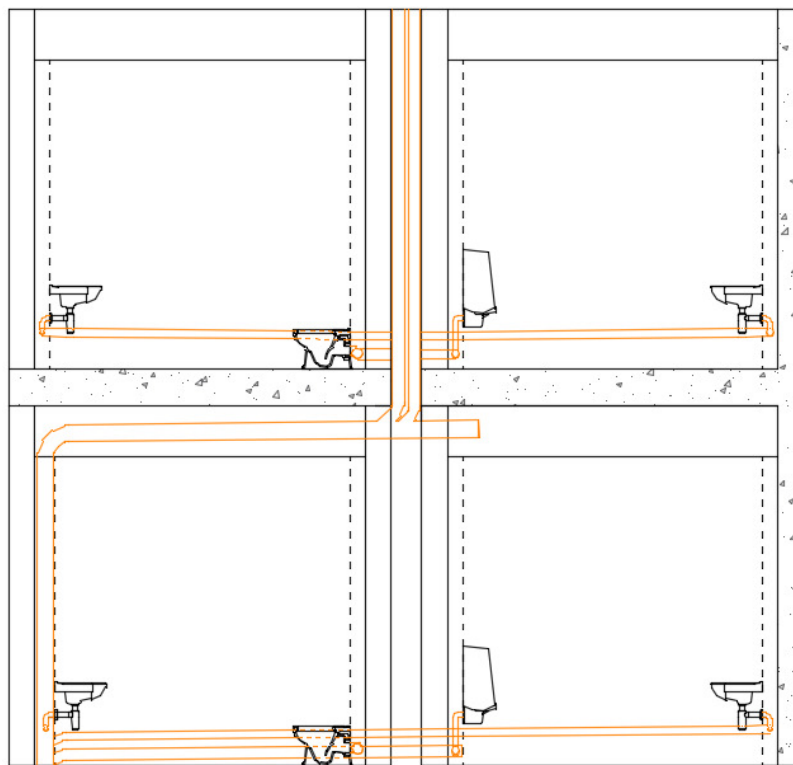


Figura 49. Corte AB com representação da rede de drenagem do 1º e 2º piso

4.2.2.7. Quantidades

Foram realizadas medições relativas à quantidade de tubagem necessária para a rede proposta, representadas na Tabela 22. Note-se que não foram considerados os acessórios, nomeadamente forquilhas e curvas de 45°.

Tabela 22. Quantidades associadas à solução proposta

Referência	Quantidade (m)
Ø50	34,27
Ø75	60,72
Ø90	41,87
Ø110	60,23
Ø125	4,60
Ø160	6,74

4.2.2.8. Considerações

Primeiramente, no dimensionamento da rede de drenagem de águas residuais apresentada, optou-se pela consideração de um fator de frequência de 0,5, sendo este o coeficiente correspondente a uso intermitente segundo o documento da ANQIP para edifícios de escritórios. No entanto, ao analisar os resultados, considerou-se que o caudal de cálculo obtido era reduzido para a quantidade de dispositivos e instalações sanitárias. Assim sendo considerou-se que mais adequado considerar um fator de frequência equivalente a 0,7 (uso frequente).

Outra consideração a realçar é que com vista à facilidade de implementação da rede, considerou-se a inclinação de 1% para todos os ramais. Contudo, para os ramais ventilados poder-se-ia considerar inclinação mínima de 0,5%.

4.2.3. Rede de Drenagem de Águas Pluviais

O estudo para a rede de drenagem de águas pluviais apresentado contempla a localização e dimensionamento dos ralos sifónicos, tubos de queda e restantes tubagens, prevendo-se que a rede seja ligada ao coletor público de águas pluviais.

O projeto apresentado obedece á norma NP EN 1253 (2007) “*Ralos para edifícios*”, que define os requisitos que se devem cumprir para que possam drenar água pluviais, conforme o definido pela norma EN 12056-3 (2000).

Relativamente à quantificação da intensidade de precipitação, a norma europeia sugere que este valor seja obtido através de dados estatísticos do local da implementação do edifício. Caso não existam dados estatísticos, a norma referida apresenta uma alternativa que não foi considerada por falta de informação.

4.2.3.1. Descrição e Condições Técnicas da Solução

No estudo de soluções para a implementação do sistema de drenagem de águas pluviais, a principal condicionante existente é a arquitetura do edifício. Para a geometria do edifício e para o tipo de solução de fachadas, a solução convencional de drenagem de água pluviais torna-se uma solução pouco apropriada.

Assim sendo, considerou-se que a solução mais adequada é a implementação de um sistema de drenagem por efeito sifónico.

Este tipo de solução baseia-se na utilização de ralos sifónicos (Figura 50) que impedem a entrada de ar no sistema, assegurando um escoamento a secção cheia. Comparativamente à solução convencional, um sistema de drenagem por efeito sifónico tem como principais vantagens a redução significativa dos diâmetros da tubagem, a possibilidade de os tubos serem horizontais, levando a que este sistema possa ser facilmente conciliado com a arquitetura, e a redução do número de tubos de queda.



Figura 50. Ralo sifónico GEBERIT

Após uma pesquisa das empresas que comercializam este tipo de sistemas, a solução escolhida foi a Geberit Pluvia da empresa GEBERIT.

De acordo com informações do fornecedor do respetivo sistema, adotou-se a colocação de 6 ralos sifónicos em cada cobertura (6º e 7º piso), com capacidade de descarga até 14 l/s cada um. Optou-se ainda pela colocação de um tubo de queda instalado na única *courette* do

edifício, sendo que a ligação até este é feita por tubagem posicionada no espaço disponível entre a laje e o teto falso. É de realçar a atenção tida com o posicionamento dos elementos estruturais definidos na solução estrutural, de modo a que não haja incompatibilidade deste sistema com a planta estrutural apresentada.

Associado ao sistema já referido, a Geberit propõe o sistema Geberit PEAD que consiste numa gama de tubos para drenagem de coberturas, entre outros. Fabricado em PEAD, a referida tubagem tem inúmeras vantagens como a sua flexibilidade, estanquidade, robustez e resistência a corrosão, quedas e impactos. Na Tabela 23 encontram-se representados os diâmetros mais usuais dos tubos da gama Geberit PEAD.

Tabela 23. Diâmetros dos Tubos Geberit PEAD

Referência	Diâmetro interno (mm)
Ø32	26,0
Ø40	34,0
Ø50	44,0
Ø56	50,0
Ø63	57,0
Ø75	69,0
Ø90	83,0
Ø110	101,4
Ø125	115,2
Ø160	147,6
Ø200	187,6

Para além das tubagens referidas, este sistema dispõe de inúmeros acessórios necessário à execução da rede bem como os elementos necessário à fixação da tubagem.

4.2.3.2. Bases de Cálculo

Para o dimensionamento de uma rede de drenagem pluvial, é fundamental o conhecimento de dados históricos e estatísticos da pluviosidade da região. Após a análise de dados disponíveis, concluiu-se que a informação meteorológica existente era insuficiente e contraditória.

De todos os dados obtidos, considerou-se que os dados mais credíveis são de um estudo onde é referido os valores médios mensais de precipitação para o período compreendido entre os anos de 1952 e 1996. Comparando estes valores com os valores médios mensais de precipitação, fornecidos pelo Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH), de uma estação meteorológica no mesmo período de tempo em Oliveira do Bairro

(Aveiro), constata-se que embora em diferentes meses do ano, os valores são assemelhados ao local de implementação do edifício.

Esta comparação torna-se necessária uma vez que não existe regulamentação aplicável ao País em questão, e assim sendo, efetua-se uma comparação às regiões pluviométricas descritas no Regulamento Geral Português, baseadas em dados estatísticos.

Na Figura 51 estão representado os valores referidos, constatando que o valor máximo na localização do edifício é sensivelmente inferior ao de Aveiro, estando assim o dimensionamento realizado pelo lado da segurança.

