



# ACOMPANHAMENTO DA REMODELAÇÃO E AMPLIAÇÃO DA CASA DE SAÚDE SÃO MATEUS

**ANDREI FLORIN BONYA**

novembro de 2017



## Acompanhamento da Remodelação e Ampliação da Casa de Saúde São Mateus

ANDREI FLORIN BONYA

Outubro de 2017

# **ACOMPANHAMENTO DA REMODELAÇÃO E AMPLIAÇÃO DA CASA DE SAÚDE SÃO MATEUS**

ANDREI FLORIN BONYA

Relatório de Estágio submetido para satisfação parcial dos requisitos do grau de  
**MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL – RAMO DE CONSTRUÇÕES**

Orientador: Prof.<sup>ª</sup> Eunice Maria Vilaverde Fontão

Supervisor: Eng.<sup>º</sup> Élio Afonso Cardoso (Embeiral – Engenharia e Construção, S.A.)

**OUTUBRO DE 2017**

# ÍNDICE GERAL

Índice Geral .....	iii
Resumo.....	v
Abstract .....	vii
Agradecimentos .....	ix
Índice de Texto .....	xi
Índice de Figuras.....	xv
Índice de Tabelas.....	xix
Glossário.....	xxv
Abreviaturas .....	xxvii
Capítulo 1 Introdução .....	1
Capítulo 2 Apresentação do estágio e da empresa .....	3
Capítulo 3 Ampliação e reabilitação da Casa de Saúde São Mateus .....	9
Capítulo 4 Estudo da fachada ventilada da Casa de Saúde São Mateus .....	79
Capítulo 5 Ensaios realizados.....	127
Capítulo 6 Considerações Finais .....	131
Referências Bibliográficas .....	137
Anexos .....	141



## RESUMO

O presente relatório tem como objetivo descrever o estágio realizado, o acompanhamento da direção de obra, as tarefas desenvolvidas e ainda um estudo das ações externas sobre os revestimentos da fachada da obra.

Numa primeira fase do relatório, apresenta-se a empresa de acolhimento, a sua estrutura e o local da obra. A obra é relativa à ampliação e reabilitação da Casa de Saúde São Mateus em Viseu, sendo que os trabalhos acompanhados foram de encontro a parte da reabilitação do espaço. Seguidamente descrevem-se todas as intervenções acompanhadas no âmbito do estágio.

Na segunda fase do relatório descrevem-se as tarefas desenvolvidas como adjunto do diretor de obra, permitindo relacionar o acompanhamento dos trabalhos em obra com o desenvolvimento de atividades de controlo e supervisão dos trabalhadores, de modo a assegurar a segurança e higiene em obra.

Durante o acompanhamento da obra e das diversas intervenções, surgiu o interesse em realizar um estudo sobre os materiais que revestem a fachada do edifício da Casa de Saúde São Mateus, nomeadamente o fenólico e o vidro, analisando o comportamento quando sujeitos a ações externas.

É apresentado um estudo das ações exteriores a fachada do edifício da Casa de Saúde São Mateus, nomeadamente, ação do vento e ação sísmica. O primeiro estudo apresenta as características do edifício de modo a observar a variação dos coeficientes de pressão do vento em relação ao local onde o edifício está inserido. No segundo estudo é realizada a comparação das soluções adotadas em relação aos revestimentos da fachada, fenólico e vidro, previstos no projeto de arquitetura, sugerindo medidas de melhoria quando possível. Foram estudadas novas soluções para atingir os objetivos.

No presente relatório é ainda apresentada uma comparação dos valores obtidos nos estudos realizados pela empresa especializada em produção e montagem dos envidraçados, com os valores obtidos nos ensaios realizados para ensaios de resistência a vibração, impacto e encurvadura.

As conclusões dos estudos revelaram que independentemente da grande quantidade de elementos que foram analisados, o efeito do sismo e vento, atua de forma idêntica.

**Palavras-chave:** Estágio, Embeiral, reabilitação, saúde, vento, sismo, revestimento.



## **ABSTRACT**

The purpose of this report is to describe the stage, the follow-up of the construction management, the developed tasks and also a study of external actions on the facade the building under study.

In the first stage of the report, the host company, its structure and the location of the work are presented. The work is related to the expansion and rehabilitation of the São Mateus Health House in Viseu, being that the works were accompanied by the rehabilitation of the space. All the followed interventions during the internship are described below..

The second phase of the report describes the tasks carried out as assistant to the construction director, allowing to relate the follow-up of the work in progresso with the development of control activities and supervision of workers, in order to ensure safety and hygiene on work.

During the follow-up of the project and after the various interventions, the interest arose in carrying out a study on the materials that cover the facade building, the Health House São Mateus, namely the phenolic and glass, analyzing the behavior when subjected to external actions.

It is presented a study of the exterior actions of the facade of the building of the Casa de Saúde São Mateus, namely, wind action and seismic action. The first study presents the characteristics of the building in order to observe the variation of the wind pressure coefficients in relation to the place where the building is inserted. In the second study the comparison of the solutions adopted in relation to the façade, phenolic and glass coatings, foreseen in the architecture project, was carried out, suggesting improvement measures when possible. New solutions have been studied to achieve the objectives.

This report also presents a comparison of the values obtained in the studies carried out by the company specialized in the production and assembly of glazing, with the values obtained in the tests carried out for tests of resistance to vibration, impact and buckling.

The conclusions of the studies revealed that, regardless of the large number of elements that were analyzed, the effect of the earthquake and wind, operates in an identical way.

**Keywords:** Stage, Embeiral, rehabilitation, health, wind, earthquake, coating.



## **AGRADECIMENTOS**

Começo por agradecer a minha orientadora, Professora Eunice Fontão, pela orientação, pelos esclarecimentos, pelas críticas e sobretudo pela paciência prestada ao longo do desenvolvimento deste trabalho. A disponibilidade demonstrada, a partilha dos seus conhecimentos e a transmissão das experiências foram fatores determinante para nunca perder o foco, incentivando-me a continuar.

Agradeço à Embeiral – Engenharia e Construção, S.A., pela oportunidade e cooperação, pelo apoio material e logístico que me foi concedido, pelo espírito crítico, bem como pela paciência e constante atenção no esclarecimento de dúvidas.

O meu agradecimento a toda a equipa de direção de obra, pelo acolhimento durante a realização do estágio.

Um especial agradecimento aos meus pais pela possibilidade e pelo constante apoio que me concederam durante o longo percurso académico, em especial nesta fase final. Sem eles não teria sido possível percorrer este caminho e completar esta etapa. Obrigado por me fazerem ver que com esforço e dedicação os sonhos realmente se concretizam.

A Cátia Figueira, pelo incansável apoio e ajuda prestada ao longo de todo o percurso académico. Obrigado pela força e dedicação transmitida, obrigado por estares presente nos momentos mais difíceis e por me fazeres lembrar que o único caminho é lutar em prol dos meus objetivos. O meu mais sincero obrigado.

Por fim, gostaria de deixar o meu agradecimento a todos os amigos que estiveram sempre presentes e que partilharam comigo uma experiência de lembrar por bons anos. Agradeço todas as longas noites de estudo, bem como os cafés e as amizades, agradeço os bons e os menos bons momentos, agradeço a paciência e o carinho demonstrado ao longo destes longos e únicos anos. A todos o meu OBRIGADO.



# ÍNDICE DE TEXTO

Índice Geral .....	iii
Resumo.....	v
Abstract .....	vii
Agradecimentos .....	ix
Índice de Texto .....	xi
Índice de Figuras.....	xv
Índice de Tabelas.....	xix
Glossário.....	xxv
Abreviaturas .....	xxvii
Capítulo 1 Introdução .....	1
1.1 Considerações Iniciais.....	1
1.2 Objetivos.....	1
1.3 Estrutura do relatório de estágio.....	2
Capítulo 2 Apresentação do estágio e da empresa .....	3
2.1 Introdução.....	3
2.2 Empresa de acolhimento .....	3
Capítulo 3 Ampliação e reabilitação da Casa de Saúde São Mateus .....	9
3.1 Enquadramento urbanístico e localização.....	9
3.2 Caracterização geral do edifício antes da sua intervenção .....	11
3.3 Caracterização da intervenção .....	12
3.4 Etapas da obra .....	15

## ÍNDICE DE TEXTO

3.4.1	Trabalhos realizados durante a fase inicial da obra .....	15
3.4.2	Intervenções acompanhadas durante o estágio .....	19
3.4.3	Trabalhos acompanhados durante o estágio .....	49
3.4.4	Síntese.....	59
3.5	Relatório das tarefas no contexto do estágio .....	60
3.5.1	Análise dos projetos de especialidade existentes .....	61
3.5.2	Verificação das metodologias utilizadas em coordenação da segurança em obra .....	61
3.5.3	Acompanhamento de direção de obra.....	71
3.5.4	Cronograma do planeamento das atividades realizadas em obra .....	73
3.5.5	Medição e orçamentação .....	73
3.5.6	Autos de medição das subempreitadas.....	74
3.5.7	Gestão das subempreitadas .....	76
Capítulo 4	Estudo da fachada ventilada da Casa de Saúde São Mateus.....	79
4.1	Introdução.....	79
4.2	A evolução das fachadas.....	79
4.3	Tipos de fachadas.....	83
4.3.1	Fachada Cortina .....	83
4.3.2	Fachada Ventilada.....	84
4.3.3	Fachada Pressurizável.....	85
4.4	Estudo comparativo entre uma fachada revestida a fenólico e uma fachada revestida a vidro .....	86
4.4.1	Introdução .....	86
4.4.2	Verificações a ações externas.....	89
Capítulo 5	Ensaio realizados.....	127
Capítulo 6	Considerações Finais.....	131
6.1	Conclusões .....	131
6.2	Desenvolvimentos Futuros .....	135
Referências Bibliográficas.....		137

Anexos ..... 141



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Logotipo da empresa .....	3
Figura 2.2 – Instalações lar de idosos e creche em Aguiar da Beira (Fonte: <a href="http://grupoembeiral.pt/embeiral/">http://grupoembeiral.pt/embeiral/</a> ).....	4
Figura 2.3 – Instalações da circular - Penalva de Castelo (Fonte: <a href="http://grupoembeiral.pt/embeiral/">http://grupoembeiral.pt/embeiral/</a> ) .....	5
Figura 2.4 –Parque desportivo Vila Nova de Paiva (Fonte: <a href="http://grupoembeiral.pt/embeiral/">http://grupoembeiral.pt/embeiral/</a> ) .....	5
Figura 2.5 – Enquadramento Geográfico da empresa Embeiral - Engenharia e Construções SA .....	6
Figura 2.6 – Logotipo Socibeiral, Serviços (Fonte: <a href="http://grupoembeiral.pt/embeiral/">http://grupoembeiral.pt/embeiral/</a> ).....	6
Figura 2.7 – Logotipo Imobeiral (Fonte: <a href="http://grupoembeiral.pt/embeiral/">http://grupoembeiral.pt/embeiral/</a> ) .....	6
Figura 2.8 – Logotipo Inerbeiral (Fonte: <a href="http://grupoembeiral.pt/embeiral/">http://grupoembeiral.pt/embeiral/</a> ).....	7
Figura 2.9 – Logotipo Socibeiral, betão pronto (Fonte: <a href="http://grupoembeiral.pt/embeiral/">http://grupoembeiral.pt/embeiral/</a> ) .....	7
Figura 2.10 – Organigrama funcional do grupo (Fonte: <a href="http://grupoembeiral.pt/embeiral/">http://grupoembeiral.pt/embeiral/</a> ) .....	7
Figura 3.1 – Centro da Cidade de Viseu (Fonte: <a href="http://portugalfotografiaaerea.pt">http://portugalfotografiaaerea.pt</a> ) .....	9
Figura 3.2 – Identificação dos três centros hospitalares de Viseu .....	10
Figura 3.3 – Casa de Saúde São Mateus antes da intervenção .....	11
Figura 3.4 – Identificação do edifício .....	13
Figura 3.5 – Fachada virada a norte (Gomes, 2016) .....	15
Figura 3.6 – Interior do edifício numa zona em funcionamento .....	15
Figura 3.7 – Transporte de solos para aterro (Gomes, 2016) .....	16
Figura 3.8 – Escavação de terras (Gomes, 2016).....	16
Figura 3.9 – Alvenaria de bloco térmico (Gomes, 2016) .....	16
Figura 3.10 – Alvenaria de tijolo cerâmico (Gomes, 2016) .....	17
Figura 3.11 – Paredes em gesso cartonado .....	17

Figura 3.12 – Cobertura inclinado com painel sandwich .....	17
Figura 3.13 – Cobertura plana com acabamento a godo .....	17
Figura 3.14 – Fachada com acabamento em areado fino .....	18
Figura 3.15 – Fachada com acabamento em cerâmico (Gomes, 2016) .....	18
Figura 3.16 – Parede com acabamento em cerâmico .....	18
Figura 3.17 – Parede com acabamento em manta vinílica.....	18
Figura 3.18 – Aplicação de betão nos pavimentos (Gomes, 2016) .....	19
Figura 3.19 – Aplicação do endurecedor nos pavimentos em betão (Gomes, 2016) .....	19
Figura 3.20 – Estacionamento piso 3.....	20
Figura 3.21 – Estacionamento piso -2 .....	24
Figura 3.22 – Infraestruturas piso -1 .....	25
Figura 3.23 – Aplicação de isolamento térmico .....	51
Figura 3.24 – Construção de parede de alvenaria.....	52
Figura 3.25 – Pormenor de uma laje com chapa colaborante .....	52
Figura 3.26 – Construção da laje de betão .....	53
Figura 3.27 – Estrutura metálica .....	54
Figura 3.28 – Construção da estrutura metálica .....	54
Figura 3.29 – Aplicação de cerâmico.....	55
Figura 3.30 – Aplicação do teto falso .....	56
Figura 3.31 – Aplicação de autonivelante .....	57
Figura 3.32 – Aplicação de lajetas .....	58
Figura 3.33 – Selagem corta-fogo das infraestruturas .....	59
Figura 3.34 – Equipamento de Proteção Individual .....	62
Figura 3.35 – Andaimos para trabalhos em altura .....	64
Figura 3.36 – Andaimos de trabalho.....	65
Figura 3.37 – Guarda corpos .....	65
Figura 3.38 – Vedação de delimitação do espaço de estaleiro .....	66

Figura 3.39 – Plataforma elevatória .....	66
Figura 3.40 – Organização do estaleiro da obra.....	67
Figura 3.41 – Delimitação do estaleiro.....	68
Figura 3.42 – Matriz de correlação .....	68
Figura 3.43 – Organigrama funcional da obra (Fonte: <a href="http://grupoembeiral.pt/embeiral/">http://grupoembeiral.pt/embeiral/</a> ) .....	72
Figura 3.44 – Cronograma das atividades .....	73
Figura 3.45 – Ferramenta AUTOCAD.....	74
Figura 3.46 – Auto de medição .....	75
Figura 3.47 – Gestão das presenças .....	77
Figura 4.1 – Parede simples anos 40 (Sousa, 2010) .....	80
Figura 4.2 – Parede simples anos 50 (Sousa, 2010) .....	80
Figura 4.3 – Parede de alvenaria em tijolo vazado (Sousa, 2010).....	81
Figura 4.4 – Parede de alvenaria em tijolo nos anos 70 (Sousa, 2010).....	81
Figura 4.5 – Parede com isolamento térmico (Sousa, 2010) .....	82
Figura 4.6 – Parede com reforço de isolamento térmico (Sousa, 2010).....	82
Figura 4.7 – Fachada cortina 2010) .....	(Sousa, 84
Figura 4.8 – Fachada ventilada (Sousa, 2010).....	84
Figura 4.9 – Fachada ventilada (Sousa, 2010) .....	85
Figura 4.10 – Fachada pressurizável (Sousa, 2010).....	86
Figura 4.11 – Montagem das placas em fenólico.....	87
Figura 4.12 – Montagem da fachada de vidro .....	88
Figura 4.13 – Constituição de uma placa de fenólico (Sousa, 2010).....	89
Figura 4.14 – Constituição de um vidro duplo (Fonte: <a href="http://pt.saint-gobain-glass.com">http://pt.saint-gobain-glass.com</a> ) .....	89
Figura 4.15 – Fachada no edifício da Casa de Saúde São Mateus .....	90
Figura 4.16 – Planta da implantação da Casa de Saúde São Mateus .....	91
Figura 4.17 – Pressão media característica do vento sobre o edifício na direção paralela .....	94

Figura 4.18 – Pressão media caraterística do vento sofre o edifício na direção perpendicular.....	95
Figura 4.19 – Planta do edifício existente .....	100
Figura 4.20 – Elementos constituintes da fachada.....	101
Figura 4.21 – Identificação dos elementos rígidos/flexíveis na fachada.....	104
Figura 4.22 – Cidade de Viseu (Fonte: <a href="http://pt.wikipedia.org/wiki/Viseu">http://pt.wikipedia.org/wiki/Viseu</a> ) .....	105
Figura 4.23 – Espectro de resposta elástica do tipo 2.....	106
Figura 4.24 – Elementos rígidos/flexíveis identificados na fachada .....	111
Figura 4.25 – Elementos rígidas/flexíveis identificados na fachada.....	114
Figura 4.26 – Elementos flexíveis para rígidos .....	116
Figura 4.27 – Fachada envidraçada .....	117
Figura 4.28 – Painel de vidro simples (Fonte: <a href="http://pt.saint-gobain-glass.com">http://pt.saint-gobain-glass.com</a> ) .....	118
Figura 4.29 – Verificação da flecha consoante a espessura do painel de vidro .....	123
Figura 4.30 – Painel de vidro duplo (Fonte: <a href="http://pt.saint-gobain-glass.com">http://pt.saint-gobain-glass.com</a> ) .....	123
Figura 5.1 – Constituição de um vidro simples laminado Fonte: <a href="http://pt.saint-gobain-glass.com/">http://pt.saint-gobain-glass.com/</a> .....	127
Figura 5.2 – Constituição de um vidro simples duplo (Fonte: <a href="http://pt.saint-gobain-glass.com/">http://pt.saint-gobain-glass.com/</a> ).....	128
Figura II.1 – Zonas em parede verticais (E.C.1) .....	153
Figura III.2: Ação sísmica Tipo 1 e Tipo 2.....	159
Figura III.3: Espectro de resposta elástica de tipo 1.....	162
Figura 6.4: Espectro de resposta elástica de tipo 2 .....	163
Figura IV.5: Distribuição das ações.....	170