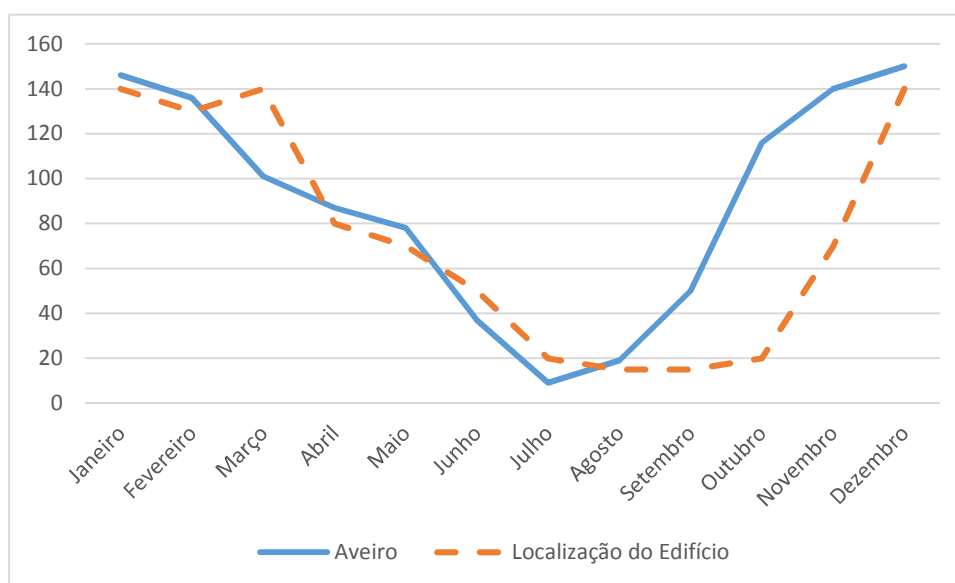


Figura 51. Médias mensais de precipitação (mm) entre os anos de 1952 e 1996

É de referir que esta comparação não é a mais precisa possível, uma vez que os valores comparados correspondem a médias, podendo a distribuição ao longo do tempo não ocorrer de igual forma nas duas regiões. Contudo, na ausência de informação, e com os dados disponíveis, considerou-se que esta fosse a solução mais coerente. Assim sendo, para o dimensionamento, a região do local de implementação da obra foi então assemelhada à Região Pluviométrica A, sendo esta a zona com intensidade de precipitação mais elevada em Portugal.

Considerando a Região Pluviométrica definida, para um período de retorno de 10 anos e uma duração de precipitação de 5 minutos, obtém-se o caudal correspondente a 0,0334 l/s por unidade de área (m^2), equivalente a uma intensidade de precipitação de 120.24 mm/h. É de

notar que os valores referidos foram escolhidos em conjunto com a equipa técnica da Geberit.

Embora o dimensionamento deste sistema de drenagem se baseie no princípio da conservação da energia de Bernoulli, o cálculo destes sistemas é complexo, sendo necessário um dimensionamento rigoroso. A empresa Geberit disponibiliza o dimensionamento dos sistemas de drenagem Geberit Pluvia como um serviço, recorrendo a um *software* próprio. Após o contacto com a referida empresa, a equipa técnica encarregou-se da realização do estudo da solução proposta.

4.2.3.3. Traçado da Rede

Nas Figuras 52 e 53 encontra-se esquematizado o traçado da rede realizado de acordo com as informações técnicas do sistema, enviado posteriormente à empresa Geberit para estudo.

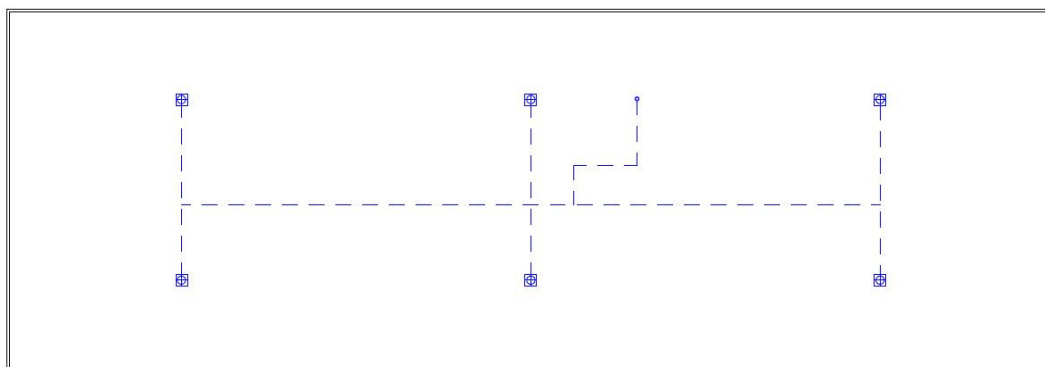


Figura 52. Planta da rede de drenagem de águas pluviais da cobertura

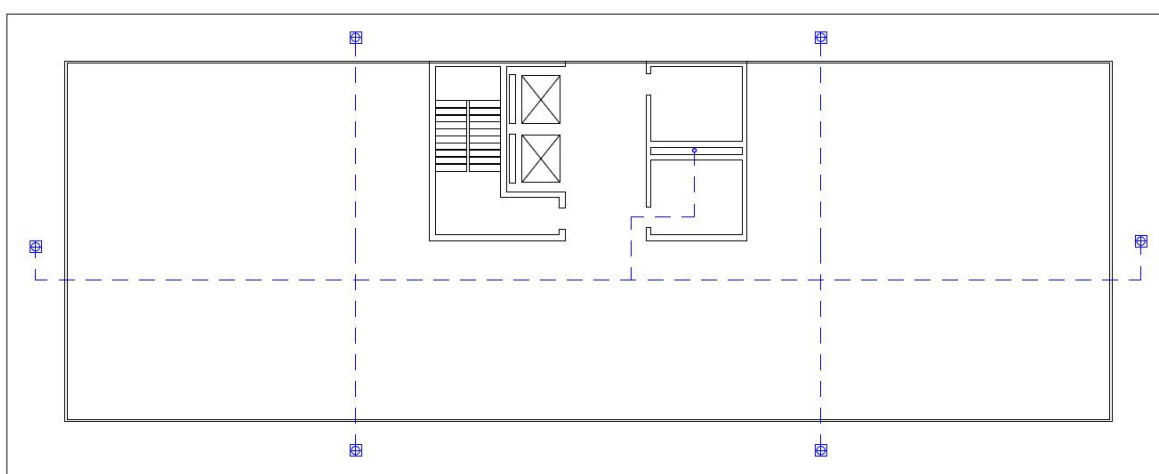


Figura 53. Planta da rede de drenagem de águas pluviais do 7º piso

Após o estudo da rede, a referida empresa forneceu informações técnicas como o caudal correspondente a cada ralo sifónico, diâmetros, caudais, pressão e comprimentos da tubagem. Foi também fornecido um traçado isométrico da rede, representado na Figura 54, estando pormenorizado com informação suplementar no Anexo I.

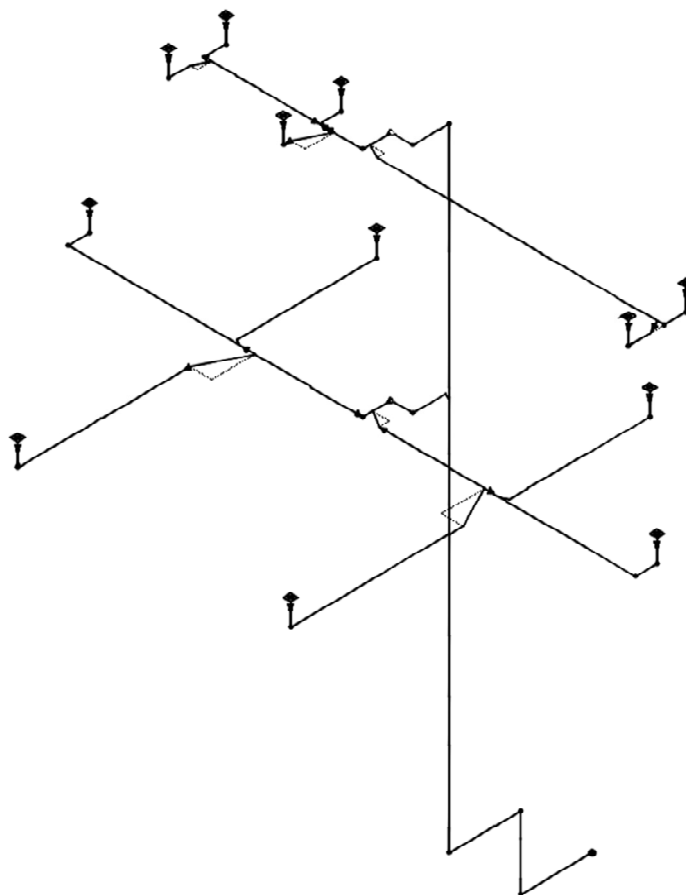


Figura 54. Isometria da rede de drenagem de águas pluviais proposta

4.2.3.4. Quantidades

Para a referida rede é necessário diferentes componentes tais como ralos, tubagens, acessórios e material de fixação.

Relativamente aos ralos sifónicos, como já fora referido, prevê-se a utilização de 6 por cobertura, fazendo um total de 12 ralos com capacidade de escoamento de 14l/s.

A quantidade de tubagem necessária para a rede proposta encontra-se discriminada por diâmetros na Tabela 24.

Tabela 24. Quantidades de tubagem associadas à solução proposta

Referência	Quantidade (m)
Ø40	10,4
Ø50	78,1
Ø56	43,3
Ø63	6,2
Ø75	18,2
Ø90	40,2

4.2.3.5. Considerações

O tipo de solução apresentado considera-se o mais vantajoso por todas as considerações já referidas. Contudo existem parâmetros a realçar.

A montagem deste sistema tem que ser realizada por um instalador com formação específica dada pela Geberit. Este facto pode ser uma vantagem uma vez que é garantido a qualidade do sistema, podendo ser uma desvantagem pelo facto de ser necessário contratar mão-de-obra especializada.

A utilização deste sistema de drenagem de águas pluviais implica que no projeto de estabilidade seja necessário considerar as aberturas necessárias à passagem da tubagem entre elementos estruturais (lajes). Este facto não foi tido em conta no estudo estrutural realizado uma vez que não se considerou relevante, sendo apenas necessário reforçar a abertura com armaduras.

Outro ponto fundamental a referir sobre este sistema é o seu custo associado. Para a solução apresentada, a equipa técnica da Geberit apresentou um orçamento equivalente a 5.027,00€ sem I.V.A., que corresponde ao custo dos ralos, canalizações, acessórios e sistema de fixação, discriminado na Tabela 25.

Tabela 25. Custos associados relativamente á solução proposta

Ralos Sifónicos	1.563,60€
Canalizações	617,90€
Acessórios	570,50€
Sistema de fixação	2.275,00€

Comparativamente com o sistema tradicional, a solução apresentada torna-se mais dispendiosa, sendo esta a principal desvantagem.

4.3. Estudo do Comportamento Térmico

O estudo do comportamento térmico apresentado contempla uma abordagem teórica de todas as considerações regulamentares e parâmetros a ter em conta para a tipologia do edifício.

4.3.1. Regulamentação e Bases de Cálculo

No âmbito do estudo comportamento térmico do edifício em questão, uma vez que não havia conhecimento de toda a legislação em vigor, houve necessidade de realizar uma abordagem da mesma. O estudo do comportamento térmico é muito vasto, e assim sendo, os conteúdos adquiridos academicamente foram introdutórios.

A regulamentação em vigor visa a integração do Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e do Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS) no Sistema Certificação Energética dos Edifícios (SCE) promovido pelo Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de Agosto. É de realçar que o edifício em estudo tem como finalidade atividades de serviços, sendo aplicável o RECS.

Segundo o Decreto-Lei já referido, e no seguimento do pretendido, um edifício de comércio e serviços pode ser classificado em Grande Edifício de Comércio e Serviços (GES) e Pequeno Edifício de Comércio e Serviços (PES). Um GES é definido como “*edifício de comércio e serviços cuja área interior útil do pavimento (...) iguale ou ultrapasse 1000 m²*”. Por sua vez, um PES é definido como “*edifício de comércio e serviços que não seja um GES*” (Decreto-Lei n.º 118/2013). De acordo com a área do edifício em estudo, conclui-se que este se enquadra num GES.

No estudo do desempenho energético de um edifício de serviços é necessário quantificar o Indicador de Eficiência Energética (IEE), composto pelo somatório de diferentes consumos de energia, como se pode verificar pela seguinte expressão:

$$IEE = IEE_S + IEE_T - IEE_{ren} \quad (kWh_{EP}/m^2 \cdot ano) \quad (5)$$

Sendo, segundo a Portaria n.º 349-D/2013:

IEE_S – “Consumos de energia que são considerados para efeito de cálculo da classificação energética do edifício”;

IEE_T – “Consumos de energia que não são considerado para efeito de cálculo da classificação energética do edifício”;

IEE_{ren} – “Determinado com base na produção de energia elétrica e térmica a partir de fontes de energias renováveis”.

Na Tabela 26 são apresentados os consumos de energia a considerar para o cálculo do IEE_S e IEE_T, aplicados ao edifício em estudo.

Tabela 26. Consumos de energia a considerar no IEE_S e no IEE_T (Adaptado da Portaria nº17-A/2016)

Consumos no IEE _S	Consumos no IEE _T
Aquecimento e arrefecimento ambiente incluindo humidificação e desumidificação	Ventilação e bombagem não associada ao controlo de carga térmica
Iluminação interior	Equipamentos de frio
Iluminação exterior	Iluminação dedicada e de utilização pontual
Ventilação e bombagem em sistemas de climatização	Todos os equipamentos e sistemas não incluídos em IEE _S
Elevadores	

A referida portaria identifica o método de cálculo a considerar para a tipologia do edifício em estudo. Considerando que se trata de um GES e um edifício novo, o método a utilizar é “*Simulação dinâmica multizona*”, estando esta simulação descriminada na mesma portaria. De acordo com a Portaria n.º 349-A/2013, a responsabilidade da emissão de pré-certificados e certificados de Grandes Edifícios de Serviços cabe a um Perito Qualificado-II. A Lei n.º 58/2013 estipula as qualificações profissionais dos Peritos Qualificados, e para a categoria II é necessário, entre outros requisitos, ser profissionais “*engenheiros mecânicos, engenheiros técnicos mecânicos, engenheiros eletrotécnicos, engenheiros técnicos de energia e sistemas de potência, especialistas em engenharia de climatização ou energia*”. Assim sendo, para a tipologia do edifício em estudo, um engenheiro civil não tem qualificações para a realização desta especialidade, uma vez que os sistemas de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC) são preponderantes para o estudo do comportamento térmico do edifício.

4.4. Projeto de Condicionamento Acústico

O estudo do condicionamento acústico contempla a apresentação de soluções construtivas para o edifício em questão, e a respetiva verificação dos requisitos acústicos regulamentares. Para esta verificação foram elaboradas folhas de cálculo na ferramenta Excel.

4.4.1. Regulamentação e Bases de Cálculo

O estudo de soluções relativas ao comportamento acústico do edifício foi realizado com base no Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE (2008)).

Segundo este regulamento e a tipologia do edifício (serviços-escritórios) é necessário verificar o índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea entre o exterior e o interior do edifício ($D_{2m,nT,w}$) e ainda o índice de isolamento sonoro a sons de precursão provenientes de compartimentos superiores ao analisado ($L'_{nT,w}$). No referido regulamento, é estipulado limites para ambos os índices, não podendo o primeiro referido ser inferior a 30 dB (para compartimentos destinados a escritórios) e o último superior a 60 dB. Os índices $D_{2m,nT,w}$ e $L'_{nT,w}$ são dados, respetivamente, por:

$$D_{2m,nT,w} = R_w + 10 \text{Log} \left(\frac{T}{T_0} \right) \text{ dB} \quad (6)$$

$$L'_{nT,w} = L_{n,w} - 10 \text{Log} \left(\frac{T}{T_0} \right) \text{ dB} \quad (7)$$

Em que:

R_w - Índice de isolamento sonoro (dB);

$L_{n,w}$ - Índice de isolamento a sons de percussão (dB);

T - Tempo de reverberação do compartimento em estudo (s);

T_0 - Tempo de reverberação de referência (0,5s).