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.1 – Áreas características do edifício antes e após a sua intervenção.....	12
Tabela 3.2 – Caracterização dos pisos.....	14
Tabela 3.3 – Área das intervenções piso -3.....	21
Tabela 3.4 – Descrição das intervenções piso -3.....	21
Tabela 3.5 – Área das intervenções piso -1.....	24
Tabela 3.6 – Descrição das intervenções piso -1.....	25
Tabela 3.7 – Área das intervenções piso 0.....	30
Tabela 3.8 - Descrição das intervenções piso 0.....	30
Tabela 3.9 – Área das intervenções piso 1.....	36
Tabela 3.10 – Descrição das intervenções piso 1.....	36
Tabela 3.11 – Área das intervenções piso 2.....	40
Tabela 3.12 – Descrição das intervenções piso 2.....	40
Tabela 3.13 – Área das intervenções piso 3.....	43
Tabela 3.14 – Descrição das intervenções piso 3.....	43
Tabela 3.15 – Área das intervenções da cobertura.....	46
Tabela 3.16 – Descrição das intervenções da cobertura.....	46
Tabela 3.17 – Descrição dos trabalhos.....	49
Tabela 3.18 – Exposição das intervenções realizadas em cada piso.....	60
Tabela 3.19 – Cabeçalho da ficha de controlo.....	62
Tabela 3.20 – EPI para trabalhos de risco elevado.....	63
Tabela 3.21 – Cabeçalho da ficha de controlo.....	64
Tabela 3.22 – Riscos da Organização do Estaleiro (Mendes, 2015).....	69

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 4.1 – Descrição do edifício .....	92
Tabela 4.2 - Características do edifício .....	92
Tabela 4.3 – Dimensões do edifício .....	93
Tabela 4.4 - Pressão característica do vento na direção x .....	93
Tabela 4.5 – Dimensões do edifício .....	94
Tabela 4.6 – Pressão característica do vento na direção y .....	95
Tabela 4.7 – Equação linear e polinomial de 2º grau .....	99
Tabela 4.8 – Características do edifício existente e novo .....	100
Tabela 4.9 – Identificação do revestimento da fachada .....	102
Tabela 4.10 – Tipo de sismo .....	105
Tabela 4.11 – Valores recomendados do espectro de resposta elástica .....	106
Tabela 4.12 – Coeficientes para determinação do coeficiente sísmico, $Cr(z)$ .....	107
Tabela 4.13 – Coeficiente de comportamento .....	108
Tabela 4.14 – Caracterização da força do sismo sobre os revestimentos da fachada .....	116
Tabela 4.15 – Caracterização dos painéis de vidro .....	117
Tabela 4.16 – Valores de cálculo para a tensão máxima .....	118
Tabela 4.17 – Valores para cálculo a resistência do vidro .....	119
Tabela 4.18 – Características do vidro simples .....	120
Tabela 4.19 – Espessura efetiva de vidro laminado .....	121
Tabela 4.20 – Número de elementos à assegurar a flecha máxima .....	122
Tabela 4.21 – Características do vidro duplo .....	124
Tabela 4.22 – Características das zonas .....	125
Tabela 5.1 – Comparação dos valores .....	129
Tabela II.1 – Velocidade de referencia .....	149
Tabela II.2: Categoria do terreno e comprimentos de rugosidade .....	150
Tabela II.3: Altura mínima em relação a categoria do terreno .....	151
Tabela II.4: Valores recomendados dos coeficientes de pressão exterior .....	152

Tabela III.5 : Aceleração máxima de referência, $agR$ .....	159
Tabela III.6 – Coeficiente do solo .....	160
Tabela III.7: Tipo de terreno .....	161
Tabela III.8: Valores recomendados correspondentes ao espectro de resposta sísmica de tipo 1.....	161
Tabela III.9: Valores recomendados correspondentes ao espectro de resposta sísmica de tipo 2.....	162







## GLOSSÁRIO

$agR$  - Aceleração máxima de referência;

$A_m$  – Fator de ampliação;

$b$  – Comprimento;

$c_{pe}$  – Coeficiente de pressão;

$c_u$  – Coesão;

$C_r$  – Coeficiente sísmico;

$C_N$  – Coeficiente de aceleração ao nível médio;

$e$  – Espessura;

$E$  – Módulo de elasticidade;

$F_{ek}$  – Determinação da força característica do sismo;

$f_{gk}$  – Valor característico da resistência a flexão;

$f_{bk}$  – Valor característico da tensão de resistência a flexão do vidro pré-esforçado;

$h$  – Altura;

$I$  – Momento de inercia;

$k_{mod}$  – Fator que depende da duração da carga;

$k_p$  – Fator que depende das condições de acabamento do vidro;

$k_v$  – Fator de reforço em função da posição das chapas quando aplicado o pré-esforço;

$m$  – Massa;

$pd$  – Pressão do vento, sendo o resultado da pressão característica quando agravada pelo fator de combinação de ação;

$PC;0$  – Pressão isocórica determinada tendo em conta a diferença de temperatura e pressão do ar;

## GLOSSÁRIO

$P_{H;0}$  – Pressão isocórica determinada tendo em conta a diferença de altitude;

$P_0$  – Pressão isocórica geral;

$q_p$  – Pressão dinâmica;

$R_1$  – Aceleração espectral normalizada;

$R_E$  – Coeficiente de comportamento;

S – Sismo;

$S_\alpha$  – Aceleração espectral de resposta;

$S_{DS}$  – Aceleração do Terreno;

T – Tempo;

$T_{bd}$  - Período de vibração natural do edifício;

$T_{el}$  – Período de vibração natural;

$t_{ef,w}$  – Espessura efetiva;

$t_{ef;\sigma;j}$  – Espessura equivalente;

$t_k$  – Espessura de cada folha de vidro;

$t_{m,k}$  – Distância entre o eixo das chapas de vidro a partir do eixo de todo envidraçado em si;

$w$  – Valor do coeficiente para a transferência de esforço de corte, variando entre 0 e 1;

$w_e$  – Pressão exercida pelo vento;

$w_k$  – Pressão característica do vento;

$\gamma$  – Massa volúmica;

$\gamma_E$  – Fator de importância;

$\gamma_{Ma}$  – Coeficiente parcial de segurança para o vidro recozido;

$\gamma_{Mv}$  – Coeficiente parcial de segurança para o vidro com superfícies pré-esforçadas;

$\delta_1, \delta_2$  – Fator de participação da chapa monolítica e laminada, respetivamente.

## **ABREVIATURAS**

AHRESP – Associação de Restauração e Similares de Portugal;

AT – Acidentes de Trabalho;

CSSM – Casa de Saúde São Mateus;

CSO – Coordenação de Segurança em Obra;

DIPRE – Dissertação, projeto ou estágio;

DO – Dono de Obra;

DTE – Diretor Técnico da Empreitada;

EE – Entidade Executante;

EPC - Equipamentos de Proteção Coletiva;

EPI - Equipamentos de Proteção Individual;

EPS – Poliestireno Expandido;

ETICS – External Thermal Insulation Composite Systems;

F.P.F – Federação Portuguesa de Futebol;

IGT – Inspeção-Geral do Trabalho;

InCI – Instituto da Construção e do Imobiliário;

IPQ – Instituto Português da Qualidade;

ITED – Instalações de Telecomunicações em Edifícios;

PSS – Plano de Segurança e Saúde;

PVB – Película a base Polivinil-butiral;

RC – Responsabilidade Civil;

SAP – Serviço de atendimento Permanente;

SGPS – Sociedade Gestora de Participações Sociais;

*ABREVIATURAS*

XPS – Poliestireno Extrudido.

# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O presente documento é relativo à unidade curricular de dissertação, projeto ou estágio (DIPRE), do plano de estudos do mestrado em Engenharia Civil do Instituto Superior de Engenharia do Porto. No âmbito desta unidade curricular realizou-se um estágio na empresa Embeiral – Engenharia e Construções SA, orientado pela Professora Eunice Fontão e supervisionado pelo Diretor de Produção de Construção Civil Eng.º Élio Cardoso e pelo Eng.º Civil Carlos Gomes. O estágio curricular decorreu na cidade de Viseu entre 13 de Fevereiro e 31 de Julho de 2016.

O estágio foi integrado na realização da obra de remodelação e a ampliação de um centro de saúde particular situado em Viseu, nomeadamente, Casa de Saúde de São Mateus. Durante o contato com as diversas fases da obra de construção, procurou-se por em prática os conhecimentos adquiridos ao longo da formação académica. O acompanhamento dos trabalhos realizados em obra permitiu adquirir conhecimentos mais específicos e elaborados em relação, a segurança e coordenação desses mesmo trabalhos bem como dos mais diversos métodos construtivos implementados.

Os tipos de sistema construtivo bem como o revestimento escolhido para a globalidade de uma fachada têm um grande peso no desempenho final da envolvente, motivo pelo qual realizar uma escolha adequadas tem vindo ser uma preocupação crescente. As ações, como sismo e vento, que o edifício sofre durante a sua vida tem apontado para um maior cuidado da escolha dos revestimentos de fachadas, tendo em atenção o desempenho quanto a durabilidade, eficácia e eficiência destes.

### 1.2 OBJETIVOS

O estágio curricular em contexto empresarial tem como principal objetivo proporcionar a aplicação, numa componente mais prática, dos conhecimentos adquiridos ao longo da formação académica, desafiando o estagiário a por em prática os diversos conhecimentos adquiridos. Tendo como objetivo o desenvolvimento da máxima autonomia e disciplina por parte do aluno, o acompanhamento da obra

assumiu-se como sendo a principal vertente deste estágio destacando os demais objetivos que se fizeram acompanhar no decorrer do mesmo seguidamente:

- Aprendizagem e execução de planos de orçamentação;
- Aprendizagem de atividade de controlo e supervisão de obras;
- Desenvolver conhecimentos quanto a gestão de obra;
- O espírito criativo e engenhoso quanto a resolução de problemas relacionados tanto no terreno como no escritório;

O foco da realização do relatório baseou-se em dois temas centrais, nomeadamente:

- Apresentação da empresa, fazendo-se acompanhar do relatório das tarefas desenvolvidas enquanto acompanhamento da obra no âmbito do estágio.
- Estudo dos revestimentos das fachadas tendo em conta as ações externas que sobre as mesmas atuam, estudando dois exemplos concretos, implementados em obra.

### **1.3 ESTRUTURA DO RELATÓRIO DE ESTÁGIO**

O relatório é composto por seis capítulos, sendo que três deles são informativos e de descrição dos casos de estudo (capítulos 1,2 e 3) e os outros três dizem respeito ao capítulo teórico (capítulo 4), aos ensaios realizados (capítulo 5) e ao capítulo conclusivo (capítulo 6). No capítulo introdutório, descreve-se de forma sucinta e clara os aspetos principais a desenvolver ao longo do trabalho. São, ainda, apresentados os objetivos propostos e a metodologia inerentes a este trabalho, bem como uma sistematização de toda a estrutura.

O segundo capítulo trata em descrever essencialmente a entidade de acolhimento. Apresenta a empresa, a sua atividade de trabalho, os meios e estratégias de intervenção. Identifica o organigrama associado à entidade de acolhimento.

O capítulo 3 é realizado numa vasta descrição da obra, tal como o acompanhamento realizado durante todo o percurso de estágio, incluindo estudo tanto estudos teóricos como práticos.

O capítulo 4 descreve os casos de estudo, apresentando os projetos e as informações essenciais de modo transmitir uma melhor perceção das análises realizadas. No capítulo 5 apresentam-se os ensaios realizados bem como a comparação dos valores obtidos durante o estudo desenvolvidos.

Por fim no capítulo 6 apresenta-se os consequentes criticas dos resultados obtidos e tecem-se algumas considerações finais e recomendações futuras.

## CAPÍTULO 2

### APRESENTAÇÃO DO ESTÁGIO E DA EMPRESA

#### 2.1 INTRODUÇÃO

No presente capítulo é feita a apresentação da empresa de acolhimento, fazendo referência ao grupo no qual este se insere apontando os demais trabalhos realizados e a principal função que desempenha dentro do grupo. É realizada também uma breve descrição tanto do grupo como da empresa.

O estágio decorreu no âmbito de desenvolvimento de um projeto de reabilitação e ampliação da Casa de Saúde São Mateus, interferindo na maioria do tempo com aspetos de nível técnico da área medicinal tendo como objetivo a aplicação dos conhecimentos académicos no desenvolvimento de projetos de especialidade, bem como ao nível das soluções construtivas. Adquiriu-se conhecimentos básicos do funcionamento empresarial tanto na área de gabinete como no campo, propriamente dito.

#### 2.2 EMPRESA DE ACOLHIMENTO

O estágio realizou-se na empresa Embeiral – Engenharia e Construções SA, situada na Recta Da Ribeira Travanca Da Bodiosa, na cidade de Viseu apresentando a sua principal atividade desenvolvida nas áreas da construção de edifícios e infraestruturas.



Figura 2.1 – Logotipo da empresa (Fonte: <http://grupoembeiral.pt/embeiral/>)

A empresa EMBEIRAL foi fundada a 9 de outubro de 1984, dando início a sua atividade na área das infraestruturas, nomeadamente construção de estradas desde a sua fase muito inicial, movimentação de terras, até ao acabamento, pavimentação. Após um período de seis anos, período da sua constituição, a partir de 1990 a empresa expandiu a sua atividade, direcionando-se para às obras de saneamento básico,

passando assim em 2000 a Sociedade Anónima exercendo vastas atividade, entre quais: movimentação de terras, pavimentação, abastecimento de águas e saneamento.

A EMBEIRAL encontra-se desde 25 de julho de 1985 inscrita no Instituto da Construção e do Imobiliário (InCI), com o alvará de construção de nº 2170. Exibe também a certificação que vai de encontro as normas ISO EN NP 9001:2008, do seu Sistema de Gestão da Qualidade, desde 2005, motivos que levaram ao desenvolvimento e execução de trabalhos de construção civil e obras públicas, comercialização de agregados, betão pronto e misturas betuminosas, tendo por base o certificado nº 2005/CEP.2636 emitido pela APCER.

Pelos inúmeros trabalhos realizados ao longo de todos os anos, sempre com desempenho e melhoria da eficácia, responsabilidade legal, económica e social a empresa foi distinguida com vários certificados entre quais fazem parte os PME Excelência 09,10 e 11, PME Líder 12 e Certificado QUALIDADE E IQNET 2017, recebido no 2009, 2010, 2011, 2012 e 2014 respetivamente, (<http://grupoembeiral.pt/embeiral/>).

A empresa foi aumentando a sua atividade devido aos diversos trabalhos realizados, com características distintas, em concreto e tendo como referencia o próprio site da empresa, construção do lar de idosos de Nelas, de uma ETAR de Viseu, remodelação do parque desportivo da Moimenta de Beira, criação de acessos pedonais em Souto Bom. A seguir apresentam-se mais algumas obras:

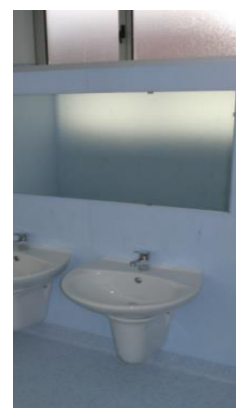
- Conceção do lar de idosos e creche 5ª fase, em Aguiar da Beira, desenvolvendo trabalhos desde montagem de estaleiro, movimentação de terras, realização de estruturas em betão armado e alvenarias, desenvolvimento e implementação de rede de abastecimento de aguas e esgotos até revestimentos, caixilharias, pinturas, climatização e arranjos exteriores.



a) Acabamentos e pinturas exteriores



b) Revestimentos interiores



c) Instalações sanitárias

Figura 2.2 – Instalações lar de idosos e creche em Aguiar da Beira (Fonte: <http://grupoembeiral.pt/embeiral/>)

- Planeamento e conceção da circular da Penalva do Castelo, desenvolvendo trabalhos de arruamentos em calçada de granito, implementação de coletores de águas pluviais e esgotos dormitivos, tal como rede de distribuição de água, instalação de equipamentos de sinalização e segurança, rede de infraestruturas de eletricidade, telecomunicações e gás combustível canalizado.



a) Preparação para pavimentação da circular



b) Calçada em granito



c) Aspeto após pavimentação

Figura 2.3 – Instalações da circular - Penalva de Castelo (Fonte: <http://grupoembeiral.pt/embeiral/>)

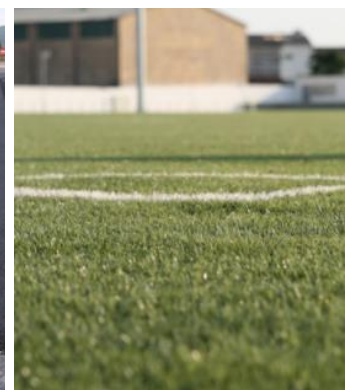
- Reabilitação do parque desportivo de Vila Nova de Paiva, desenvolvendo trabalhos de canalização e saneamento, implementação de sistema de rede de rega, de infraestruturas hidráulicas e elétricas, aplicação da sub-base, betão betuminoso e relva sintética para a prática de futebol de acordo com a normalização F.P.F, construção de balneários com parede de betão face a vista e cobertura plana em zinco.



a) Edifício dos balneários com cobertura plana



b) Alisamento betão



c) Relva sintética

Figura 2.4 – Parque desportivo Vila Nova de Paiva (Fonte: <http://grupoembeiral.pt/embeiral/>)

A empresa Embeiral – Engenharia e Construções SA, engloba um grupo de empresas totalmente dependentes e interligadas sediadas em vários pontos do distrito de Viseu, de modo a conseguir alargar a sua atividade a diversos setores.



Figura 2.5 – Enquadramento Geográfico da empresa Embeiral - Engenharia e Construções SA

Fonte: <http://grupoembeiral.pt/embeiral/>

- SociBeiral – Empresa de prestação de serviços na área de construção civil e obras públicas, desenvolvendo atividades em arquitetura, engenharia, consultoria para os negócios e gestão.



Figura 2.6 – Logotipo Socibeiral, Serviços (Fonte: <http://grupoembeiral.pt/embeiral/>)

- ImoBeiral – Empresa de imobiliária, dedicada a promoção das construções realizadas.



Figura 2.7 – Logotipo Imobeiral (Fonte: <http://grupoembeiral.pt/embeiral/>)

- InerBeiral – Empresa de agregados e betuminosas sediada em Penalva de Castelo, encarregada em fornecer os agregados, estando equipada com um quatro centrais, nomeadamente de britagem, de areias, de massas a frio e de misturas betuminosas a quente.



Figura 2.8 – Logotipo Inerbeiral (Fonte: <http://grupoembeiral.pt/embeiral/>)

- SociBeiral – Empresa especializada na produção e distribuição de betão pronto, com três centros de produção de betão pronto, e tendo o apoio de um laboratório técnico devidamente equipado.



Figura 2.9 – Logotipo Socibeiral, betão pronto (Fonte: <http://grupoembeiral.pt/embeiral/>)

Pretende-se dar a compreender a estrutura geral da empresa EMBEIRAL no Anexo I.

Por fim é de realçar que a Empresa – Engenharia e Construção, S.A faz parte do grupo EMBEIRAL SGPS, empresa criada com o objetivo de gerir, coordenar e orientar as atividades dedicadas tanto a parte da engenharia como a parte de saúde, Embeiral VIDA, referenciado na Figura 2.10.