O índice R_w foi calculado em função da massa superficial dos elementos de compartimentação (m), segundo as seguintes expressões:

$$R_w = 21,7 \text{ Log} \left(\frac{m}{1 \text{ kg m}^{-2}} \right) - 2,3 \pm 1 \text{ dB} \quad m \geq 50 \text{ kg m}^{-2} \quad (8)$$

$$R_w = 32,4 \text{ Log} \left(\frac{m}{1 \text{ kg m}^{-2}} \right) - 26 \text{ dB} \quad m \geq 100 \text{ kg m}^{-2} \quad (9)$$

$$R_w = 40 \text{ Log} \left(\frac{m}{1 \text{ kg m}^{-2}} \right) - 45 \text{ dB} \quad m > 150 \text{ kg m}^{-2} \quad (10)$$

No caso da fachada a analisar contenha diferentes elementos na sua superfície (exemplo: parede alvenaria com envidraçado), torna-se necessário o cálculo de um R_w “equivalente”

que resulta de uma ponderação dos valores obtidos dos elementos individualmente de acordo com a sua percentagem de área. Este R_w equivalente, é então dado por:

$$R_w = 10 \text{ Log} \left(\frac{\sum S_i}{\sum S_i \cdot 10^{-\frac{R_w}{10}}} \right) \text{ dB} \quad (11)$$

Em que S_i corresponde à área de cada elemento da fachada (m^2).

Referente aos sons de percussão, a determinação do índice $L_{n,w}$ foi realizada pelo método invariante. Este método permite obter este parâmetro através do índice R_w da laje e ainda de valores padrão de $R_w+L_{n,w}$ que se baseiam na tipificação de lajes utilizadas em edifício.

Por sua vez, o Tempo de Reverberação correspondente ao “*intervalo de tempo necessário para que a energia volúmica do campo sonoro de um recinto fechado se reduza a um milionésimo do seu valor inicial*” utilizando “*bandas de oitava centradas nas frequências de 500 Hz, 1000 HZ e 2000 Hz*”, para “*edifícios comerciais e de serviços, e partes similares em edifícios industriais*”. (RRAE (2008)). Este valor é obtido por:

$$T_r = \frac{0.16 \cdot V}{\sum S_i \cdot \alpha_i} \text{ (s)} \quad (12)$$

Em que α_i corresponde aos coeficientes de absorção sonora para as referidas bandas de frequência e V ao volume interior do compartimento analisado (m^3).

Segundo o anexo do referido regulamento, este parâmetro encontra-se limitado de acordo com fórmula abaixo descrita:

$$T \leq 0,15 V^{\frac{1}{3}} \text{ (s)} \quad (13)$$

4.4.2. Envoltentes e Parâmetros dos Compartimentos

O regulamento tido por base no estudo do comportamento acústico do edifício apenas prevê a verificação a sons aéreos provenientes do exterior em fachadas. Contudo, considerou-se pertinente realizar esta verificação na cobertura (Piso 6 e 7) e do pavimento em contato com o exterior (Piso 2).

Na Figura 55 encontra-se esquematicamente representadas as diferentes envoltentes para análise de cada piso. É de realçar que para os diferentes pisos existem diferentes situações, sendo que a análise é igual para o 3º, 4º e 5º piso.

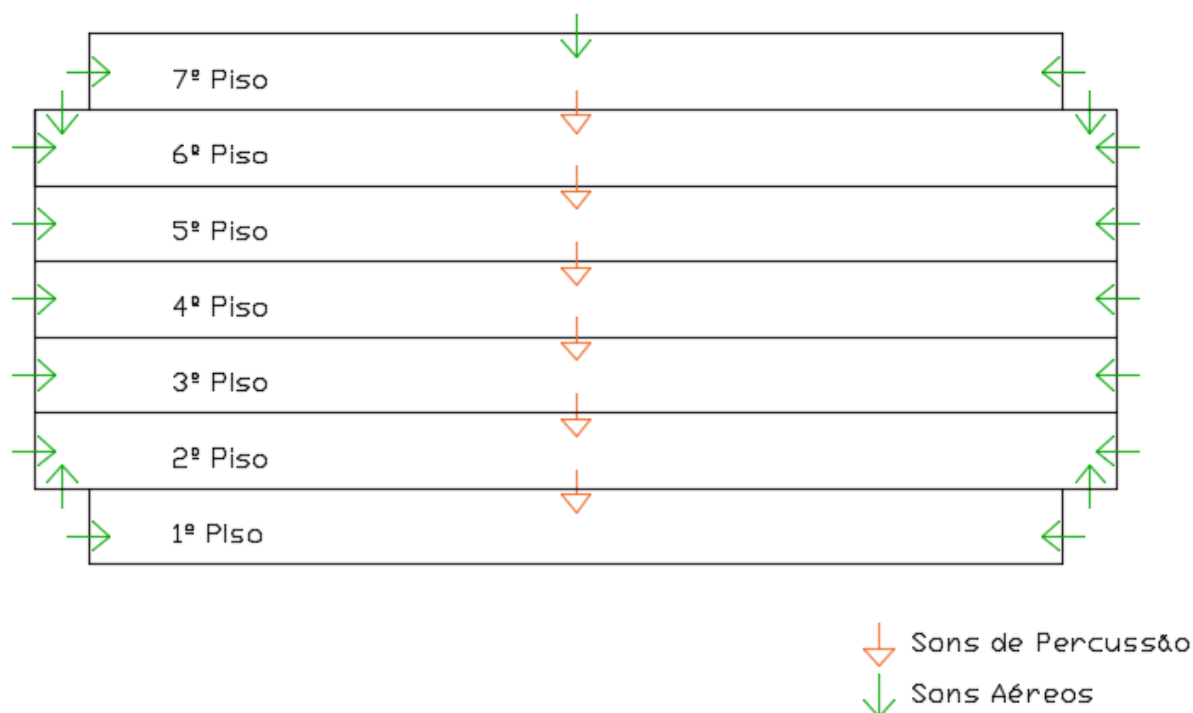


Figura 55. Envolventes com requisitos acústicos do edifício

Tal como já fora referido, a disposição da compartimentação não é fixa, espectando-se que haja uma alteração ao longo do tempo da disposição dos mesmos. Como se trata apenas de um estudo do comportamento acústico e soluções dos elementos, consideraram-se as compartimentações propostas pelo Arquiteto responsável. É provável que dentro de cada compartimento representado haja diferentes espaços. No entanto, prevê-se que esses espaços sejam divididos com elementos de compartimentação que não façam uma divisão total do compartimento.

É de notar que o estudo do comportamento acústico não foi realizado para o 1º piso uma vez que não foi sugerido nenhuma compartimentação para o mesmo. Assim sendo, a disposição das compartimentações terá que ser estudada para realizar a posterior análise acústica.

As Figuras 56 e 57 demonstram as soluções de compartimentação estudada para os diferentes pisos do edifício.