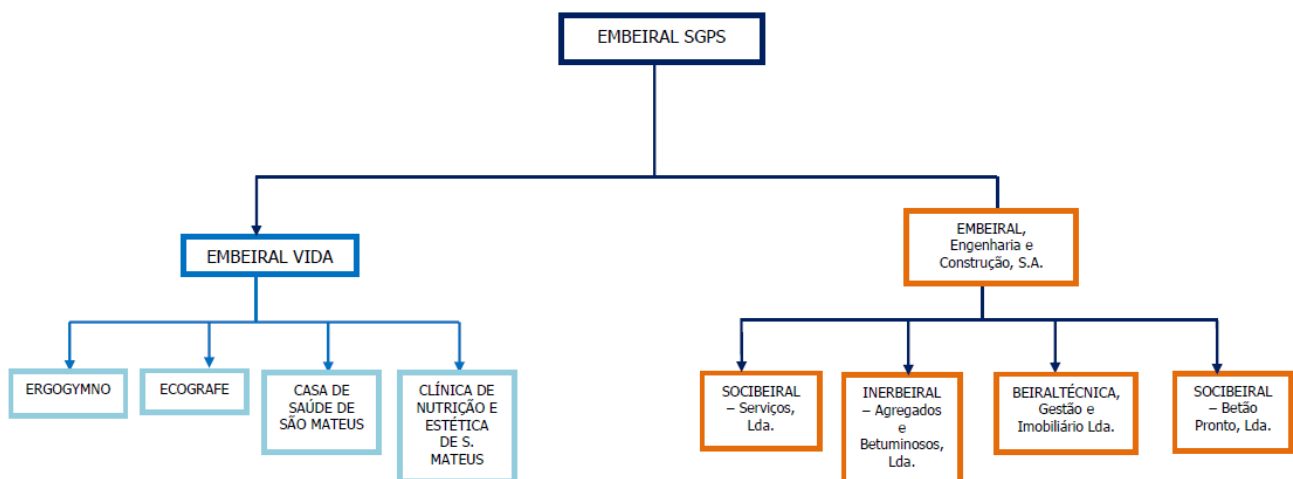


Figura 2.10 – Organigrama funcional do grupo (Fonte: <http://grupoembeiral.pt/embeiral/>)



## CAPÍTULO 3

### AMPLIAÇÃO E REABILITAÇÃO DA CASA DE SAÚDE SÃO MATEUS

#### 3.1 ENQUADRAMENTO URBANÍSTICO E LOCALIZAÇÃO

Viseu é hoje, uma cidade que se desenvolveu e evoluiu em formas circulares pois preservou o arranjo urbano que lhe foi conferido há séculos atrás, justificando sempre as necessidades que a população viseense explicitava, sendo assim, caracterizada por a cidade jardim, ou pela cidade das rotundas, ou então pela melhor cidade para se viver, por estes motivos cada vez mais a cidade se desenvolve e se preocupa em assegurar as melhores condições para acolher população para este local (Figueira, 2015).



Figura 3.1 – Centro da Cidade de Viseu (Fonte: <http://portugalfotografiaaerea.pt>)

*“A cidade de Viseu, independentemente da cronologia exata em que decidamos iniciar o seu estudo não é resultado de um projeto urbano prévio, ou de um traçado regular, mas antes de um crescimento orgânico, de génese medieval, que responde de forma pragmática e espontânea às necessidades vivenciais da população” (Castilho,2012).*

O edifício, objeto do presente trabalho, o hospital particular situa-se numa parcela de terreno em plena cidade de Viseu, em um contexto de pouca edificação, fazendo fronteira com um extenso espaço verde, classificada segundo Plano Diretor Municipal em vigor como espaço residencial, integrado na UIIP1. Estabelecimento voltado para o Rua 5 de Outubro, tendo a sua fachada principal voltada a Sul. Na base da satisfação das necessidades da população a cidade de Viseu disponibiliza além do hospital da Casa de Saúde São Mateus (CSSM), delimitado com a cor amarela, na sua proximidade o hospital público, São Teotónio delimitado com a cor vermelha e o hospital privado, CUF Viseu, delimitado com a cor azul, visivelmente identificados na Figura 3.2.

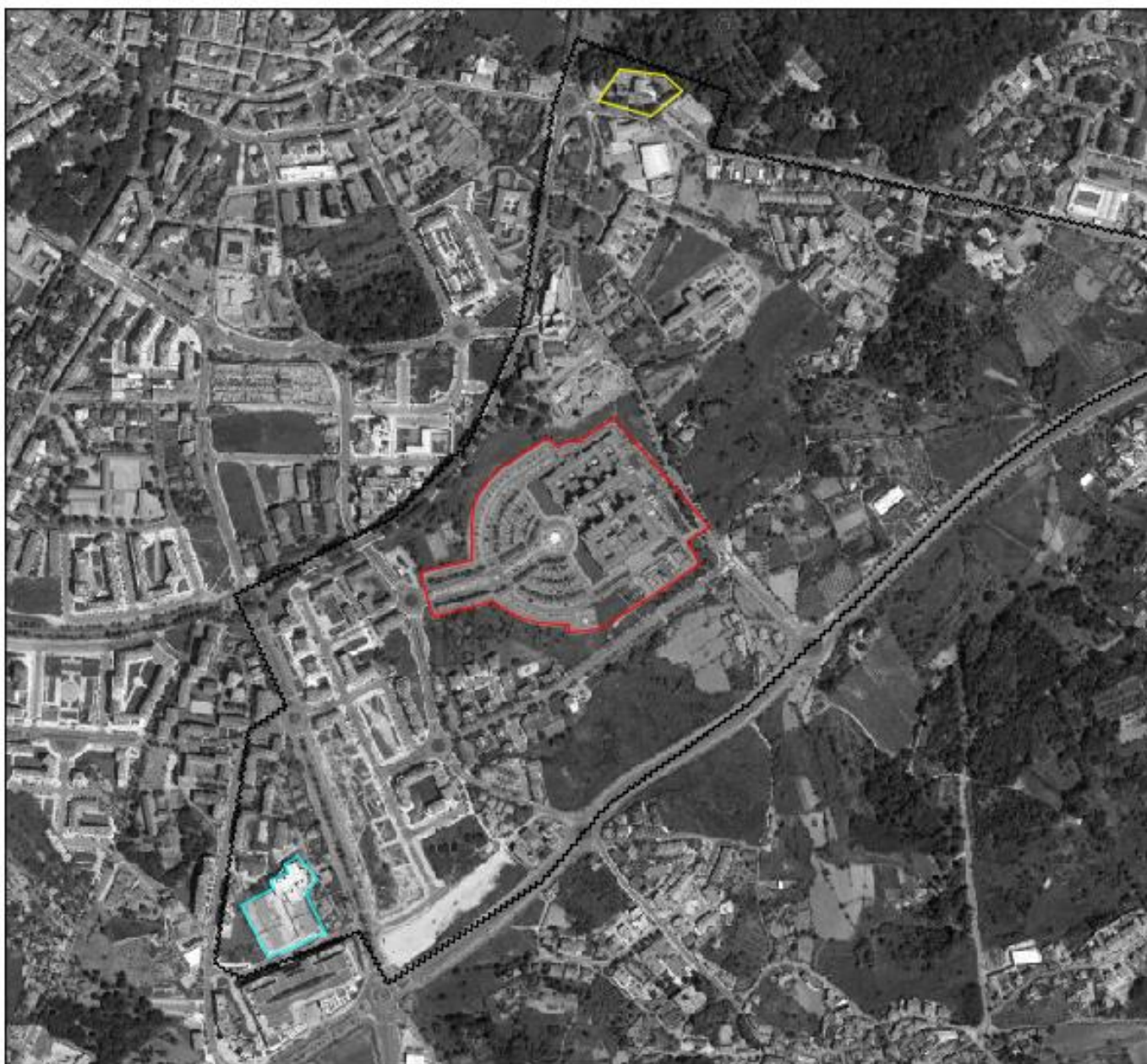


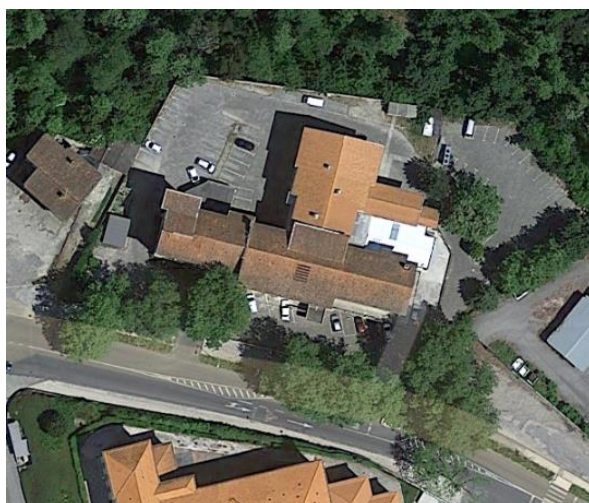
Figura 3.2 – Identificação dos três centros hospitalares de Viseu

### 3.2 CARACTERIZAÇÃO GERAL DO EDIFÍCIO ANTES DA SUA INTERVENÇÃO

A Casa de Saúde São Mateus foi fundada em 1961 para auxiliar o hospital São Teotónio e para prestar melhores cuidados hospitalares, sendo esta uma unidade de saúde privada. Contudo a adesão a este serviço foi elevado, mas não conseguiu dar resposta aos diversos serviços exigidos pelos utentes, por este motivo levou a que o edifício durante mais de 50anos fosse sujeito a diversas e sucessivas intervenções, que no entanto, ainda assim, não tiveram uma melhor otimização do edifício para prestar o serviço hospitalar eficiente, quer na condição de uso e funcionalidade quer para os profissionais quer para os utentes. Então a exigência foi maior e mais rigorosa, em 2014, quando se decidiu fazer um projeto e obra de reformulação deste serviço hospitalar.

O principal objetivo da intervenção foi o máximo aproveitamento das condições e características do edifício existente. Este era caracterizado pelos seus acessos cómodos, tanto desde o centro da cidade como dos arredores, confrontando com uma área de solo por urbanizar. A sua intervenção foi vista como um passo para a inovação e preservação de uma das unidades hospitalares mais antigas da cidade de Viseu, melhorando a prestação de serviços para os seus habitantes.

O lote urbano, onde o edifício está inserido forma um polígono irregular de vários lados, proporcionando uma fronteira importante com uma artéria de entrada e saída da cidade de Viseu (Chaves, 2014).



a) Vista aérea CSSM antes da intervenção



b) Fachada CSSM antes da intervenção (Chaves, 2014)

Figura 3.3 – Casa de Saúde São Mateus antes da intervenção

O edifício existente tem uma área de implantação de 1451,7 m<sup>2</sup> e situa-se numa parcela de terreno que se estende por 4941,0 m<sup>2</sup>, proporcionando uma área bruta de construção de 1920,0 m<sup>2</sup>.

Este edifício era inicialmente composto por um piso abaixo da cota de soleira, três acima e por um espaço de sótão, atualmente sujeitos a fortes intervenções. Com esta intervenção, a Casa de Saúde São Mateus manter-se-á voltada para a Rua 5 de Outubro, mantendo a sua entrada principal e os respetivos acessos, bem como a presença de um átrio de entrada a partir da qual era criado o acesso ao interior do público em geral, onde se encontravam e encontram os acessos verticais evidenciados de forma clara e inequívoca, escadas, de acesso aos pisos superiores e ao piso inferior.

### 3.3 CARACTERIZAÇÃO DA INTERVENÇÃO

De acordo com o projeto de arquitetura, as pré-existências, a escassa superfície do terreno em relação a amplitude do programa a desenvolver e as condições urbanísticas foram as premissas principais que condicionaram a intervenção (Chaves,2014). O edifício apresenta na sua medida novos espaço destinados as necessidades da Casa de Saúde São Mateus, com um pé direito médio de 2,80 m sendo constituído por sete pisos devidamente intervencionados. A intervenção passou pela reabilitação e ampliação do edifício, apresentando na Tabela 3.1, as áreas do edifício antes e depois dessa sua intervenção.

Tabela 3.1 – Áreas características do edifício antes e após a sua intervenção

Edifício Área	Existente – Antes da intervenção	Novo – Após intervenção
Área da parcela no terreno	4941,0 m <sup>2</sup>	4941,0 m <sup>2</sup>
Área da implantação	1451,7 m <sup>2</sup>	2322,7 m <sup>2</sup>
Área da construção	1920,0 m <sup>2</sup>	16090,4 m <sup>2</sup>

A proposta procurou reabilitar na medida do possível o conjunto edificado inserido na ampliação que se pretende e clarificação da estrutura programática. Contudo, nem sempre essa premissa foi cumprida devido as condições impostas tanto pelo edifício como pelo terreno que o envolve, devido a condições, estruturais e geológicas, que inicialmente eram desconhecidas.

A intervenção realizada para este edifício tendo em conta a sua ampliação realiza-se por duas vias distintas, isto é, por via de uma nova construção interligada a estrutura já existente, Figura 3.4, como sendo um corpo constituído na ligação ao atual alçado posterior e a segunda via é a ampliação do próprio corpo já existente, Figura 3.4, aproveitando o atual sótão para o transformar num piso utilizável. Todas as intervenções aplicadas passaram por um processo cuidadoso sendo-lhe assemblado a cada um em parte o projeto de especialidade melhor indicado para obtenção dos resultados procurados.

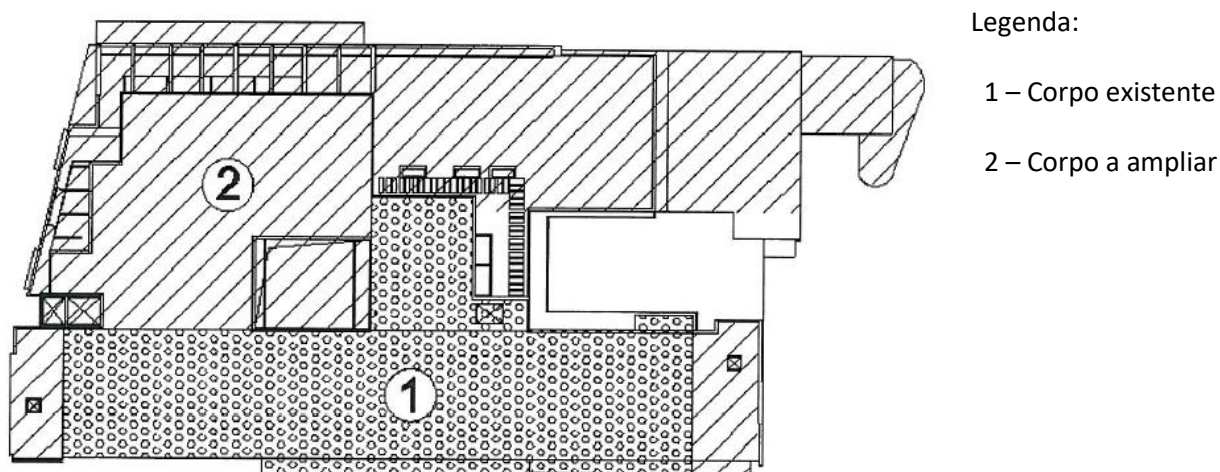


Figura 3.4 – Identificação do edifício

A intervenção conta com os seguintes projetos:

- Projeto de arquitetura – realizado pela empresa Carlos M. C. Chaves – Arquitecto, Lda e da autoria do Arquitecto Carlos Manuel da Costa Chaves;
- Relatório geotécnico – realizado pela empresa DeltaTau – Sondagens e Estudos Geotécnicos, Lda e da autoria do Prof. Doutor Fernando L. Ladeira;
- Projeto de estabilidade, contenção periférica, fundações e estruturas - realizado pela empresa Viscivil, Engenheiros, Lda e da autoria do Eng<sup>o</sup> António Carlos Gomes Tomás da Costa;
- Projeto da instalação elétrica – realizado pela empresa J. Rocha Pinto – Projetos e Consultoria, Lda e da autoria do Eng<sup>o</sup> José Manuel da Rocha Pinto;
- Projeto de rede interna de distribuição de gás - realizado pela empresa Viscivil, Engenheiros, Lda e da autoria do Eng<sup>o</sup> António Manuel Pires Ribeiro;
- Projeto de rede de abastecimento de águas e rede de drenagem de esgotos - realizado pela empresa Viscivil, Engenheiros, Lda e da autoria do Eng<sup>o</sup> António Carlos Gomes Tomás da Costa;

### CAPÍTULO 3

- Projeto de rede de drenagem de águas pluviais - realizado pela empresa Viscivil, Engenheiros, Lda e da autoria do Eng<sup>o</sup> António Carlos Gomes Tomás da Costa;
- Projeto de rede de telecomunicações - realizado pela empresa J. Rocha Pinto – Projetos e Consultoria, Lda e da autoria do Eng<sup>o</sup> José Manuel da Rocha Pinto;
- Projeto de acústica - realizado pela empresa Viscivil, Engenheiros, Lda e da autoria do Eng<sup>o</sup> António Carlos Gomes Tomás da Costa;
- Projeto de AVAC- realizado pela empresa Diarcon – projetos de especialidade e da autoria do Eng<sup>a</sup> Carlos Jorge de Figueiredo Murtinheira;
- Projeto de arranjos exteriores – realizado pela empresa Carlos M. C. Chaves – Arquitecto, Lda e da autoria do Arquitecto Carlos Manuel da Costa Chaves.

A integração volumétrica e estética do conjunto edificado ao local foi uma das maiores preocupações da intervenção, os autores do projeto optam pela criação de uma estrutura metálica aligeirada colocada a face dos elementos atuais da fachada mais saliente, permitindo assim a criação de mais espaços por piso. No sentido de proporcionar ao leitor uma ideia mais clara, a Tabela 3.2 apresenta um resumo da área e função, que cada piso tem do ponto de vista hospitalar, ou seja, serão expostas as vertentes de saúde que o projeto de intervenção reservou como produto final.

Tabela 3.2 – Caracterização dos pisos

Piso	Área m <sup>2</sup>	Função
- 4	437.8	Reservatório de abastecimento de água
- 3	2062.3	Estacionamento/Arrumo
- 2	2326.3	Estacionamento/Instalações técnica/Armazém/Lavandaria/Morgue
- 1	3582.3	Cozinha/Sinistrados/Fisioterapia/Laboratório: BeiraLab
0	2322.7	Consulta externa/Exames espaciais/Imagiologia/Área da mulher/SAP
1	2091.2	Pequena Cirurgia/Hospital Dia/Bloco Operatório/Clinica de coração
2	1829.1	Internamento/Apoio ao Bloco Operatório/Dentário/Espaço administrativo
3	1438.7	Espaço residencial

### 3.4 ETAPAS DA OBRA

A seguir apresentam-se todos os trabalhos desenvolvidos em obra até a data de conclusão do estágio, de modo a dar a conhecer ao leitor as especificações e demais pormenores técnicos estabelecidos no projeto.

Este capítulo pode ser dividido em duas partes:

- trabalhos realizados em obra desde a sua fase inicial até ao início do estágio;
- trabalhos realizados em obra durante a realização do estágio.

Incluem-se a descrição dos métodos de trabalhos aplicados durante a realização das tarefas, com referência a algumas particularidades específicas da obra, assim como a apresentação de alguns materiais utilizados.

#### 3.4.1 Trabalhos realizados durante a fase inicial da obra

No decorrer do estágio acompanhou-se o desenvolvimento de todos os trabalhos diários, desde o momento da integração em obra, uma vez que a obra teve início no mês de julho de 2015.

Por ser um centro hospitalar teve-se o cuidado em realizar os trabalhos de maneira a que o mesmo não cessasse o seu funcionamento dentro do normal, deste modo inicialmente optou-se pela ampliação e reabilitação da sua ala posterior, passando seguidamente para a sua ala frontal a onde será ditada a conclusão total dos trabalhos em obra, permitindo um acesso total a todas as partes do edifício.

A data do início do estágio, para além de todos os trabalhos preparatório e montagem do estaleiro, a parte posterior do edifício, da parte virada a norte, tinha sido dada como acabada, Figuras 3.5 e 3.6.



Figura 3.5 – Fachada virada a norte  
(Gomes, 2016)



Figura 3.6 – Interior do edifício numa zona  
em funcionamento

### CAPÍTULO 3

As escavações realizadas no terreno foram efetuadas a diferentes cotas consoante as exigências presentes no projeto, sendo realizadas escavações em solo de natureza diversas, mais especialmente em rocha.



Figura 3.7 – Transporte de solos para aterro  
(Gomes, 2016)



Figura 3.8 – Escavação de terras  
(Gomes, 2016)

As fachadas do edifício construídas em bloco térmico, nomeadamente alvenarias assente a fiada longitudinalmente ao cutelo, com argamassa de cimento e areia, incluindo a execução de vergas sobre os vãos necessários.



Figura 3.9 – Alvenaria de bloco térmico  
(Gomes, 2016)

As divisórias interiores foram realizadas segundo duas técnicas distintas, nomeadamente utilizado panos simples de tijolo cerâmico 30x20x11 bem como em dupla placa de gesso cartonado, do tipo acústico aplicado em cada face do montante, incluindo estrutura do sistema, barramento, aplicação de bandas de ligação e todos os demais trabalhos de forma a ficar pronto a receber o acabamento final definido para cada espaço.



Figura 3.10 – Alvenaria de tijolo cerâmico  
(Gomes, 2016)



Figura 3.11 – Paredes em gesso cartonado

As infraestruturas executadas no interior do edifício através de alhetas fixas aos tetos, roços abertos nas paredes de alvenaria bem como na zona dos montantes nas paredes de gesso cartonado. É realizada também a execução de redes de abastecimento de água, rede de drenagem de esgotos domésticos, rede de drenagem de águas pluviais, rede elétrica, ITED, rede de segurança contra incêndios, AVAC, rede de gás, desenfumagem e gases medicinais.

A cobertura do edifício foi efetuada segundo duas metodologias construtivas distintas, uma zona em cobertura inclinada com revestimento painel sandwich e outra zona em cobertura plana.



Figura 3.12 – Cobertura inclinado com painel  
sandwich



Figura 3.13 – Cobertura plana com acabamento a  
godo

As paredes exteriores receberam isolamento térmico pelo exterior no sistema de ETICS, ou seja, isolamento térmico em EPS grafite, finalizando com diversos acabamentos, nomeadamente, painéis em fenólico, areado fino ou mesmo cerâmico.



Figura 3.14 – Fachada com acabamento em areado fino



Figura 3.15 – Fachada com acabamento em cerâmico (Gomes, 2016)

Quanto ao revestimento das paredes interiores, sendo estas em alvenaria foram revestidos a reboco, para receberem cerâmicos ou estanhado finalizando com acabamentos em pintura, manta vinílica ou placas de gesso cartonado.



Figura 3.16 – Parede com acabamento em cerâmico



Figura 3.17 – Parede com acabamento em manta vinílica

Nos pavimentos do piso -4 e piso -3, sendo estes pavimentos térreos foi executada uma camada de fundação composta por uma camada de brita granítica devidamente compactada sobre a qual foi colocada uma barreira para-vapor constituída por uma manta de polietileno. Foi também colocada uma armadura constituída por uma malha electro soldada AQ50 colocada em reforço da camada de betão. A superfície destes pisos e do piso -2 (arrumos, estacionamento) foram acabadas com aplicação de um endurecedor de superfície, com acabamento a talocha mecânica e execução de juntas por serragem para evitar o aparecimento de fissuras no pavimento.



Figura 3.18 – Aplicação de betão nos pavimentos (Gomes, 2016)



Figura 3.19 – Aplicação do endurecedor nos pavimentos em betão (Gomes, 2016)

### 3.4.2 Intervenções acompanhadas durante o estágio

A intervenção teve como base duas vertentes claras, reabilitar a parte existente e construir uma nova parte de raiz, ou seja, procurou reabilitar na medida do possível o conjunto edificado inserido na ampliação que se pretende implementar sobre a área livre da parcela a norte, apostando-se na recuperação e clarificação da estrutura programática. Numa resposta as necessidades que a casa de saúde apresentava, usou-se uma alargada parte da parcela posterior, encontrada livre, de modo a ampliar o edifício, mantendo também a implantação atual, podendo desse modo apresentar um edificado, agora com 4 pisos abaixo da cota de soleira e 3 acima da mesma.

Pretendeu-se manter a entrada principal e a sua orientação original, voltada para a rua 5 de Outubro, sendo a partir de onde os acessos acontecerão, tal como antes da intervenção. Não provocando o encerramento da unidade de saúde, a intervenção foi idealizada de forma a permitir a execução das obras, entrelaçando as duas atividades de forma clara e segura, neste caso para os utentes que continuavam a frequentar o espaço.

A finalidade de uma fachada ventilada revestida com um painel cerâmico de grandes dimensões de cor branca é uma solução que permite uniformizar o conjunto de saliências e reentrâncias encontradas anteriormente, esta irá permitir também a colocação de uma grande variedade de infraestruturas que ao serem distribuídas a partir da fachada, evitarão a criação de vários ductos técnicos pelo interior do edifício.

Pela necessidade de circulação vertical optou-se por criar novas caixas de escadas e novos elevadores nos extremos atuais do edifício com as dimensões adequadas, seguindo-se pelo diploma legal. No mesmo sentido das necessidades apresentadas, o estabelecimento foi dotado com mais 113 lugares de estacionamento, distribuídos por vários pisos, sendo 4 deles reservados para os utentes com mobilidade condicionada, fazendo cumprir o definido na seção 2.8.1 do decreto-lei 163/2006:

*“O número de lugares reservados para veículos em que um dos ocupantes seja uma pessoa com mobilidade condicionada deve ser pelo menos de: 4) Quatro lugares em espaços de estacionamento com uma lotação compreendida entre 101 e 500 lugares;”*

Com base no relatório geotécnico, dos estudos realizados no terreno da Casa de Saúde São Mateus para a ampliação das suas instalações com a construção de um edifício com 2 caves mais 5 pisos, o responsável técnico concluiu que:

1. Trata-se de um terreno constituído por aterros de solo silto-argilosos com pedras e blocos graníticos, subjacentemente, a cerca de 16 metros encontra-se o maciço granítico (Ladeira, 2014);
2. O nível freático foi detetado a cerca de 9.5 metros de profundidade (Ladeira, 2014)

Neste seguimento são apresentadas as plantas de todos os pisos, no decorrer do texto, para apresentar as intervenções sofridas, assinaladas devidamente, que foram visíveis no decorrer do estágio. É de realçar também que as plantas do piso - 4 e do piso -2 não serão apresentadas, uma vez que não foi possível acompanhar a intervenção, tendo em conta já estar concluída.

No âmbito do estágio, surgiu também a oportunidade de elaborar pormenores de elementos estruturais, com base na planta de implantação, que serão apresentados nas plantas dos pisos correspondentes.

O piso -4 com 386.1 m<sup>2</sup> é totalmente reservado a área técnica, onde se encontram os reservatórios de água para o cumprimento do plano de segurança contra incêndios tendo, também, presente o grupo de bombagem de água para satisfazer as necessidades de abastecimento para todo o edifício.



Figura 3.20 – Estacionamento piso 3

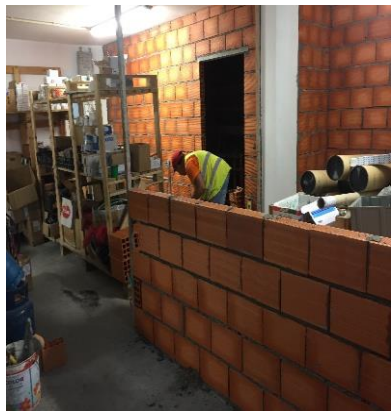

De acordo com o projeto de arquitetura no piso -3, numa área de 1717.3 m<sup>2</sup>, construiu-se um novo espaço destinado a estacionamento, mais precisamente 45 novo lugares.


O piso -3 detém uma área de arrumo inicialmente indefinida com 78 m<sup>2</sup>, motivo pelo qual se procedeu a construção de parede de alvenaria de tijolo cerâmico furado, de modo a compartimentar o espaço existente.

Tabela 3.3 – Área das intervenções piso -3

Tipo de intervenção	Área de intervenção (m <sup>2</sup> )
Alvenarias/Paredes e Painéis	44.97

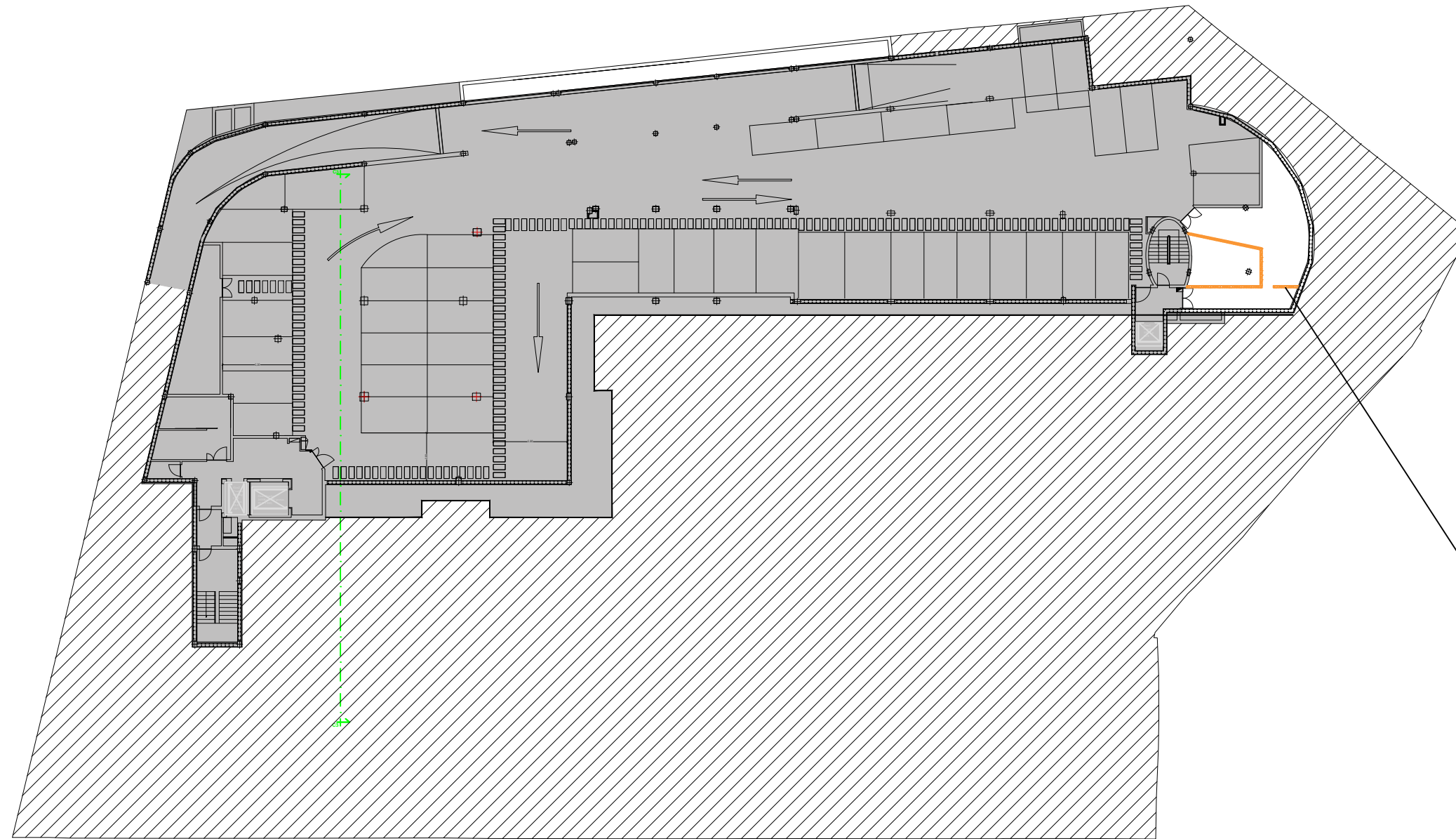
Tabela 3.4 – Descrição das intervenções piso -3

Tipo de intervenção		
Alvenaria/Paredes e Painéis – Construção de uma parede de alvenaria		
Descrição da intervenção		Ilustrações
<p>Zona inicialmente predefinida como sendo um auxílio para a manutenção da Casa de Saúde São Mateus, considerou-se essencial dividi-lo em diferentes zonas de modo a obter uma maior organização. Para isso foi necessário dividir um espaço de aproximadamente 78 m<sup>2</sup> de modo a compartimentar a zona técnica em três espaços com áreas</p>	<p>Assentamento de tijolos em fiadas;</p>	
	<p>Após assentamento de todas as camadas de tijolo reboca-se a parede;</p>	

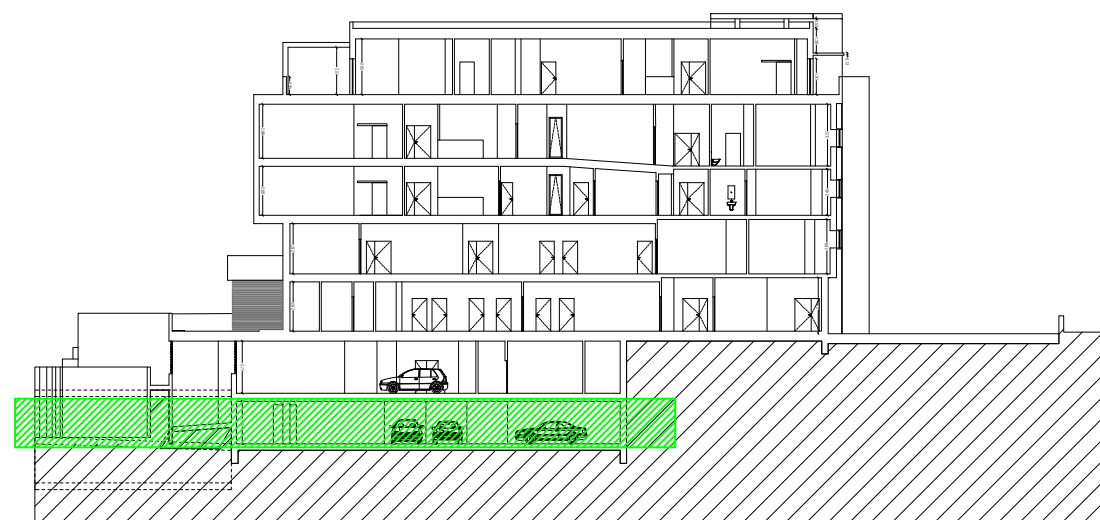
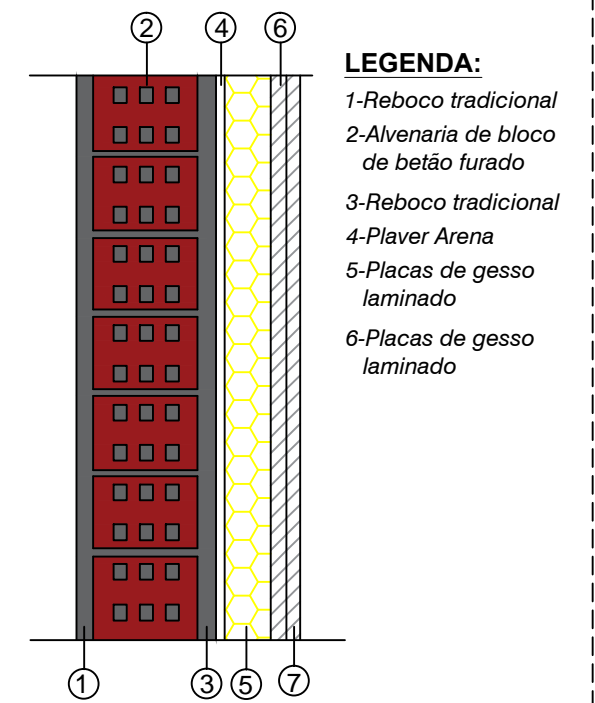
<p>aproximadamente iguais</p>	<p>Por fim a parede leva um barramento geral de gesso estanhado.</p>	
-----------------------------------	--	--

**LEGENDA:**


-  Demolições
-  Estrutura
-  Alvenarias/Paredes e Paineis
-  Acabamentos e Revestimentos
-  Pavimentos
-  Tetos
-  Estaleiro
-  Impermeabilização
-  Terreno
-  Áreas não visualizadas



**PORMENOR: Parede interior existente com isolamento interior**



Corte C3

 <p>instituto superior de engenharia do porto</p>	Projeto de Renovação da Casa de Saúde - Viseu de autoria do Arq.º Carlos Manuel da Costa Chaves		Mestrado em Engenharia Civil - Ramo Construções
	Desenho		Desenho nº
	Piso -3		001
	Orientadora Curso	Orientador Empresa	Escala
Eunice Fontão	Élio Cardoso	sem escala	Relatório de Estágio Andrei Florin Bonya 26 JUNHO 2017

O piso -2 à semelhança do piso anterior, contém uma ampla área de 1744.7 m<sup>2</sup> destinada na sua maioria ao estacionamento. Este piso assegura ainda o apoio técnico a todo o edifício através de dois espaços reservados a instalações especializadas.

A ligação interna aos restantes pisos é realizada através do novo conjunto de comunicações verticais estabelecidos, compostos agora por duas caixas de escadas e duas caixas de elevadores.

Segundo o projeto de arquitetura do edifício a criação do piso conta com uma abertura a partir da fachada a norte do edifício, com objetivo de assegurar a iluminação e ventilação natural.



a) Iluminação e ventilação natural do piso

b) Saída do estacionamento

c) Entrada para os espaços técnicos

Figura 3.21 – Estacionamento piso -2

Piso -1 é um piso semienterrado, apresenta uma área de 1835.4 m<sup>2</sup>, possibilitando o acesso ao edifício pela fachada posterior e ala lateral, virada a norte e oeste respetivamente. A Tabela 3.5, expõe os tipos de intervenções realizadas para este piso e as suas respetivas áreas.