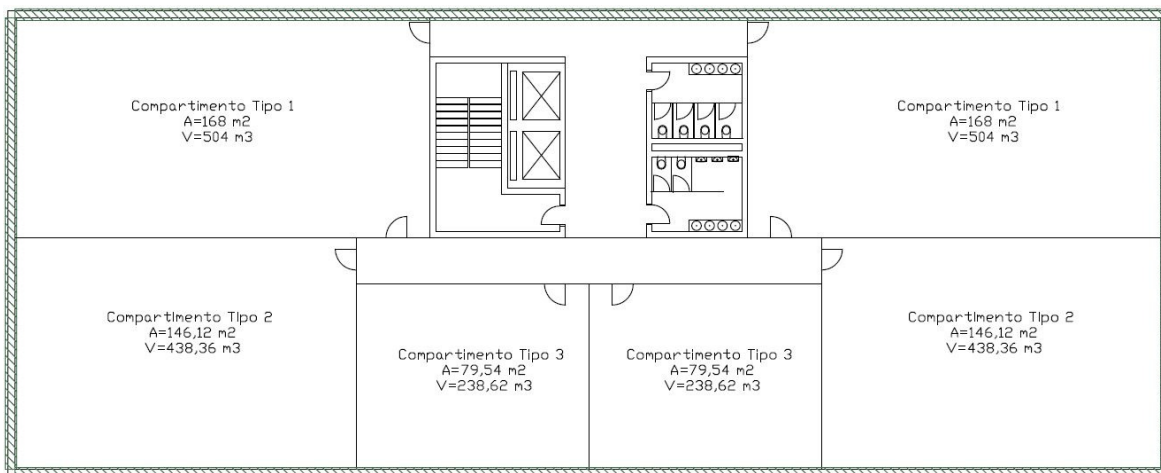


Figura 56. Solução de compartimentação estudada para o 2º, 3º, 4,5º e 6º piso

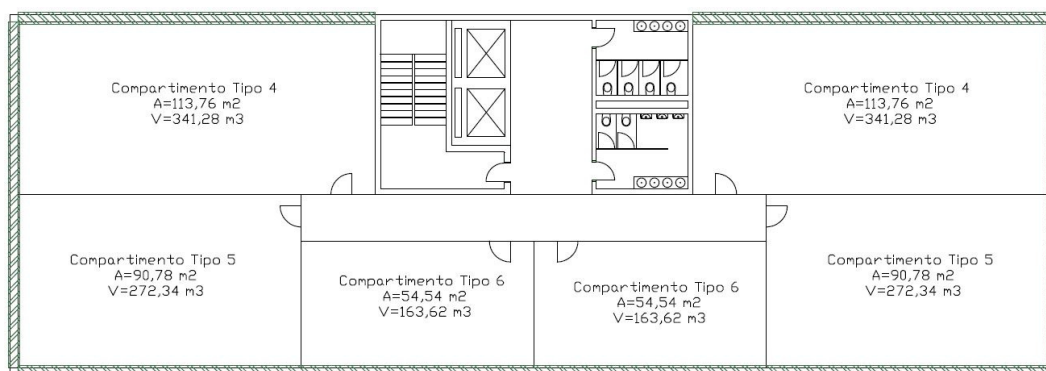


Figura 57. Solução de compartimentação estudada para o 7º piso

4.4.3. Medições

O cálculo do tempo de reverberação relativo a um dado compartimento depende da área de cada revestimento considerado. Na Tabela 27 apresentam-se as áreas de cada revestimento associado a cada tipo de compartimento.

Tabela 27. Medições para cada compartimento identificado (m²)

	Área					
	Pavimento	Teto	Paredes Exteriores	Paredes Interiores Leves	Paredes Interiores Rebocadas	Portas
Compartimento Tipo 1	168,00	168,00	81,80	55,02	23,18	3,60
Compartimento Tipo 2	146,12	146,12	73,90	72,10	0,00	1,80
Compartimento Tipo 3	79,54	79,54	30,00	75,93	0,00	1,80
Compartimento Tipo 4	113,76	113,76	68,37	44,28	22,22	1,80
Compartimento Tipo 5	90,78	90,78	58,90	57,10	0,00	1,80
Compartimento Tipo 6	54,54	54,54	30,00	60,92	0,00	1,80

Por sua vez, para a verificação do $D_{2m,nT,w}$ é necessário todas as áreas dos diferentes elementos de compartimentação em contacto com o exterior, descritas na Tabela 28.

Tabela 28. Medições das envolventes a verificar (m^2)

		Áreas	
		Envolvente em contacto com o exterior	
		Fachada	Pavimento/Cobertura
2º Piso	Compartimento Tipo 1	81,80	46,85
	Compartimento Tipo 2	73,90	48,95
	Compartimento Tipo 3	30,00	21,80
3º, 4º e 5º Piso	Compartimento Tipo 1	81,81	0,00
	Compartimento Tipo 2	73,90	0,00
	Compartimento Tipo 3	30,00	0,00
6º Piso	Compartimento Tipo 1	81,80	46,85
	Compartimento Tipo 2	73,90	48,95
	Compartimento Tipo 3	30,00	21,80
7º Piso	Compartimento Tipo 4	68,37	113,76
	Compartimento Tipo 5	58,90	90,78
	Compartimento Tipo 6	30,00	54,54

4.4.4. Soluções e Condições Técnicas

As soluções apresentadas correspondem a soluções que verificam os requisitos acústicos. Uma vez que não foi realizada o estudo térmico do edifício, não foram tidos em conta quaisquer isolamentos para esta finalidade. Contudo, é de notar que ao colocar um isolamento térmico, este será favorável para o comportamento acústico, levando a que exista um maior isolamento sonoro relativamente à solução apresentada.

4.4.4.1. Paredes Exteriores

De acordo com o aspeto das fachadas exteriores definido na arquitetura verifica-se que estas são compostas por uma zona opaca e uma zona translúcida.

Para a zona opaca propõe-se como solução a implementação de fachadas ventiladas compostas por elementos de suporte (parede simples de alvenaria) rebocado em ambos os lados, caixa-de-ar e um painel com a sua estrutura de suporte. Nesta caixa-de-ar é possível aplicar isolamento térmico se necessário.

Para o painel de revestimento foram tidas como referência as características técnicas do elemento da referência “KRION Pure Lux” da empresa Porcelanosa.

Foram então consideradas as espessuras e as massas volúmicas representadas na Tabela 29.

Tabela 29. Características dos elementos considerados para as paredes exteriores

	Espessura (cm)	Massa volúmica (kg/m ³)
Reboco	4,0 (2,0+2,0)	2000,0
Tijolo	20,0	650,0
Caixa-de-ar	7,0	1,2
Painel de revestimento	1,2	1710,0

Por sua vez, na zona translúcida optou-se pela colocação de um vidro duplo de isolamento acústico da gama “ISOLAR AKUSTEX” com espessura total de 27mm (8-15-4) e com um R_w de 37 dB.

Neste estudo, considerou-se ainda que a área de cada elemento correspondia a 50% da área da fachada total.

4.4.4.2. Paredes Interiores

Para o cálculo do tempo de reverberação teve-se em consideração dois tipos de paredes interiores.

Nos compartimentos em estudo estão presentes maioritariamente paredes divisórias leves constituídas por gesso cartonado. Para a contabilização dos elementos “portas” presentes nestas paredes considerou-se que o material destas se assemelhava ao das paredes divisórias. Considerou-se ainda que as frinchas existentes no contorno na porta são desprezáveis para este estudo.

Entre os compartimentos do tipo 1 e 4 e o vão de escadas e casas de banho prevê-se a existência de elementos divisórios constituídos por alvenaria e betão armado. No entanto, para ambos, o revestimento a aplicar é reboco, e assim sendo, não existe distinção no coeficiente de absorção sonora.

4.4.4.3. Pavimentos

Para a solução do revestimento de pavimento apresenta-se um vinílico comercializado pela empresa Forbo Revestimentos, SA da gama “Sarlon”. Trata-se de um vinílico acústico que permite maximizar a redução de sons provenientes de sons de percussão. O vinílico escolhido permite uma redução da transmissão de sons de percussão (ΔL_w) de 15 dB.

Como solução para o revestimento do teto, apresenta-se um teto falso composto por fibras minerais do comerciante Armstrong (referência: Perla). Este teto possui uma composição que permite grandes coeficientes de absorção sonora contribuindo para a diminuição do tempo de reverberação.

Para além dos elementos já referidos, foram ainda contabilizados outros materiais que fazem parte deste elemento de compartimentação. Na Tabela 30 encontram-se descritos as características de todos os materiais contabilizados.

Tabela 30. Características dos elementos considerados para o pavimento

	Espessura (cm)	Massa volúmica (kg/m ³)
Vinílico "Sarlou"	0,26	1038,5
Betonilha	5,00	1800,0
Laje	35,00	2500,0
Caixa-de-ar	50,00	1,2
Teto Falso "Perla"	1,70	276,5

É de notar que, tal como se encontra representado na Figura 55, o 2º piso tem uma zona em consola, estando parte do pavimento em contacto com o exterior. Para essa zona, considerou-se que a solução era idêntica à apresentada anteriormente, sendo que a diferença é a existência de um reboco, com 2 centímetros de espessura e massa volúmica de 2000 kg/m³, e a não existência da caixa-de-ar e do teto falso.