Tabela 3.5 – Área das intervenções piso -1

Tipo de intervenção	Área de intervenção (m <sup>2</sup> )
Demolições	231.0
Pavimentos	172.9
Tetos	172.9
Acabamentos e Revestimentos	439.3


No projeto de arquitetura estava indicado que o pé-direito do edifício existente era de aproximadamente 2.80 m, sendo bastante reduzido atendendo as novas necessidades de atravessamento das mais diversas infraestruturas, visto tratar-se de uma zona de preparação e confeção de alimentos para o centro hospitalar. Segundo a Associação da hotelaria, restauração e similares de Portugal (AHRESP) o pé direito desta zona tem necessariamente de não ser inferior a 3.20 metros para as máquinas de desenfumagem e renovação de ar terem a capacidade de trabalhar de modo mais correto.



a) Sistema de ventilação/renovação de ar      b) Sistema de extração de fumos

Figura 3.22 – Infraestruturas piso -1




Tabela 3.6 – Descrição das intervenções piso -1

Tipo de intervenção		
Demolições – Demolição completa de um espaço anteriormente utilizado		
Descrição da intervenção		Ilustrações
O espaço localizado mais a sul do edifício está a ser demolido de modo a garantir nova vida ao espaço. Tal como anteriormente referido e analisando mais uma vez o	Demolição das paredes existentes;	

<p>nível das sapatas, vai se proceder ao rebaixamento da cota do pavimento de modo a conseguir ganhar mais pé-direito livre em todo o espaço, uniformizando assim o piso no seu todo, conforme o projeto de arquitetura.</p>	<p>Demolição do pavimento existente;</p>	
	<p>Alisamento do pavimento e verificação do pé direito resultante.</p>	
<p>Pavimentos – Construção de uma laje fungiforme</p>		
Descrição da intervenção	Ilustrações	
<p>Após análise das sapatas existente no local, a solução encontrada para o aumento do espaço foi o rebaixamento da cota do pavimento em cerca de 0.50 m. Deste modo e com especial atenção ao piso -2, procedeu-se a construção de uma laje fungiforme, permitindo assim assegurar o acesso ao edifício pela ala lateral. O acesso por essa parte do edifício será</p>	<p>Colocação em fiadas os blocos fungiformes;</p>	
	<p>Colocação das armaduras;</p>	



<p>restrito para pessoal técnico, não permitindo de modo algum o acesso as pessoas não autorizadas.</p>	<p>Betonagem da laje.</p>	
---	---------------------------	--

**Tetos – Aplicação do teto metálico**

Descrição da intervenção	Ilustrações	
<p>A intervenção com vista ao teto do espaço neste piso teve o cuidado de ser um teto falso de tipo metálico 60x60, liso, de modo a tornar possível o acesso, às demais infraestruturas presentes, em caso de qualquer avaria.</p>	<p>Marcação do pé direito e nivelamento da estrutura metálica;</p>	
	<p>Montagem da estrutura metálica;</p>	
	<p>Aperto final do teto metálico após colocação de todas as placas metálica 60x60.</p>	

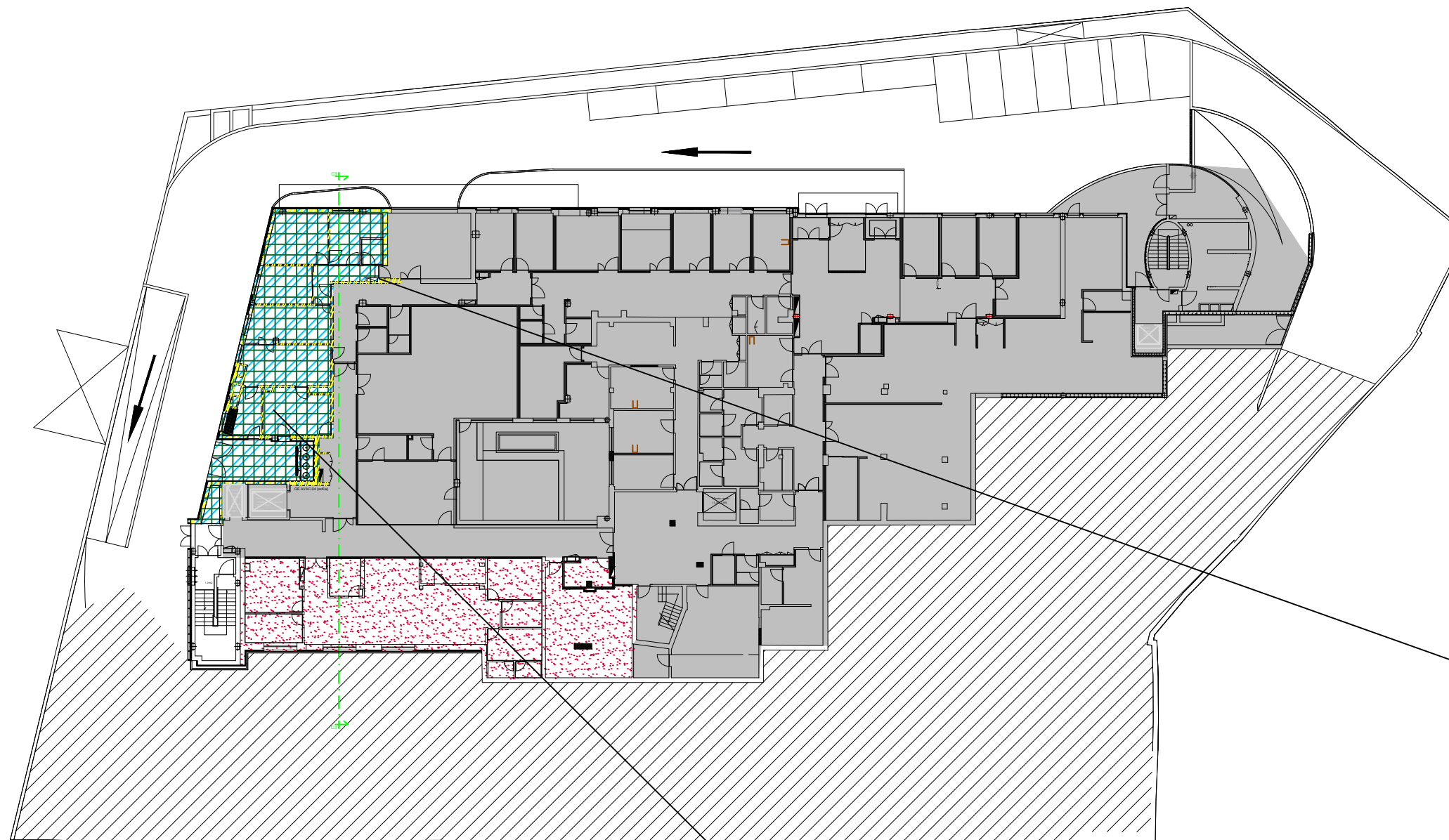
**Acabamentos e Revestimentos – Aplicação de cerâmico tanto no pavimento como nas paredes**

Descrição da intervenção	Ilustrações
--------------------------	-------------

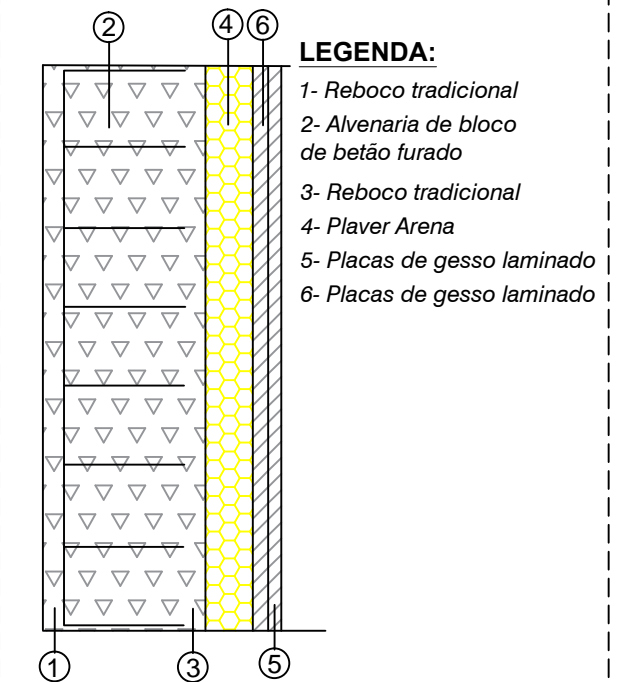
<p>De acordo com o projeto de arquitetura os revestimentos foram escolhidos em função da utilidade do espaço. Deste modo foi aplicado azulejo no pavimento e em todas as paredes, visto se tratar de um espaço destinado a cozinha, conseguindo deste modo manter o espaço constantemente limpo;</p>	<p>Aplicação de azulejo no chão;</p>	
	<p>Aplicação de azulejo em todas as paredes.</p>	

**LEGENDA:**

-  Demolições
-  Estrutura
-  Alvenarias/Paredes e Paineis
-  Acabamentos e Revestimentos
-  Pavimentos
-  Tetos
-  Estaleiro
-  Impermeabilização
-  Terreno
-  Áreas não visualizadas

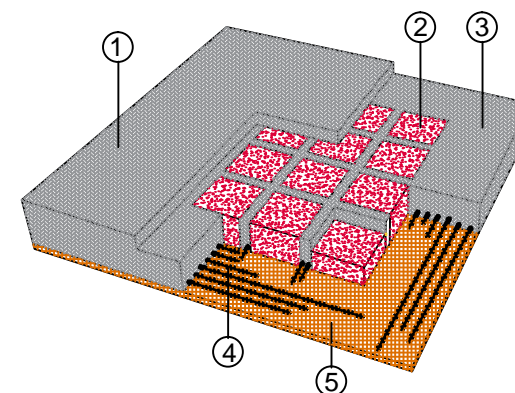


**PORMENOR: Parede interior existente com isolamento interior**

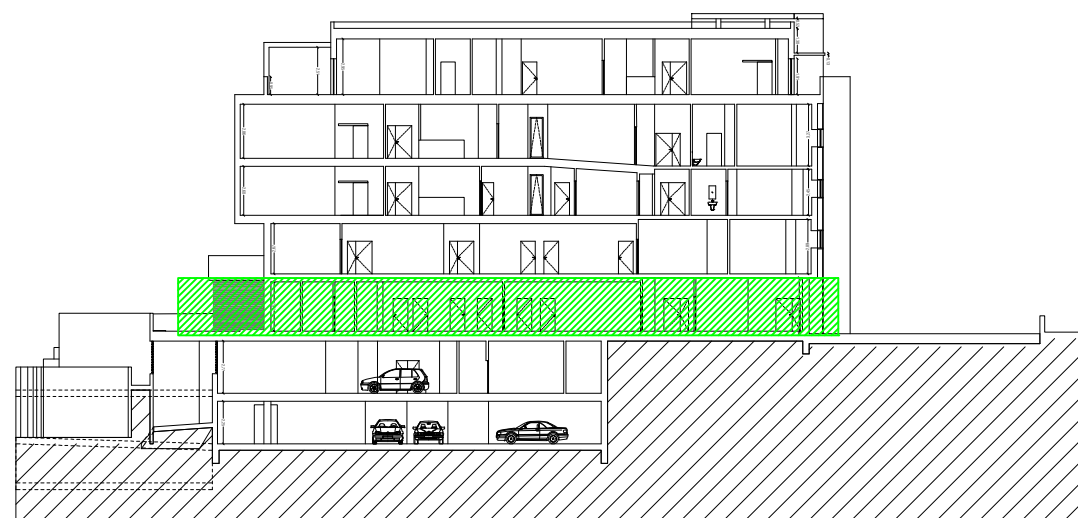


- LEGENDA:**
- 1- Reboco tradicional
  - 2- Alvenaria de bloco de betão furado
  - 3- Reboco tradicional
  - 4- Plaver Arena
  - 5- Placas de gesso laminado
  - 6- Placas de gesso laminado

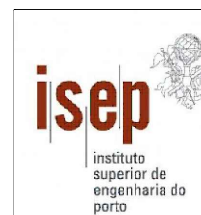
**PORMENOR: Laje fungiforme**



- LEGENDA:**
- 1- Camada de cobertura reforçada por malhas
  - 2- Bloco perdido
  - 3- Zona maciça envolvente dos blocos
  - 4- Nervuras/Armaduras
  - 5- Camada inferior existente



Corte C3



Projeto de Renovação da Casa de Saúde - Viseu  
de autoria do Arq.º Carlos Manuel da Costa Chaves

Desenho		Desenho nº	
Piso -1		002	
Orientadora Curso	Orientador Empresa	Escala	
Eunice Fontão	Élio Cardoso	sem escala	

Mestrado em Engenharia Civil - Ramo Construções



Relatório de Estágio
Andrei Florin Bonya
26 JUNHO 2017



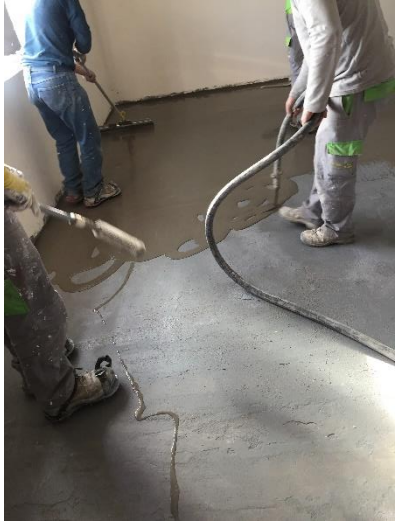
Piso 0 serve a entrada principal do edifício, apresenta uma área de 1811.2 m<sup>2</sup>. A Tabela 3.7, expõe os tipos de intervenções realizadas para este piso e as suas respetivas áreas.

Tabela 3.7 – Área das intervenções piso 0

Tipo de intervenção	Área de intervenção (m <sup>2</sup> )
Demolições	109.6
Pavimentos	293.1
Tetos	293.1
Alvenarias/Parede e Painéis	166.9
Estrutura	22.8
Acabamentos e Revestimentos	348.5



Tabela 3.8 - Descrição das intervenções piso 0

Tipo de intervenção		
Demolições – reconstrução da entrada principal		
Descrição da intervenção		Ilustrações
<p>Segundo o projeto de arquitetura, a entrada principal do edifício existente foi totalmente demolida de modo a ficar substancialmente ampliada. O piso ficará marcado à semelhança de todos os outros pela criação de um pátio interior, permitindo a entrada de luz natural e ventilação.</p>	Demolição da entrada principal;	
	Aspetto da entrada principal após demolição.	



Pavimentos – tratamento e reconstrução	
Descrição da intervenção	Ilustrações
<p>Tratando-se de uma reabilitação do espaço e após o arranque do revestimento existente, foi necessário realizar uma intervenção ao pavimento, uma vez encontrarem-se pequenas fissuras e ondulações. De modo a tratar as fissuras existentes e posteriormente nivelá-lo foi aplicado um primário, com o objetivo de conseguir distribuir com maior firmeza o autonivelante.</p> <p>O tratamento das fissuras é uma etapa essencial quanto à construção de um novo pavimento de modo a evitar possíveis problemas futuros.</p> <p>Quanto ao autonivelante, este é aplicado de modo a conseguir, tal como o próprio nome indica, um nivelamento do pavimento para se conseguir aplicar o revestimento sem quaisquer possíveis imperfeições;</p>	<p>Arranque do revestimento existente;</p> 
	<p>Tratamento de pequenas fissuras e ondulações;</p> 
	<p>Nivelamento com aplicação de um primário, tendo como objetivo conseguir uma distribuição com maior firmeza do autonivelante.</p> 


Tetos – construção de tetos no interior do edifício

Descrição da intervenção		Ilustrações
<p>A solução encontrada para a intervenção realizada em relação ao teto neste piso, foi sem dúvida a mais demorada do ponto de vista de decisão final, uma vez que o projeto elétrico teve que ser alterado devido a falhas técnicas. A demora das decisões tal como a falta de matérias em estoque da obra levou a um pequeno atraso inesperado.</p>	<p>Construção de teto em gesso cartonado;</p>	
<p>A solução para o teto foi na sua maioria, em gesso cartonado, sendo que ao longo do corredor, zona das ligações técnicas, foi utilizado teto metálico, em lamelas perfuradas,</p>	<p>Preparação do teto para, na zona das ligações técnicas, para aplicação de teto amovível, lamelas;</p>	
<p>segundo assim a exposição de todos os pisos.</p>	<p>Utilização do teto metálico, em lamelas perfuradas.</p>	
Alvenaria/Parede e Painéis – reconstrução da entrada principal		
Descrição da intervenção		Ilustrações



<p>A reabilitação da entrada principal passa pela construção de novos espaço, de modo a obter um melhor aproveitamento, razão pela qual foram construídas paredes, de alvenaria de tijolo cerâmico e alvenaria de bloco térmico. O aumento dos espaços permitiu a criação de novo já previsto no projeto de arquitetura, uma instalação sanitária;</p>	<p>Construção da parede em alvenaria de tijolo cerâmico;</p>	
<p>Construção da parede exterior da envolvente da entrada principal em alvenaria de bloco térmicos.</p>	<p>Construção da parede exterior da envolvente da entrada principal em alvenaria de bloco térmicos.</p>	