4.4.4.4. Cobertura

Para a escolha da solução construtiva da cobertura, foi tido por base o sistema "SICOP – Sistema integral de cobertura plana", proposto pela empresa Sotecnisol Coberturas & Fachadas.

Na Tabela 31 encontram-se representados alguns elementos já referidos anteriormente e ainda alguns elementos propostos pelo sistema "SICOP", estando as características apresentadas disponíveis nas fichas técnicas do respetivo sistema.

Tabela 31. Características dos elementos considerados para a cobertura

	Espessura (cm)	Massa volúmica (kg/m ³)
Seixo	10,00	1600,0
Geotêxtil	0,26	115,4
Tela impermeabilização	0,15	1306,7
Camada de forma (betão celular)	10,00	300,0
Laje	35,00	2500,0
Caixa-de-ar	50,00	1,2
Teto Falso "Perla"	1,70	276,5

4.4.4.5. Coeficientes de Absorção Sonora

A cada elemento de revestimento, é associado diferentes coeficientes de absorção sonora que permitem o cálculo do tempo de reverberação do compartimento em estudo. Na Tabela

32 encontram-se representados todos os coeficientes de absorção sonora dos revestimentos considerados.

Tabela 32. Coeficiente de absorção sonora dos diferentes revestimentos

	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
Reboco e Pintura	0,02	0,02	0,02
Vidro	0,05	0,04	0,03
Placa de gesso cartonado pintado	0,02	0,03	0,04
Vinílico "Sarlon"	0,04	0,05	0,05
Teto Falso "Perla"	0,60	0,85	0,95

Para além dos revestimentos, foi também contabilizado os coeficientes de absorção sonora relativamente ao mobiliário espectável no compartimento. Nesta contabilização, considerou-se um valor padronizado de densidade de ocupação equivalente a 15m² por ocupante, e ainda que a cada ocupante pertence uma secretária e uma cadeira. Para estes elementos foram considerados os coeficientes representados na Tabela 33.

Tabela 33. Área de absorção sonora equivalente para mobiliário, em m²

	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
Secretária (vazia)	0,03	0,04	0,06
Cadeira almofadada (vazia)	0,28	0,28	0,28

Também foi contabilizado o ar presente no compartimento no cálculo do tempo de reverberação. Assim sendo, consideraram-se para as frequências de 500, 1000 e 2000 Hz os coeficientes de absorção sonora de 0,000; 0,003 e 0,0011, respetivamente.

4.4.5. Resultados Obtidos

Tempo de Reverberação

Na definição do revestimento do teto falso, primeiramente optou-se pela utilização de um teto falso simples, composto por uma placa de gesso cartonado (Solução 1) e posteriormente uma solução com um teto com características próprias para redução do tempo de reverberação (Perla - Solução 2). Na Tabela 34 é possível verificar a diferença de tempos de reverberação obtidos para as duas soluções apresentadas bem como a comparação com o limite máximo regulamentar. Note-se que a Solução 1 ultrapassa estes limites, sendo assim uma solução a desprezar.

Tabela 34. Tempo de reverberação para cada compartimento e cada solução (s)

	Tr		
	Máximo	Solução 1	Solução 2
Compartimento 1	1,19	3,57	0,55
Compartimento 2	1,14	3,55	0,55
Compartimento 3	0,93	3,32	0,54
Compartimento 4	1,05	3,44	0,54
Compartimento 5	0,97	3,30	0,54
Compartimento 6	0,82	3,15	0,54

Sons Aéreos

Através das fórmulas enunciada no subcapítulo “Regulamentação e Bases de Cálculo”, determinaram-se todos os valores correspondentes aos indices de isolamento sonoro de cada solução construtiva e ainda o índice de isolamento sonoro equivalente para as paredes exteriores, representados na Tabela 35. É de realçar que o último referido depende da relação da zona opaca e zona translucida relativamente à parede exterior. Uma vez que se considerou que a cada elemento pertencia 50% da fachada, este valor não varia de compartimento para compartimento.

Tabela 35. Índice de isolamento sonoro para os elementos representados (dB)

	Parede exterior			Pavimento	Cobertura
	Opaco	Translucido	Equivalente		
R_w	49,51	37,00	39,77	75,13	76,22

De modo a verificar os valores impostos regulamentares, determinou-se o $D_{2m,nT,w}$, representados na Tabela 36.

Tabela 36. Valores obtidos na verificação do isolamento sonoro (sons aéreos) (dB)

		$D_{2m,nT,w}$ (Fachada)	$D_{2m,nT,w}$ (Pavimento/Cobertura)
Piso 2	Compartimento 1	40,17	75,53
	Compartimento 2	40,16	75,52
	Compartimento 3	40,12	75,48
Piso 3,4,5	Compartimento 1	40,17	-
	Compartimento 2	40,16	-
	Compartimento 3	40,12	-
Piso 6	Compartimento 1	40,17	76,61
	Compartimento 2	40,16	76,61
	Compartimento 3	40,12	76,56
Piso 7	Compartimento 4	40,14	76,58
	Compartimento 5	40,11	76,56
	Compartimento 6	40,09	76,52

É de notar que todos os valores correspondentes a este índice são superiores a 30 dB, verificando as imposições regulamentares.

Sons de Percussão

Na verificação aos sons de percussão foi necessário estipular um valor associado ao tipo de laje, neste caso, maciça, correspondente a $R_w + L_{n,w}$. A este valor retirou-se o R_w do pavimento e ainda o ΔL_w associado ao revestimento de pavimento, obtendo assim o valor correspondente apenas a $L_{n,w}$.

É de realçar que apenas foi realizada esta verificação para os pisos 2, 3, 4, 5 e 6, excluindo o piso 7, uma vez que não se prevê que este andar seja recetor de sons deste carácter.

Na Tabela 37 encontram-se apresentados todos os valores associados à verificação a sons de percussão. É de notar que os valores correspondentes a $L'_{nT,w}$ são inferiores a 60 dB, verificando as imposições regulamentares.

Tabela 37. Valores obtidos na verificação do isolamento sonoro (percussão) (dB)

	$R_w + L_{n,w}$	R_w	ΔL_w	$L_{n,w}$	$L'_{nT,w}$
Compartimento 1					45,06
Compartimento 2	135	74,52	15	45,48	45,06
Compartimento 3					45,14

4.4.6. Esquematização das Soluções

Com vista a apresentar as diferentes soluções propostas, realizou-se uma pormenorização e de todos os elementos num perfil esquemático do edifício, visível na Figura 58.

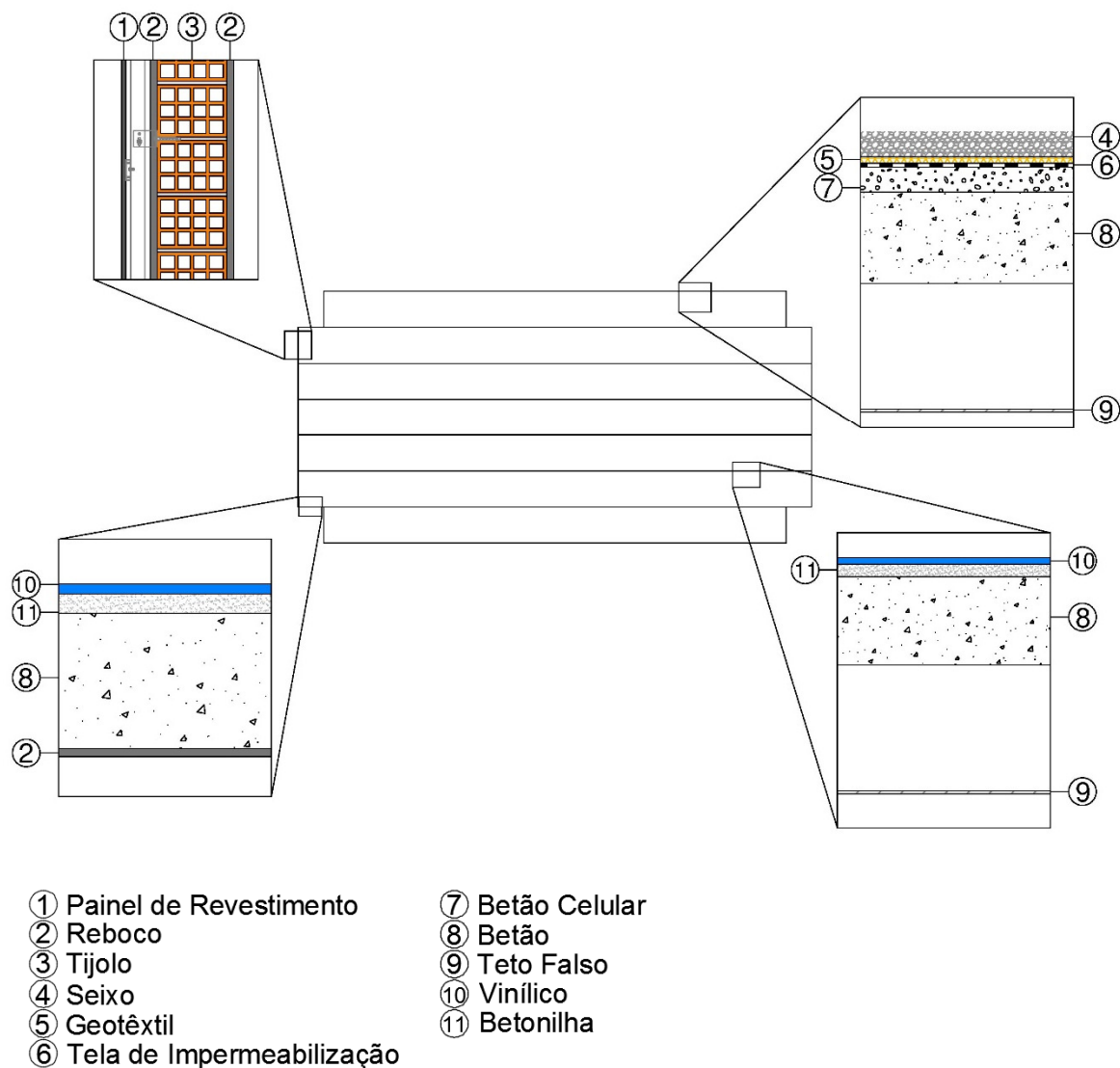


Figura 58. Esquemática das soluções propostas

4.4.7. Considerações

A análise do comportamento acústico apresentada trata-se apenas de um estudo. Existem parâmetros necessários em falta tal como a área de envidraçado a considerar nas fachadas, a definição da disposição da compartimentação, entre outros.

Note-se que não foram considerados ruídos provenientes de equipamentos tais como o ar condicionado, uma vez que se desconhece o equipamento a instalar, e o elevador, visto que a sua localização não interfere com os compartimentos a analisar. Também foram desprezados os efeitos de transmissão marginal, uma vez que se considerou que estes não são de grande relevância para o estudo realizado.

É de referir ainda que as soluções construtivas apresentadas para o edifício se tratam apenas de exemplos possíveis a implementar de modo a que se cumpram os limites regulamentares impostos no RRAE. São propostas ainda diferentes soluções a alguns dos elementos referidos.

Como alternativa ao vinílico sonoro apresentado, propõem-se um vinílico da empresa “Tarkett” da gama “Starfloor Vintage”, ou semelhante. Como característica, este vinílico tem uma redução ao ruído de impacto de 2 dB. Associado a este revestimento, propõem-se a colocação de um subpavimento de cortiça com o objetivo do aumento do desempenho à redução de ruído por impacto. Foi tido como referência um subpavimento de cortiça aglomerada e borracha reciclada proposto pela empresa “Amorim” da gama “AcusticCORK T51”. A referida gama permite a colocação de pavimento Vinílico diretamente no aglomerado de cortiça, e permite uma redução de 16 dB no ruído de impacto.

Como alternativa ao teto falso apresentado, apresenta-se um teto da empresa “Pladur” (referência: FON⁺ C18/18 BA) composto por gesso laminado de alta densidade. O painel apresentado é perfurado de acordo com o representado na Figura 59, tendo uma espessura 1,3 cm e um peso aproximado de 10 kg/m².

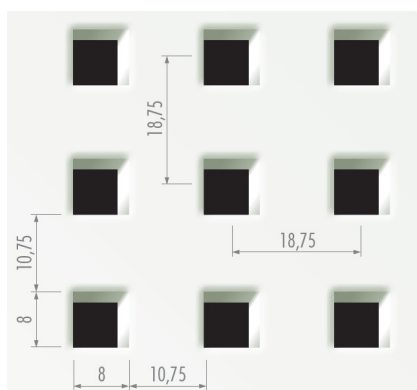


Figura 59. Desenho das perfurações do referido painel

5. CONCLUSÃO

Este relatório teve como objetivo a apresentação do estágio curricular realizado na empresa FOeng, ao longo de 9 meses, com uma carga horária de 24 horas semanais. Durante o estágio curricular foram realizados trabalhos em apoio aos colaboradores da empresa, bem como trabalhos associados a um estudo de soluções de diversas especialidades para um edifício de serviços.

Para o referido estudo, com o objetivo de ser obtida a solução mais vantajosa, estudou-se a realização do edifício em estrutura de betão armado e estrutura metálica, sendo realizada uma comparação de ambas as soluções. Para as especialidades de redes prediais e condicionamento acústico, apresentaram-se as soluções consideradas mais eficientes, sendo que para a última especialidade referida, são apresentadas algumas alternativas às soluções construtivas consideradas. Ainda sobre este estudo, considera-se que foi uma mais-valia a oportunidade de poder conciliar todas as especialidades no mesmo edifício, percebendo-se que todas estas devem ser realizadas em concordância, e nunca isoladamente.

Para a realização de todas os referidos trabalhos foi necessário a aprendizagem de ferramentas informáticas, facilitando a execução dos mesmos. Embora tenha existido um grande contato com as mesmas, foi tido sempre em consideração que estas nunca devem substituir o conhecimento humano, sendo essencial realizar uma boa análise de resultados, e por vezes confrontar resultados com cálculo manual.

De todos os trabalhos realizados, realça-se a não realização de nenhum cálculo relativo ao estudo do comportamento térmico. Este facto deve-se a não ter surgido oportunidade de participar em nenhum projeto existente na empresa e na impossibilidade da realização desta especialidade para o edifício em estudo. No entanto considera-se que este tema é muito vasto, sendo necessário um grande conhecimento de toda a regulamentação e de toda a metodologia de cálculo para realizar um estudo de comportamento térmico.

A escolha pela realização do estágio curricular demonstrou-se uma oportunidade motivadora, dado a quantidade de conhecimentos adquiridos com todas as tarefas realizadas. É uma mais-valia a oportunidade de se poder aplicar conteúdos aprendidos academicamente em projetos de engenharia civil, com engenheiros dotados de uma vasta experiência. Embora

se considere que foram adquiridos conceitos suficientes ao longo do percurso académico, todos os trabalhos realizados permitiram uma perceção diferente das matérias abordadas.

Considera-se ainda que existiu um grande melhoramento de conhecimentos relativo ao setor, apenas com a convivência do dia-a-dia com os engenheiros da FOeng, presenciando o procedimento, as etapas e a organização de muitos projetos.

Relativamente ao papel de um projetista, é considerado cada vez mais rigoroso e complexo, devido à elevada concorrência no mercado da construção civil e às elevadas exigências impostas num determinado edifício. Associado a estas questões constata-se que um Engenheiro Civil, ao longo da sua carreira, passa por uma aprendizagem constante acompanhando sempre todas as evoluções associadas ao sector da construção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- NP EN ISO 9001. (2008). *Manual de Gestão da Qualidade*.
- Portaria n.º 701-H/2008 de 29 de Julho. D.R. n.º145, Série I.
- RSA (1983). Decreto-Lei nº 235/83 de 31 de Maio. *Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes*.
- NP EN 1990 (2009). *Eurocódigo – Bases para o projecto de estruturas*. Instituto Português da Qualidade.
- NP EN 1991 (2009). *Eurocódigo 1 – Acções em estruturas*. Instituto Português da Qualidade.
- NP EN 1992 (2010). *Eurocódigo 2 – Projecto de estruturas de betão*. Instituto Português da Qualidade.
- NP EN 1993 (2010). *Eurocódigo 3 – Projecto de estruturas de aço*. Instituto Português da Qualidade.
- NP EN 1995 (1998). *Eurocódigo 5 – Projecto de estruturas de madeira*. Instituto Português da Qualidade.
- NP EN 1997 (2010). *Eurocódigo 7 – Projecto geotécnico*. Instituto Português da Qualidade.
- NP EN 1998 (2010). *Eurocódigo 8 – Projecto de estruturas para resistência aos sismos*. Instituto Português da Qualidade.
- Correia dos Reis, A., Brazão Farinha, M., & Brazão Farinha, J. P. (2012). *Tabelas Técnicas*. Edições Técnicas E.T.L., Lda.
- Cachim, P., & Morais, M. (2013). *Estruturas de betão BASES DE CÁLCULO*. Porto: Publindústria, Edições Técnicas. ISBN: 978-989-723-040-0.
- Cachim, P. (2005). *Lajes de betão armado*. Universidade de Aveiro.
- Cachim, P. (2010). *Pré-dimensionamento de lajes vigas e pilares*. Universidade de Aveiro. Instituto Superior Técnico. Tabelas Diversas – Grupo de betão Armado e Pré esforçado.
- REBAP (1983). Decreto-Lei n.º 349-C/83 de 30 de Julho. *Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado*.
- ArcelorMittal (2014). *Sections and Merchands Bars*.
- ArcelorMittal (2013). *Lajes Mistas*.
- Decreto-Lei n.º 220/2008 de 12 de Novembro. D.R. n.º 220, Série I.

- Portaria n.º 1532/2008 de 29 de Dezembro. D.R. n.º250, Série I.
- RGSPDADAR (1994). Decreto-Lei n.º 207/94 de 6 de Agosto. *Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais da Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais*.
- RMSPDADAR (2007). Edital n.º 837-A/2007 de 18 de Setembro. *Regulamento Municipal dos Sistemas Prediais de Distribuição de Água e Drenagem de Águas Residuais*.
- Afonso, A. (2007). *Manual do Curso sobre Dimensionamento de Redes Prediais de Águas e Esgotos de acordo com as Normas Europeias*. Região Centro: ANQIP.
- Afonso, A. (2015). *Apontamentos sobre instalações hidráulicas prediais*.
- EN 806-3 (2006). *Specifications for installations inside buildings conveying water for human consumption*. British Standards Institution.
- EN 12056-2 (2000). *Gravity drainage systems inside buildings*. British Standards Institution.
- NP EN 1253 (2007). *Ralos para edifícios*. Instituto Português da Qualidade.
- COPRAX, S.A. (2012). *Tubos e acessórios em polipropileno*.
- VALSIR (2013). *Sistema de drenagem sifónico de águas pluviais*.
- Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de Agosto. D.R. n.º 159, Série I.
- Portaria n.º 349-A/2013 de 29 de Novembro. D.R. n.º232, Suplemento, Série I.
- Portaria n.º 349-B/2013 de 29 de Novembro. D.R. n.º 232, Suplemento, Série I.
- Portaria n.º 379-A/2015 de 22 de Outubro. D.R. n.º 207, Série I.
- Portaria n.º 349-C/2013 de 2 de Dezembro. D.R. n.º 233, 2.º Suplemento, Série I.
- Portaria n.º 349-D/2013 de 2 de Dezembro. D.R. n.º 233, 2.º Suplemento, Série I.
- Portaria n.º 17-A/2016 de 4 de Fevereiro. D.R. n.º 24, Série I.
- Despacho n.º 15793-C/2013 de 3 de Dezembro. D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II.
- Despacho n.º 15793-D/2013 de 3 de Dezembro. D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II.
- Despacho n.º 15793-E/2013 de 3 de Dezembro. D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II.
- Despacho n.º 15793-F/2013 de 3 de Dezembro. D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II.
- Despacho n.º 15793-G/2013 de 3 de Dezembro. D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II.
- Despacho n.º 15793-H/2013 de 3 de Dezembro. D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II.
- Lei n.º 58/2013 de 20 de Agosto. D.R. n.º159, Série I.
- Santos, C., & Matias, L. (2006). *Coefficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios*. Lisboa: LNEC.
- RRAE (2008). Decreto-Lei n.º 96/2008 de 9 de Junho. *Alteração ao Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios*.

RGR (2007). Decreto-Lei nº 9/2007 de 17 de Janeiro. *Alteração ao Regulamento Geral do Ruído*.

Patrício, J. (2008). *Acústica nos edifícios*. Lisboa: Verlag Dashofer, Edições Profissionais, Unip., Lda. ISBN: 978-972-8906-56-6.

PLADUR (2015). *PLADUR FON + c8/18 BA (Teto contínuo)*.

Armstrong. *Perla*.

PORCELANOSA Grupo (2013). *KRION ventilated façade*.

Amorim Cork Composites. *Underlay T51*.

Forbo Flooring Systems. *Technical specifications sarlon 15dB*.

Tarkett. *Ficha técnica Starfloor Vintage*.

ISOLAR AKUSTEX (2012). *O Vidro Isolante par a Tranquilidade e o Conforto*.

SOTECNISOL MATERIAIS. *ECOPVC FV 1,5*.

SOTECNISOL MATERIAIS. *Tecgeo ST 300*.

SOTECNISOL ENGENHARIA. *Betão Celular-Ficha Técnica*

Cype Ingenieros, S.A. (2010). *Cypecad-Manual do Utilizador*.

Cype Ingenieros, S.A. (2010). *Novo metal 3D-Manual do Utilizador*.

Cype Ingenieros, S.A. (2009). *Instalações do edifício (Água)-Manual do Utilizador*.

Cype Ingenieros, S.A. (2009). *Instalações do edifício (Residuais)-Manual do Utilizador*.

Cype Ingenieros, S.A. (2009). *Instalações do edifício (Pluviais)-Manual do Utilizador*.

Cype Ingenieros, S.A. (2009). *Infraestruturas urbanas-Manual do Utilizador*.

Cype Ingenieros, S.A. (2009). *Cypevac III-Manual do Utilizador*.

Websites consultados:

<http://www.adra.pt>

<http://www.anqip.com>

<http://www.blocotelha.com>

<http://www.casa.tarkett.pt>

<http://www.colaborante.pt>

<http://www.coprax.com/pt/go/tubo-em-pp-r-coprax>

<http://www.ebah.pt/content/ABAAABHD0AC/resistencia-dos-materiais-trelicas-cisalhamento-torcao-flambagem>

<https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/retscreen.cgi>

<http://www.fercanorte.com.pt>

<http://www.fo-engenheiros.com/foeng/>

<http://www.fopil.pt/pt/>

<http://www.geberit.pt>

<http://www.itecons.uc.pt/catalogoptl/index.php?module=catlg>

<http://www.preceram.pt/tradicional.php>

<http://www.presdouro.pt/lajes/>

<http://www.climate-data.org/>

<http://www.pt.roca.com>

http://www.pvc.la/o_que_e_o_pvc.html

<http://snirh.pt/>

<http://www.sotecnisol.pt/coberturas-e-fachadas/sistemas/sicop/sicop-sistema-integral-de-cobertura-plana/sicop-sistema-integral-de-cobertura-plana/>

<https://turismonodouro.comportugal.com/>

<http://www.weatheronline.pt/>

Softwares utilizados:

[AUTOCAD : 2014] : <http://www.autodesk.pt/>

[CYPE INGENIEROS : 2012] : <http://www.topinformatica.pt/>

[CYPE INGENIEROS : 2016] : <http://www.topinformatica.pt/>

[MICROSOFT OFFICE : 2013] : <https://www.microsoft.com>

[SAP2000 : 2013] : <http://www.csiamerica.com/>

ANEXOS

ANEXO I – ISOMETRIA DA REDE DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS