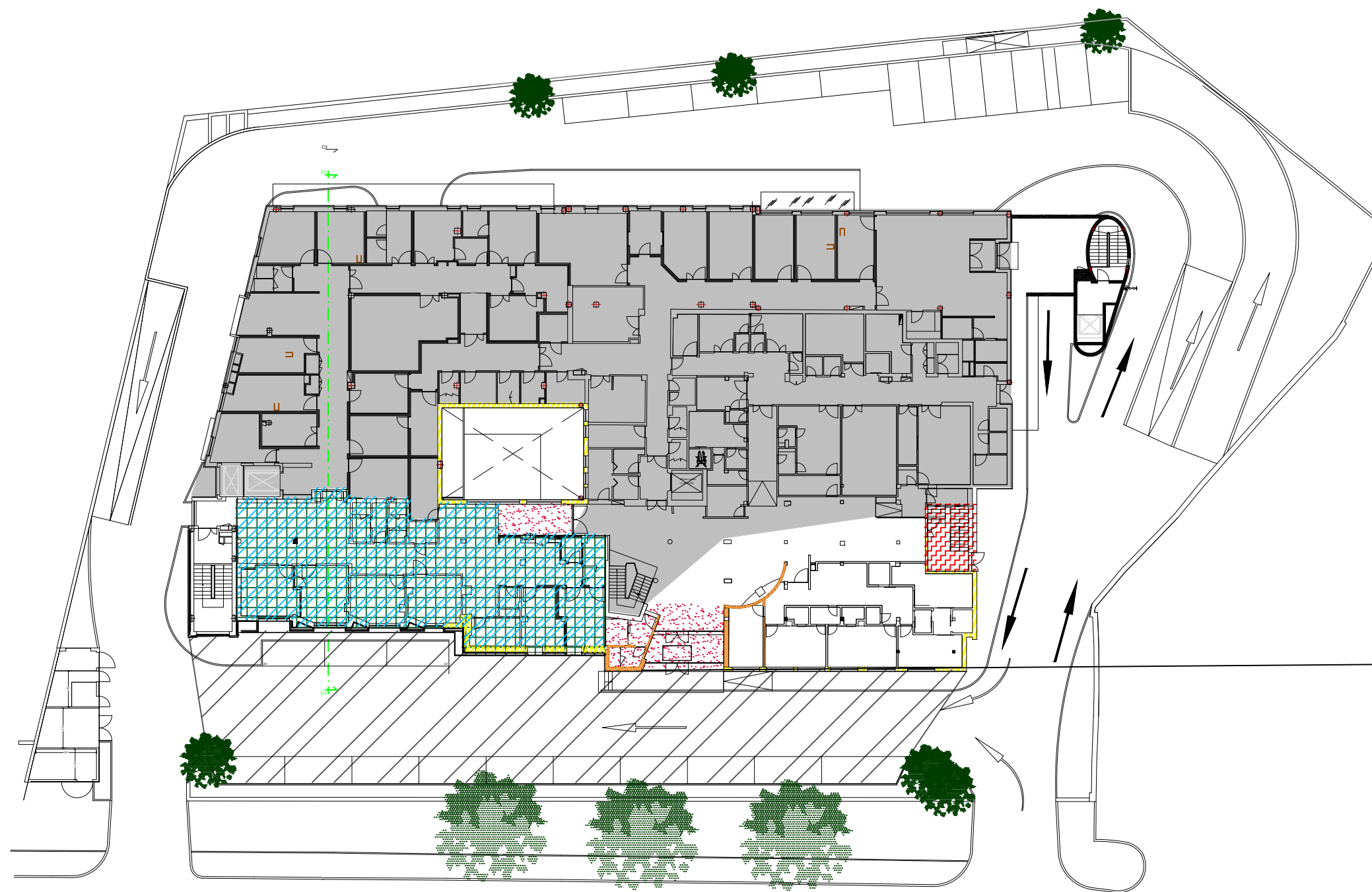
Estrutura – concepção da estrutura metálica

Descrição da intervenção	Ilustrações	
<p>A estrutura metálica vai ao encontro do projeto de arquitetura sendo que o objetivo da intervenção passa por ampliar o espaço total do edifício. Estendendo-se até ao último piso, ou seja, composta por três andares, sendo uma estrutura realizada por meio de perfis metálicos pré-fabricados, constituída por paredes de alvenaria de bloco térmico e lajes constituídas por meio de chapas colaborantes. É uma</p>	<p>Encaixe dos perfis pré-fabricados;</p>	
<p>Construção das paredes em alvenaria de bloco térmico;</p>	<p>Construção das paredes em alvenaria de bloco térmico;</p>	

<p>estrutura de fácil construção, tendo em conta que as medidas tendem de ir ao encontro do anteriormente calculado e projetado. Mas, devido a pequenas falhas nas medições resultou em atrasados, uma vez que as peças pré-fabricadas não correspondiam as medições realizadas em obra.</p>	<p>Construção de laje constituída por chapa colaborante.</p>	
--	--	--

Acabamentos e Revestimentos – Isolamento térmico e acústico das paredes exteriores

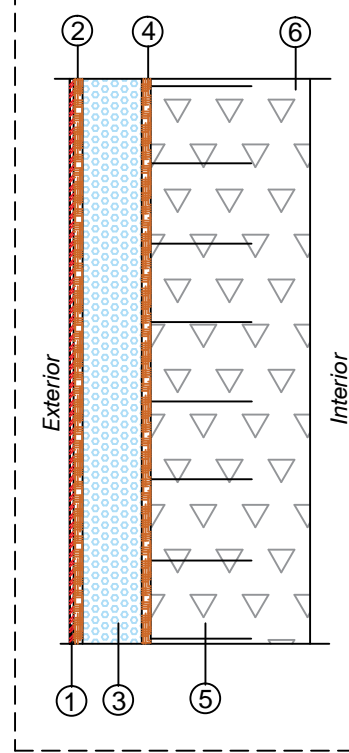
Descrição da intervenção	Ilustrações
<p>De modo assegurar um maior isolamento térmico e acústico o acabamento aplicado nas paredes exteriores de acordo com o projeto de arquitetura foi sistema External Thermal Insulation Composite Systems (ETICS).</p>	<p>Revestimento da parede com ETICS;</p> 
<p>As paredes foram revestidas pelo exterior com placas de poliestireno expandido sendo protegidas com uma camada de reboco, pronto de ser revestidas.</p>	<p>Projeção de uma camada de reboco.</p> 



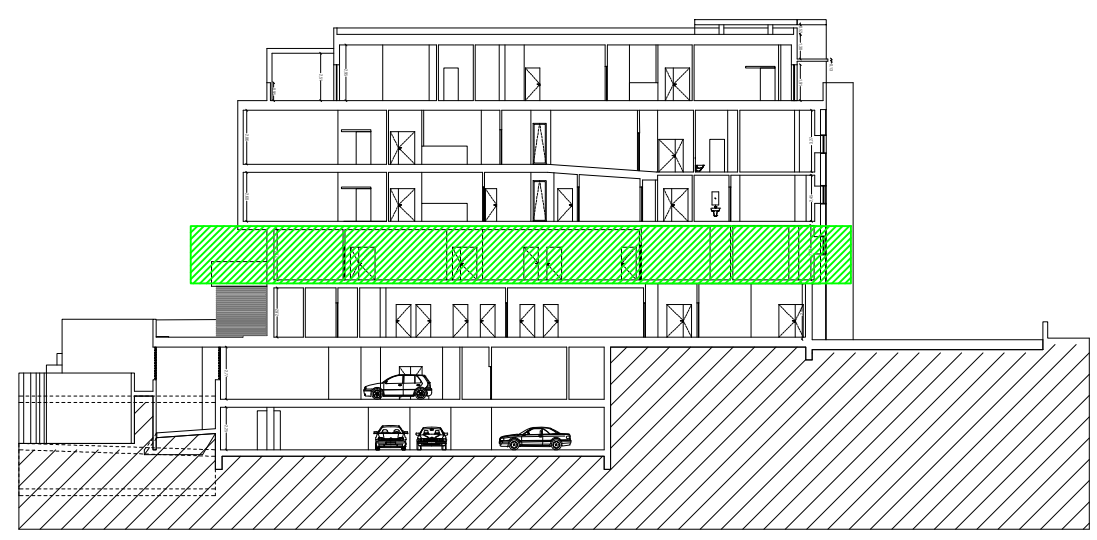
**LEGENDA:**

-  Demolições
-  Estrutura
-  Alvenarias/Paredes e Painéis
-  Acabamentos e Revestimentos
-  Pavimentos
-  Tetos
-  Estaleiro
-  Impermeabilização
-  Terreno
-  Áreas não visualizadas

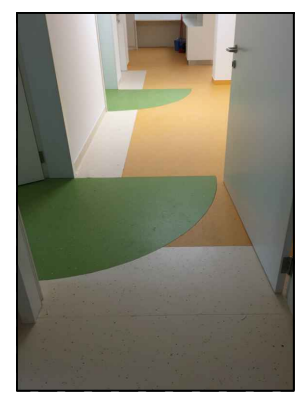
**PORMENOR: Parede exterior com isolamento exterior**



- LEGENDA:**
- 1- Argamassa decorativa
  - 2- Argamassa base
  - 3- Pannel EPS
  - 4- Argamassa base
  - 5- Bloco de betão
  - 6- Reboco tradicional



Corte C3



Desenhos realizados com auxílio da tela vinilica



Demolição da viga



Aplicação ETICS




Projeto de Renovação da Casa de Saúde - Viseu de autoria do Arq.º Carlos Manuel da Costa Chaves			Mestrado em Engenharia Civil - Ramo Construções
Desenho		Desenho nº	
Piso Rés-do-chão		003	
Orientadora Curso	Orientador Empresa	Escala	
Eunice Fontão	Élio Cardoso	sem escala	
			Relatório de Estágio
			Andrei Florin Bonya
			26 JUNHO 2017




O piso 1 é o piso que não sofre grande intervenção em virtude de seus espaços reunirem as condições suficientes de funcionamento. De acordo com o projeto de arquitetura, em grande parte da intervenção foi realizada sobre o pavimento e tetos, Tabela 3.9.

Tabela 3.9 – Área das intervenções piso 1

Tipo de intervenção	Área de intervenção (m <sup>2</sup> )
Pavimentos	407.2
Tetos	407.2
Alvenarias/Parede e Painéis	10.1
Demolições	14.7
Estrutura	51.2
Impermeabilizações	70.8

Tabela 3.10 – Descrição das intervenções piso 1

Tipo de intervenção		
Pavimentos – Melhoramento das condições do pavimento		
Descrição da intervenção		Ilustrações
Com objetivo do acabamento ser em vinil o pavimento teve necessariamente que ser reparado do ponto de vista das fissuras e novamente nivelado, tal como no piso anterior aplicando autonivelante.	Pavimento preparado e pronto a levar o revestimento predefinido. Aspeto após aplicação do autonivelante.	
Tetos – Construção de tetos falsos		

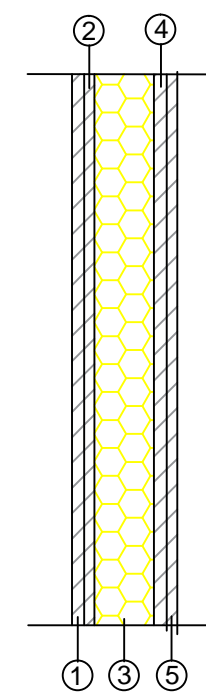
Descrição da intervenção		Ilustrações
<p>A intervenção realizada nos tetos segue o mesmo raciocínio do piso anterior, ou seja, placas de gesso cartonado na sua maioria e teto metálico, lamelas, nos sítios a onde possivelmente serão necessárias intervenções futuras nas infraestruturas instaladas.</p>	<p>Teto realizado em placas de gesso cartonado, com barramento aplicado;</p>	
	<p>Teto metálico em lamelas perfuradas.</p>	
<p>Demolições – Demolição de uma parede de alvenaria</p>		
Descrição da intervenção		Ilustrações
<p>Durante a execução da obra houve diversas mudanças devido as exigências que iam surgindo consoante a mudança de conceito para diferentes espaços. Segundo o projeto de arquitetura houve necessidade de compartimentar de maneira</p>	<p>Demolição da parede de alvenaria de tijolo cerâmico com gesso cartonado colado;</p>	

<p>diferente um espaço inicialmente destinado a ser um quarto, passando para uma sala de espera. Procedeu assim a demolição da parede de alvenaria de tijolo cerâmico com gesso cartonado colado, de modo a respeitar as novas especificações do projeto.</p>	<p>Aspetto do compartimento após a demolição da parede de alvenaria.</p>	
<p>Impermeabilizações – Proteção da varanda inacessível</p>		
<p>Descrição da intervenção</p>		<p>Ilustrações</p>
<p>Na parte exterior do edifício, o piso contém uma varanda inacessível as pessoas, que serve de cobertura a piso do rés-do-chão. A intervenção realizada foi a aplicação de tela de impermeabilização e respetivas placas de poliestireno extrudido (XPS), no pavimento da varanda. O objetivo é reter toda a água que cair, realizando assim um isolamento.</p>	<p>Aplicação de tela de impermeabilização;</p>	
	<p>Aplicação de placas de XPS e posteriormente será aplicado o respetivo godo, como acabamento final.</p>	

**LEGENDA:**

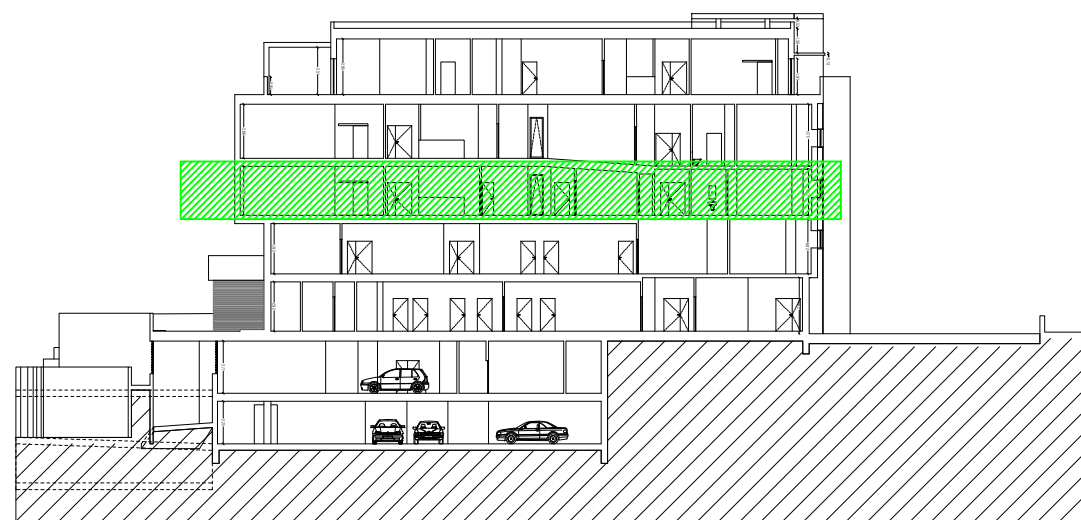
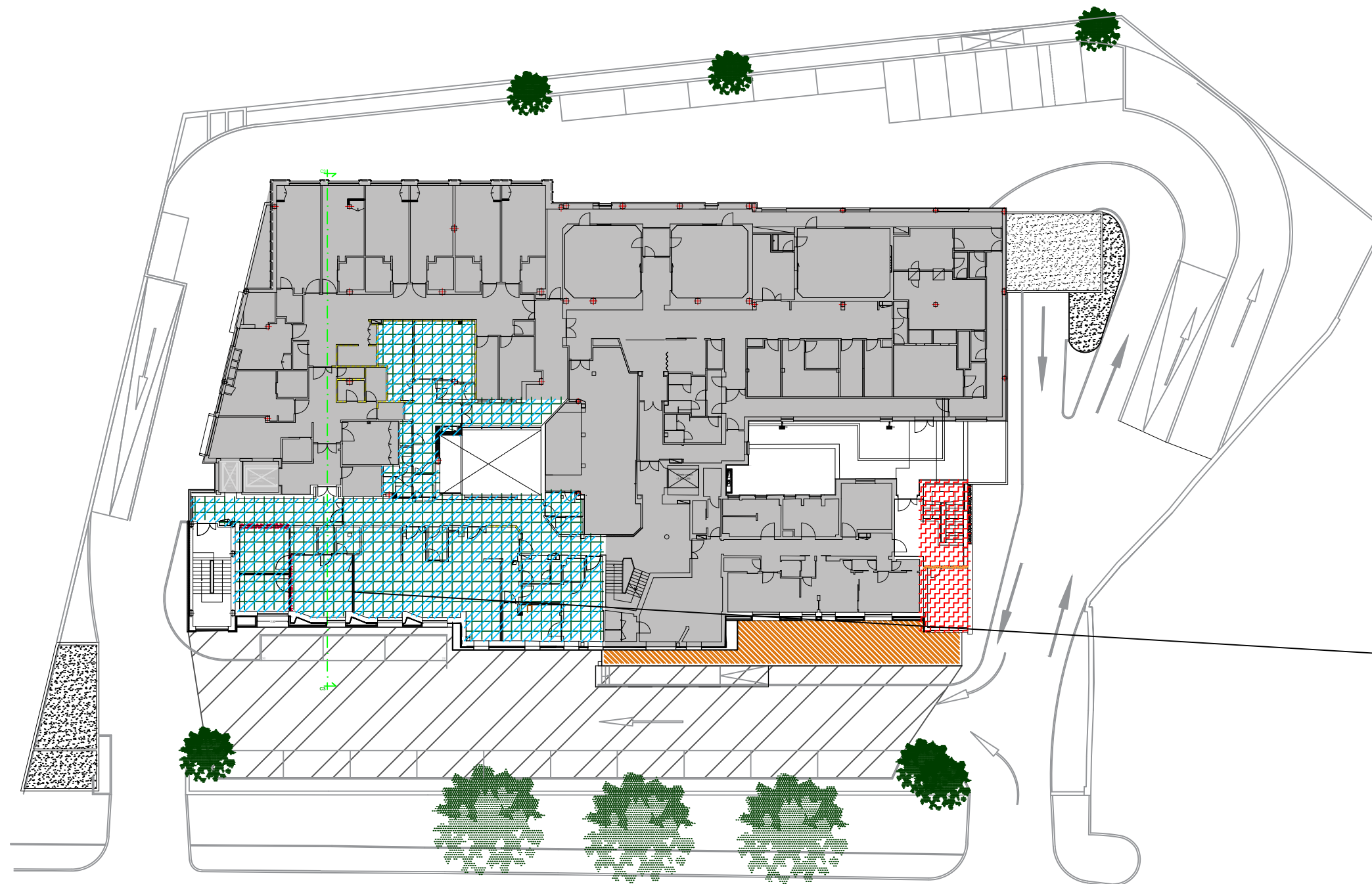
-  Demolições
-  Estrutura
-  Alvenarias/Paredes e Painéis
-  Acabamentos e Revestimentos
-  Pavimentos
-  Tetos
-  Estaleiro
-  Impermeabilização
-  Terreno
-  Áreas não visualizadas

**PORMENOR: Parede interior de compartimentação**



**LEGENDA:**

- 1- Placa de gesso laminado com isolamento acústico
- 2- Placa de gesso laminado com isolamento acústico
- 3- Lã mineral
- 4- Placa de gesso laminado com isolamento acústico
- 5- Placa de gesso laminado com isolamento acústico



Corte C3



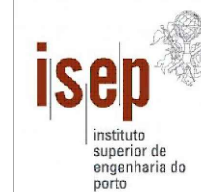
Teto metálico 60x60



Aplicação da manta vinilica



Parede em gesso cartonado



Projeto de Renovação da Casa de Saúde - Viseu de autoria do Arq.º Carlos Manuel da Costa Chaves			Mestrado em Engenharia Civil - Ramo Construções
Desenho		Desenho nº	
Piso 1		004	
Orientadora Curso	Orientador Empresa	Escala	
Eunice Fontão	Élio Cardoso	sem escala	
			Relatório de Estágio
			Andrei Florin Bonya
			26 JUNHO 2017


Ao contrário do piso anterior, o piso 2 será profundamente remodelado, para além da área de ampliação, será restaurado o pátio interior à semelhança do observado nos restantes pisos.


Tabela 3.11 – Área das intervenções piso 2

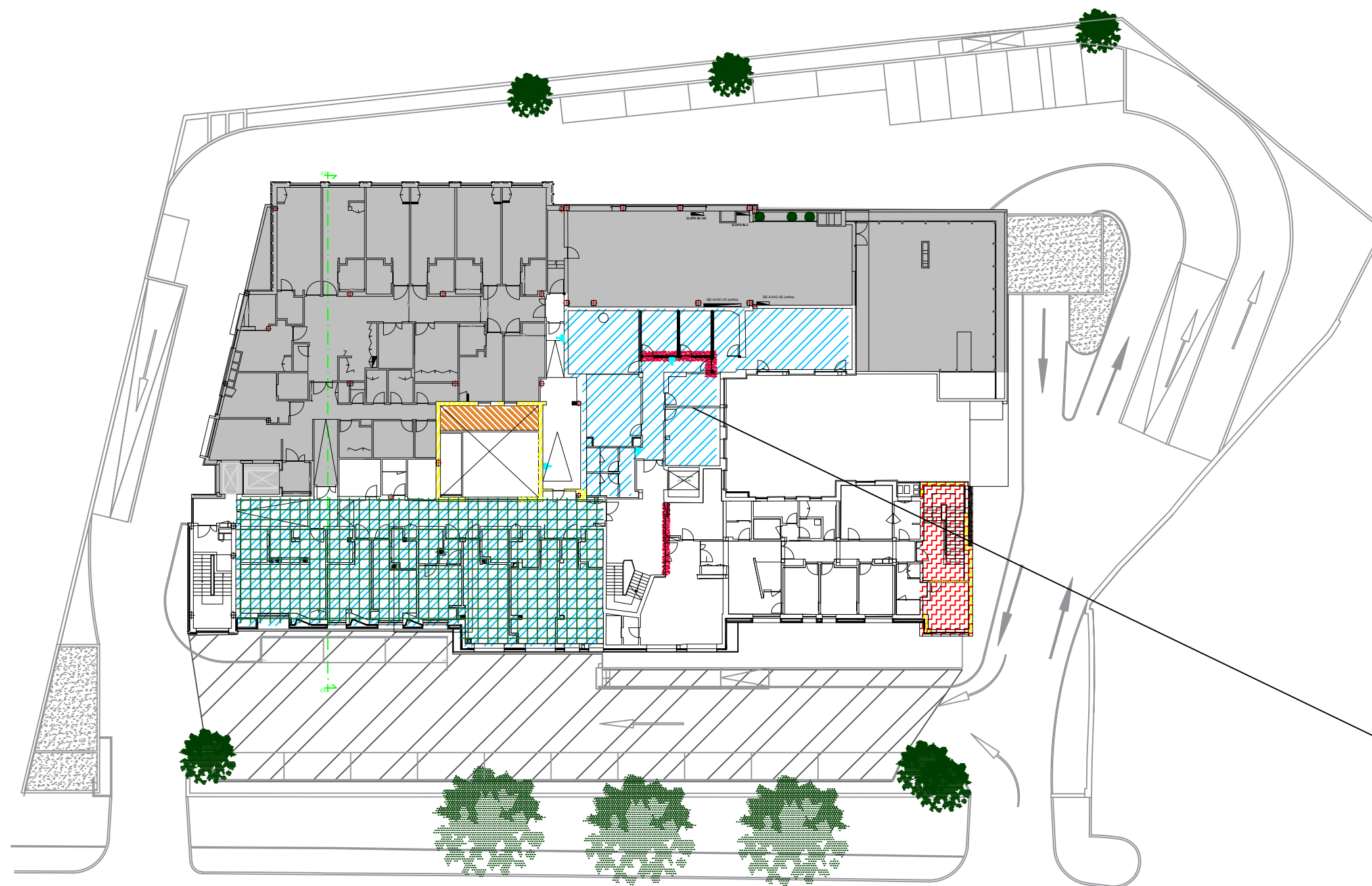
Tipo de intervenção	Área de intervenção (m <sup>2</sup> )
Pavimentos	318.2
Tetos	524.3
Demolições	10.1
Estrutura	52.8
Acabamentos e Revestimentos	742.8
Impermeabilizações	15.6

As intervenções tanto no pavimento como nos tetos foram idênticas às realizadas nos pisos anteriores, motivo pelo qual não será apresentada a descrição dessas intervenções na Tabela 3.13.


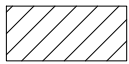

Tabela 3.12 – Descrição das intervenções piso 2

Tipo de intervenção		
Acabamentos e Revestimentos – Revestimento em manta vinílica		
Descrição da intervenção	Ilustrações	
<p>A intervenção realizada do ponto de vista dos acabamentos e revestimentos passam por a aplicação de vinil em todos os compartimentos, casa de banho e corredor do piso, tanto no pavimento, como nas paredes, como definido no projeto de arquitetura. Segundo o projeto de</p>	<p>Aplicação de vinil no pavimento</p>	

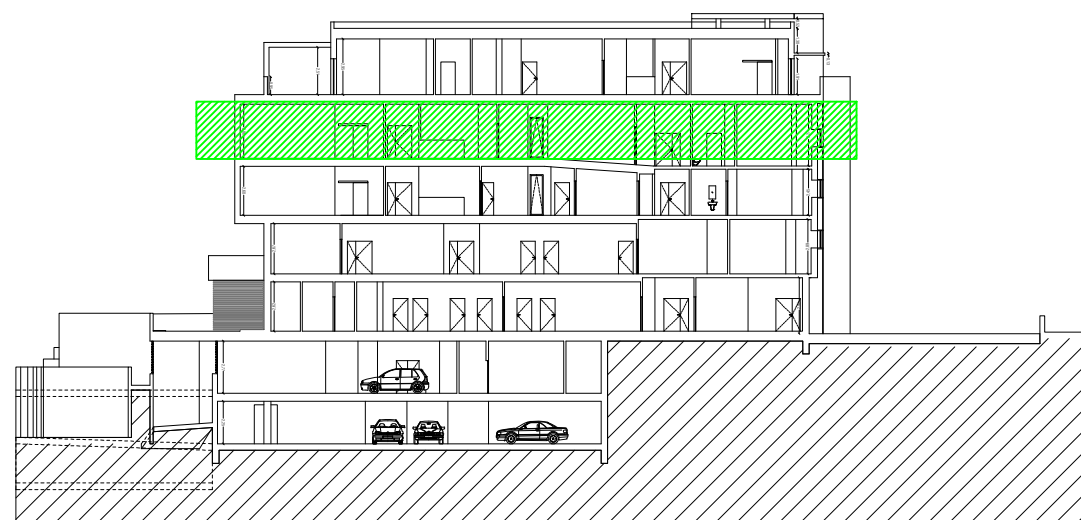
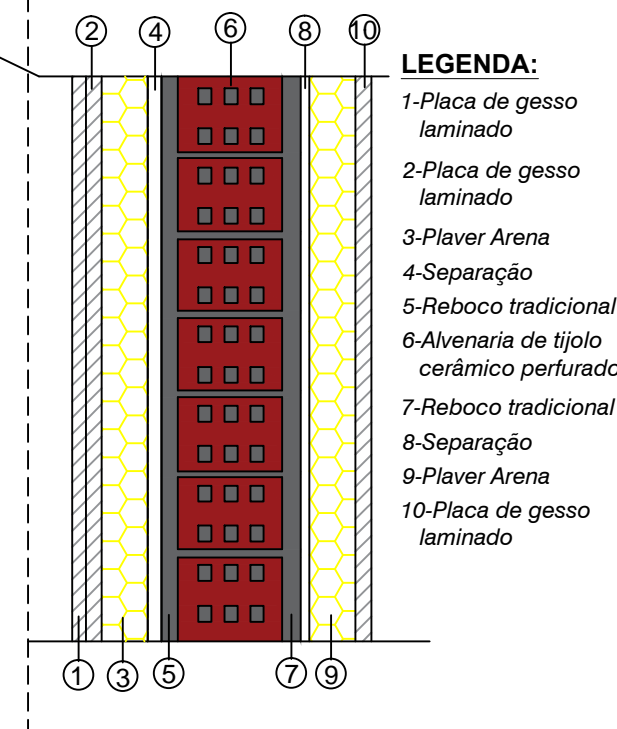
<p>arquitetura o vinil foi o material escolhido por ser de fácil manutenção e limpeza.</p>	<p>Aplicação de vinil numa das paredes</p>	
--	--	--



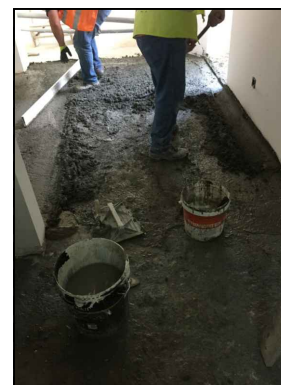
**LEGENDA:**

-  Demolições
-  Estrutura
-  Alvenarias/Paredes e Paineis
-  Acabamentos e Revestimentos
-  Pavimentos
-  Tetos
-  Estaleiro
-  Impermeabilização
-  Terreno
-  Áreas não visualizadas

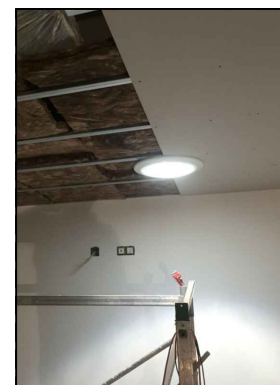
**PORMENOR: Parede interior existente com isolamento em ambas as faces**



Corte C3



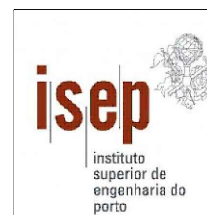
Betonagem do pavimento



Foco de luz natural



Construção da escadas metálica




Projeto de Renovação da Casa de Saúde - Viseu de autoria do Arq.º Carlos Manuel da Costa Chaves			Mestrado em Engenharia Civil - Ramo Construções
Desenho		Desenho nº	
Piso 2		005	
Orientadora Curso	Orientador Empresa	Escala	
Eunice Fontão	Élio Cardoso	sem escala	
			Relatório de Estágio
			Andrei Florin Bonya
			26 JUNHO 2017

O acesso ao último piso do edifício, piso 3, é realizado tanto pelas caixas de escadas como pelos dois elevadores. O piso totalmente reservado aos doentes residentes, motivo para que este fosse um dos primeiros pisos a ter a obra concluída. De acordo com o projeto de arquitetura o edifício existente não apresentava o piso 3, era apenas um sótão que deu lugar a este novo piso e a cobertura de duas águas foi demolida para dar lugar a uma cobertura plana.

Tabela 3.13 – Área das intervenções piso 3

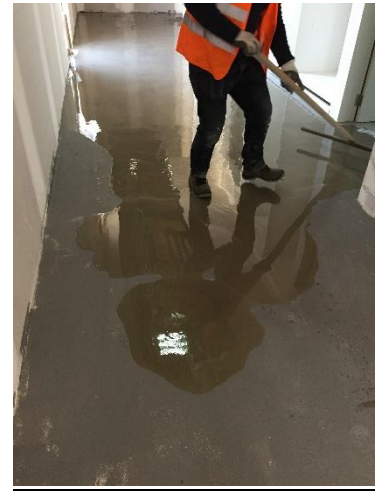
Tipo de intervenção	Área de intervenção (m <sup>2</sup> )
Pavimentos	291.9
Tetos	45.9
Estrutura	52.8
Acabamentos e Revestimentos	344.6
Impermeabilizações	46.574

Tabela 3.14 – Descrição das intervenções piso 3

Tipo de intervenção	
Pavimentos – Regularização do pavimento	
Descrição da intervenção	Ilustrações
<p>Durante o acompanhamento da obra o pavimento foi o que sofreu das maiores intervenções no piso. Apesar deste se encontrar bastante regular, foi necessário a aplicação de uma massa de regularização. A massa de características aquosas, preparada em obra, foi utilizada para regularização de superfícies pretendendo-se</p>	<p>Preparação em obra da massa de regularização</p> 

acabamentos lisos e macios de alta qualidade.

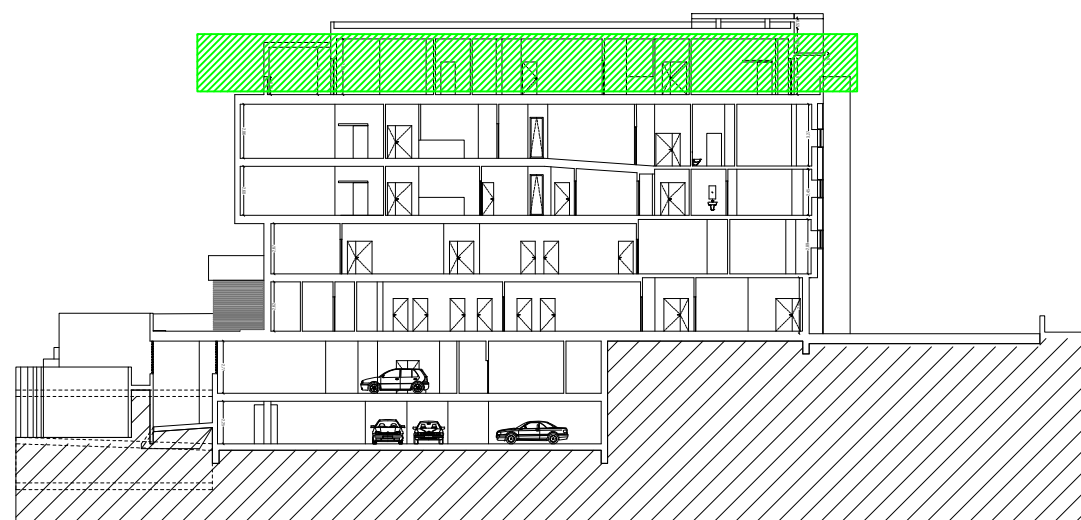
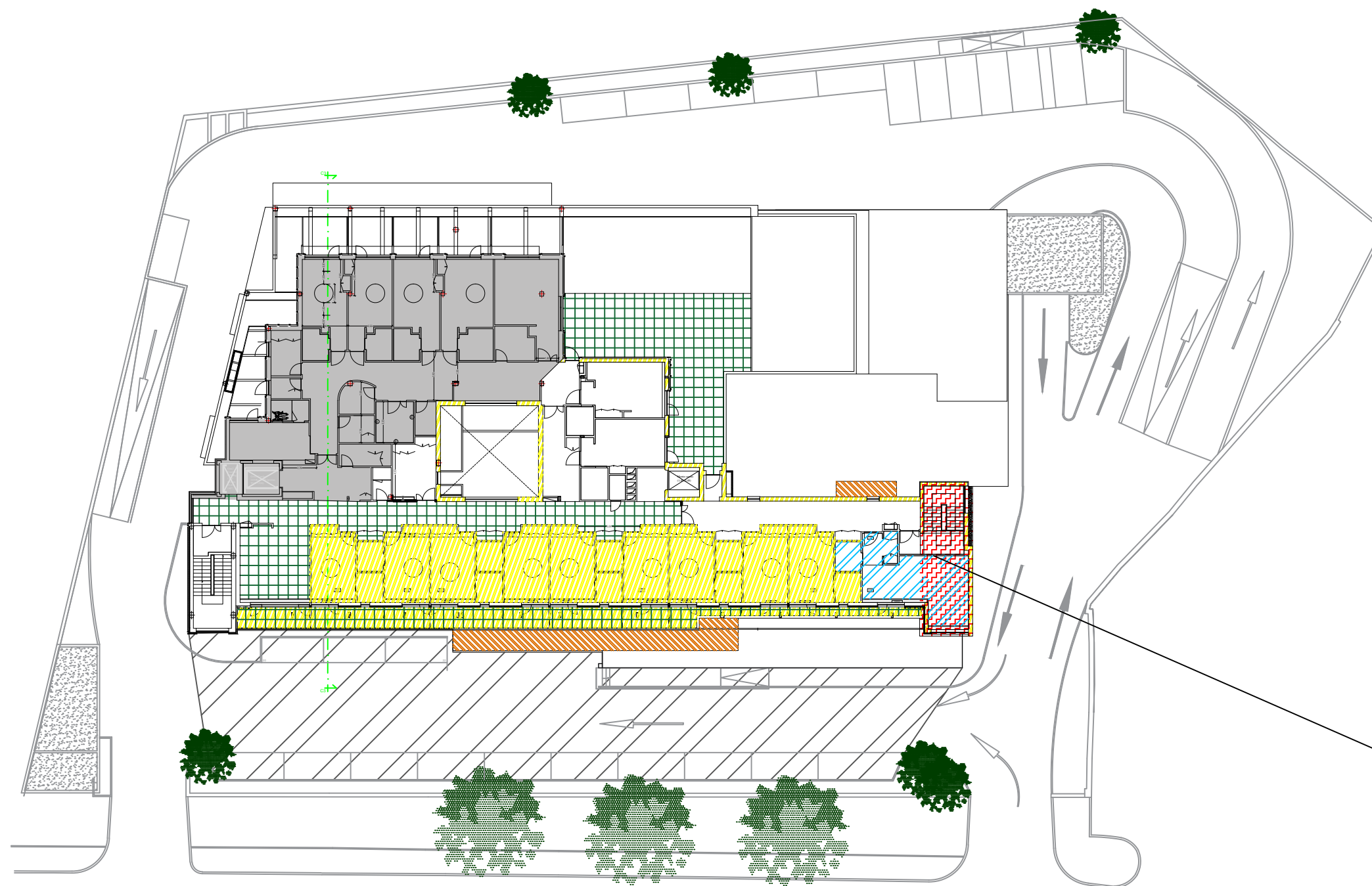
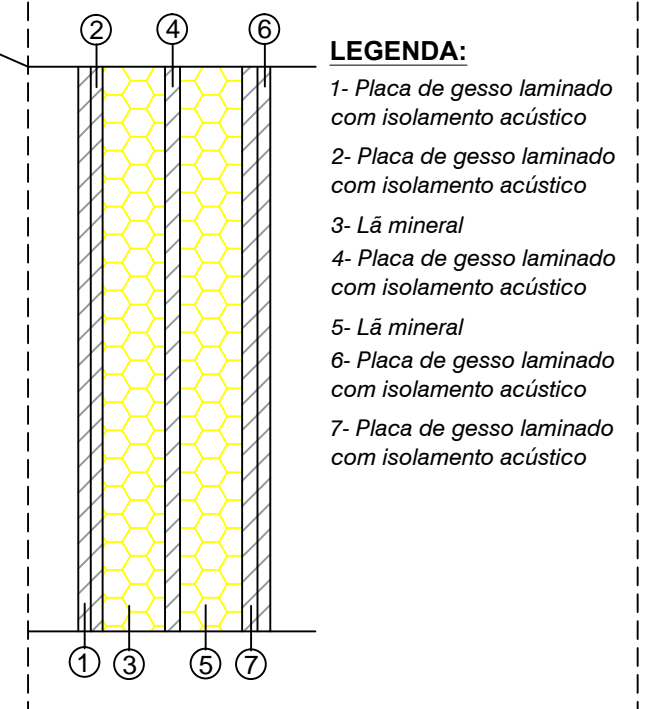
Aplicação da massa de regularização de modo a uniformizar o pavimento, deixando-o pronto para receber o revestimento



**LEGENDA:**

-  Demolições
-  Estrutura
-  Alvenarias/Paredes e Painéis
-  Acabamentos e Revestimentos
-  Pavimentos
-  Tetos
-  Estaleiro
-  Impermeabilização
-  Terreno
-  Áreas não visualizadas

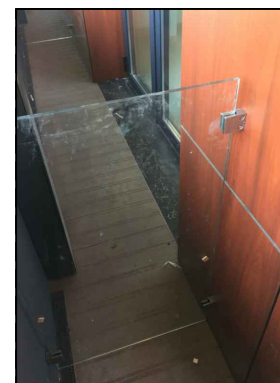
**PORMENOR: Parede interior existente com isolamento em ambas as faces**



Corte C3



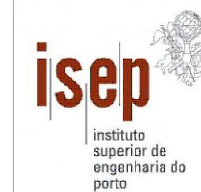
Revestimentos do quarto



Revestimentos da varanda



Instalação sanitária



Projeto de Renovação da Casa de Saúde - Viseu de autoria do Arq.º Carlos Manuel da Costa Chaves			Mestrado em Engenharia Civil - Ramo Construções
Desenho	Desenho nº		Relatório de Estágio
Piso 3	006		
Orientadora Curso	Orientador Empresa	Escala	
Eunice Fontão	Élio Cardoso	sem escala	
			1110793 Andrei Florin Bonya
			26 JUNHO 2017

A cobertura foi pensada e executada segundo dois métodos construtivos diferente, sendo que uma zona terá uma cobertura plana, enquanto a outra zona uma cobertura inclinada com revestimentos em painel tipo sandwich.


Tabela 3.15 – Área das intervenções da cobertura


Tipo de intervenção	Área de intervenção (m <sup>2</sup> )
Cobertura	52.8
Estrutura	52.8
Acabamentos e Revestimentos	30.8
Impermeabilizações	60.5

As intervenções realizadas na cobertura vão ao encontro à manutenção e preservação do espaço uma vez que a parte da cobertura que sofreu as maiores intervenções foi a estrutura posteriormente construída.

O fecho da estrutura da cobertura foi realizado em laje com chapa colaborante, com especial atenção à impermeabilização do pavimento e isolamento das paredes exteriores.

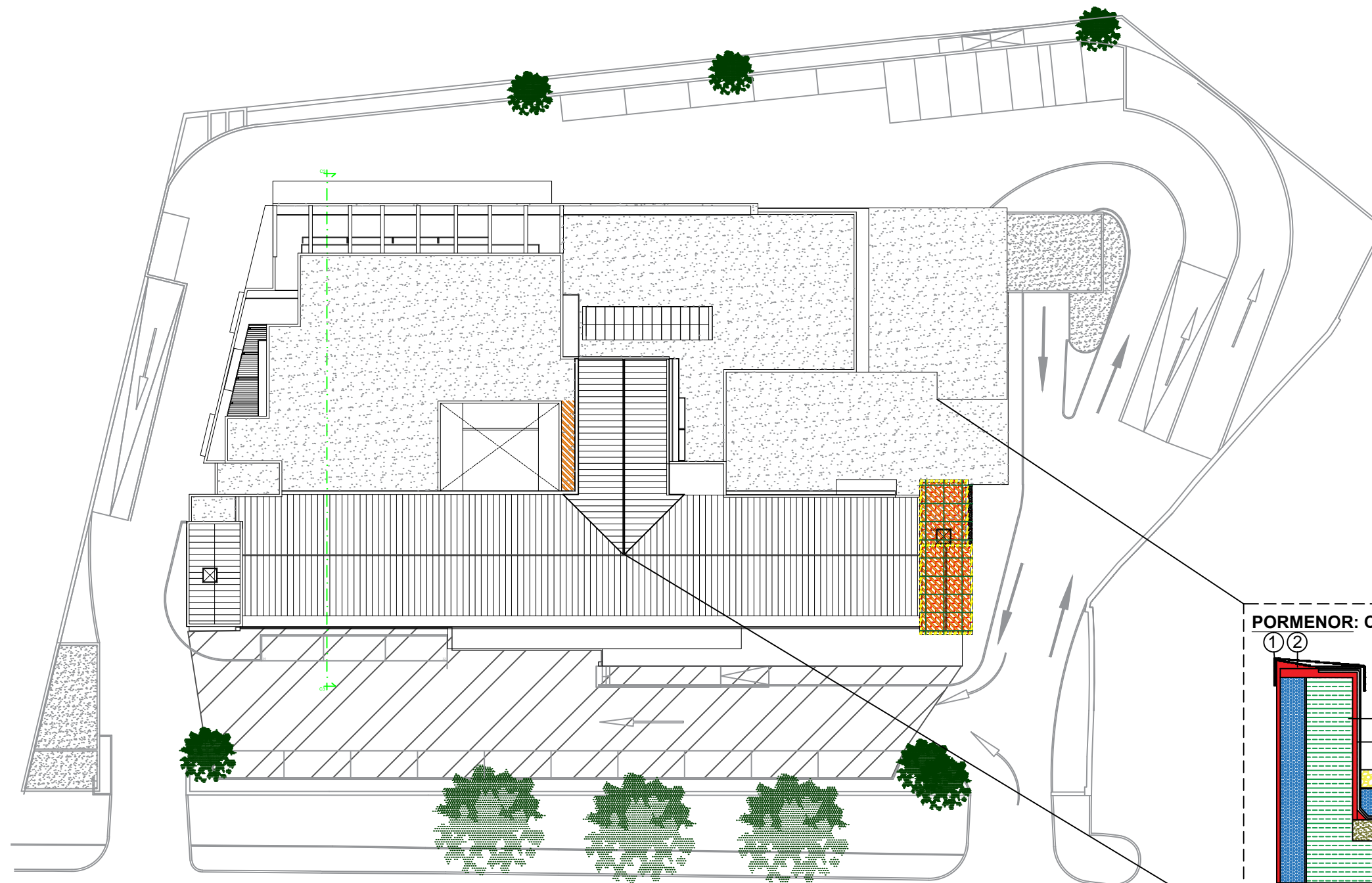
Tabela 3.16 – Descrição das intervenções da cobertura

Tipo de intervenção	
Cobertura – Construção da laje com chapa colaborante	
Descrição da intervenção	Ilustrações
<p>Espaço não acessível, serve unicamente para cobrir a construção da laje em chapa colaborante e permitir o escoamento de águas.</p>	<p>Aplicação da calda de betão</p> 

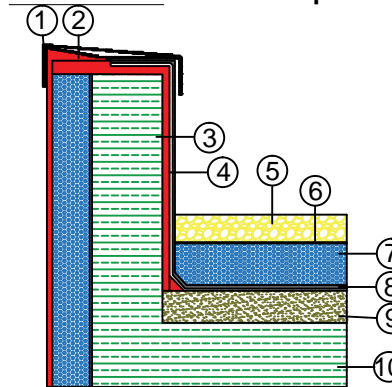
Acabamentos e Revestimentos – Isolamento térmico e acústico da cobertura da estrutura metálica		
Descrição da intervenção		Ilustrações
Acabamentos e Revestimentos – Isolamento térmico e acústico da cobertura da estrutura metálica	Aplicação de ETICS nas paredes envolventes da cobertura da estrutura metálica	
Impermeabilizações – impermeabilização da cobertura da estrutura metálica		
Descrição da intervenção		Ilustrações
Impermeabilizações – impermeabilização da cobertura da estrutura metálica	Aplicação da tela de impermeabilização	

**LEGENDA:**

-  Demolições
-  Estrutura
-  Alvenarias/Paredes e Paineis
-  Acabamentos e Revestimentos
-  Pavimentos
-  Tetos
-  Estaleiro
-  Impermeabilização
-  Terreno
-  Áreas não visualizadas



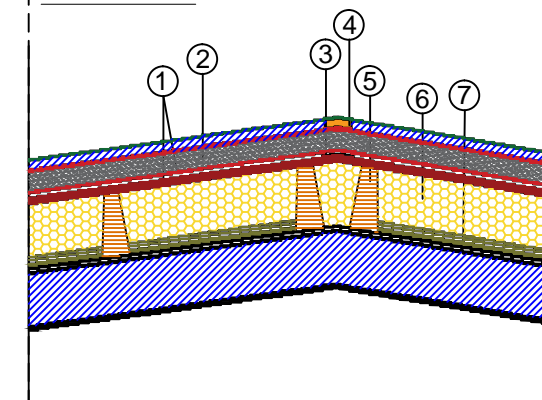
**PORMENOR: Cobertura plana**



**LEGENDA:**

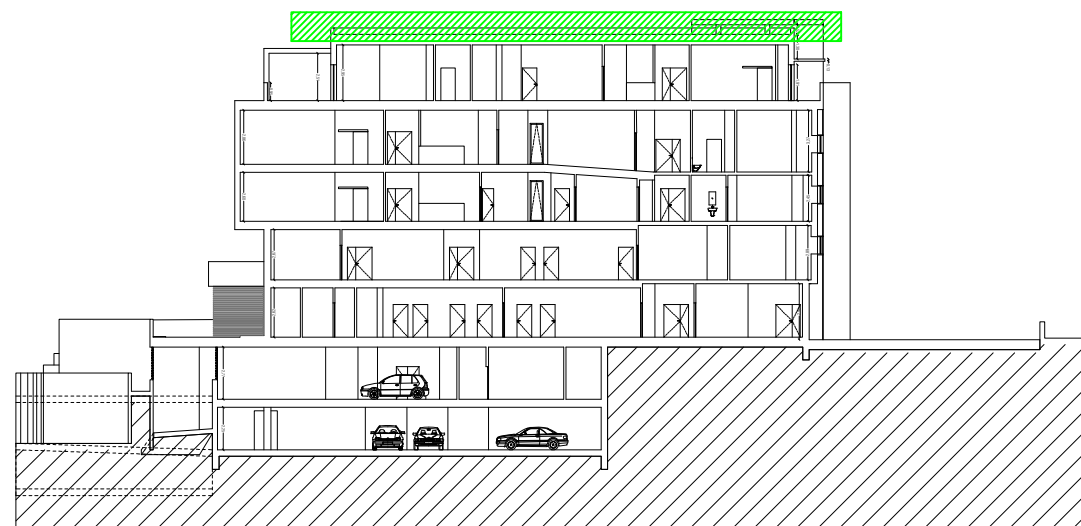
- 1- Rufos em chapa de zinco
- 2- Formação de pendente para interior
- 3- Platibanda em betão
- 4- Reboco hidrófogo para a platibanda
- 5- Godo de proteção, altura de 7cm
- 6- Filtro separador geotêxtil
- 7- Poliestireno extrudido XPS 80mm
- 8- Telas SBS para impermeabilização
- 9- Camada de regularização
- 10- Laje Fungiforme

**PORMENOR: Cobertura inclinada**



**LEGENDA:**

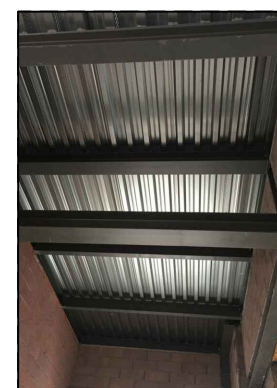
- 1- Barreira ao vapor, formada pela tela pitonada drenada
- 2- Pannel de cobertura
- 3- Aplicação de banda de remate, sobre o pannel OSB
- 4- Peça de remate de cumeeira
- 5- Madre tipo Constálica, 250mm
- 6- Preenchimento integral do espaço entre madres com lâ de rocha ignífuga
- 7- Pannel OSB com tratamento ignífugo, 20 mm de espessura



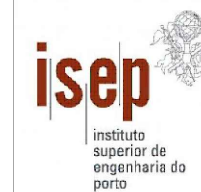
Corte C3



Laje de cobertura da estrutura metálica



Vigas pré-fabricadas



Projeto de Renovação da Casa de Saúde - Viseu de autoria do Arq.º Carlos Manuel da Costa Chaves			Mestrado em Engenharia Civil - Ramo Construções
Desenho	Cobertura		Relatório de Estágio
Desenho nº	007		Andrei Florin Bonya
Orientadora Curso	Orientador Empresa	Escala	26 JUNHO 2017
Eunice Fontão	Élio Cardoso	sem escala	

### 3.4.3 Trabalhos acompanhados durante o estágio

Uma vez que a data do início do estágio já vários trabalhos tinham sido realizados e por isso, não foi possível acompanhar a totalidade dos trabalhos em obra. Ao longo do estágio foi possível acompanhar o desenvolvimento de várias tarefas realizadas de acordo com os projetos de especialidade anteriormente exemplificados/mencionados. Desse modo pode-se afirmar que a empreitada consistiu na execução dos trabalhos da Tabela 3.17.

Tabela 3.17 – Descrição dos trabalhos

Descrição dos trabalhos	Demolições
	Estrutura
	Alvenarias/Paredes e Painéis/Divisórias
	Infraestrutura
	Pavimentos
	Tetos
	Acabamentos e Revestimentos
	Cobertura
	Estaleiro - Diversos
	Pinturas e Texturas
	Impermeabilizações

Desse modo ao longo do estágio foi possível acompanhar o desenvolvimento de todas as frentes de trabalho assegurando sempre uma completa organização associada a construção e reabilitação da vertente do edifício que se estava a desenvolver durante o período de estágio. Os trabalhos acompanhados foram:

- Aplicação de isolamento térmico pelo exterior, utilizando o sistema ETICS;
- Construção de parede de alvenaria;
- Construção das lajes de betão;
- Montagem da estrutura metálica;

- Aplicação cerâmico;
- Aplicação de tetos falsos;
- Aplicação do autonivelante;
- Aplicação das lajetas;
- Selagem corta-fogo das infraestruturas.

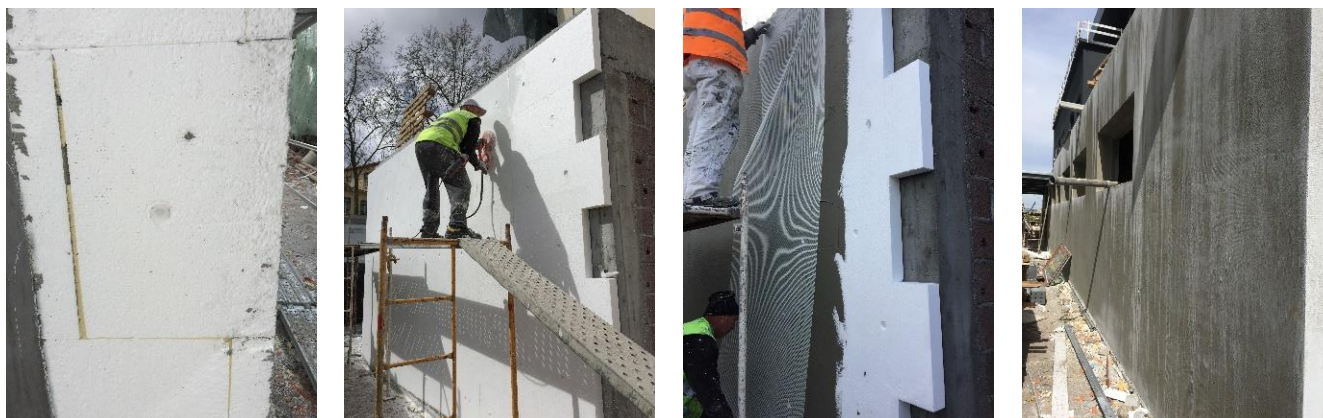
### **Aplicação de isolamento térmico pelo exterior, utilizando o sistema ETICS;**

O isolamento térmico tal como pré-estabelecido foi executado pelo exterior utilizando o sistema ETICS, abrangendo todas as paredes exteriores. O presente sistema é constituído por isolamento térmico em poliestireno expandido (EPS grafite) de diferentes espessuras, aplicada com argamassa de colagem (A50) e bucha de fixação geralmente no centro da placa, argamassa de revestimento(A50), rede de reforço em fibra de vidro, primário de regularização e por fim aplicado diversos acabamentos. De seguida são apresentadas as etapas de construção:

- i. Reboco da parede de alvenaria, e aplicação de uma camada de argamassa de colagem;
- ii. Fixação de placa de EPS e pregagem da bucha de fixação. É de realçar que entre diferentes placas o espaço é preenchido com espuma e modo a não existir qualquer infiltração possível – Figura 3.23 a);
- iii. Alisamento das placas de EPS – Figura 3.23 b);
- iv. Aplicação de uma camada de argamassa de colagem revestindo todas as placas de EPS;
- v. Colocação da rede de fibra de vidro, tendo como objetivo duas finalidades, nomeadamente a de não permitir que a placa de EPS com o tempo ganhe fissuras e também serve de suporte para a cola agarrar devidamente as placas – Figura 3.23 c);

A colocação da rede é realizada em fiadas cobrindo sempre umas as outras, ou seja, não deixando qualquer espaço para evitar assim o aparecimento de fissuras no meio de duas fiadas de redes mal aplicadas.

- vi. Colocação novamente de uma camada de argamassa de colagem cobrindo a rede, para garantir a sua fixação e o acabamento – Figura 3.23 d).



a) Fixação das placas de EPS

b) Alisamento das placas de EPS

c) Aplicação da rede de fibra de vidro

d) Aspetto da parede após aplicação do sistema ETICS

Figura 3.23 – Aplicação de isolamento térmico

### Construção de parede de alvenaria

A construção de parede de alvenaria, Figura 3.24 c), foi um dos trabalhos mais correntes e repetidos desenvolvidos em obra. Surgiu a oportunidade de acompanhamento da construção de paredes de alvenaria tanto interiores como exteriores, tendo por base bloco térmico, como tijolo cerâmico consoante a função que a parede executada tem que desempenhar. A frequente construção das paredes de alvenaria era devido a vários fatores, como:

- Rapidez na construção;
- Custo reduzido do material;
- Não necessita de mão de obra especializada;

De um modo geral as etapas de construção possam por:

- i. Marcação da delimitação da parede com recurso a fio de marcação;
- ii. Aplicação da primeira camada, com a prumagem devidamente executada utilizando por norma o fio de prume com a intenção de obter superfícies bem desempenhadas, garantindo dessa maneira a sua verticalidade – Figura 3.24 a);
- iii. Construção da alvenaria assente por fiada, longitudinalmente e levemente batidas contra a argamassa (CIMENTO PORTLAND DE CALCÁRIO) com o objetivo de ganhar presa – Figura 3.42 b).



a) Aplicação da primeira camada      b) Construção da parede por camadas      c) Aspetto final da parede de alvenaria de tijolo cerâmico

Figura 3.24 – Construção de parede de alvenaria

**Construção das lajes de betão**

De entre várias betonagens acompanhadas durante o estágio, tanto de lajes aligeiradas com recurso a blocos fungiformes como de cofragens para as sapatas, destaca-se a betonagem da laje superior da estrutura metálica posteriormente construída, laje com chapa colaborante. O elemento estrutural em causa, a laje, é executada em betão armado, sendo o betão pronto da classe de resistência mecânica C30/37 e as armaduras da classe A500NR.

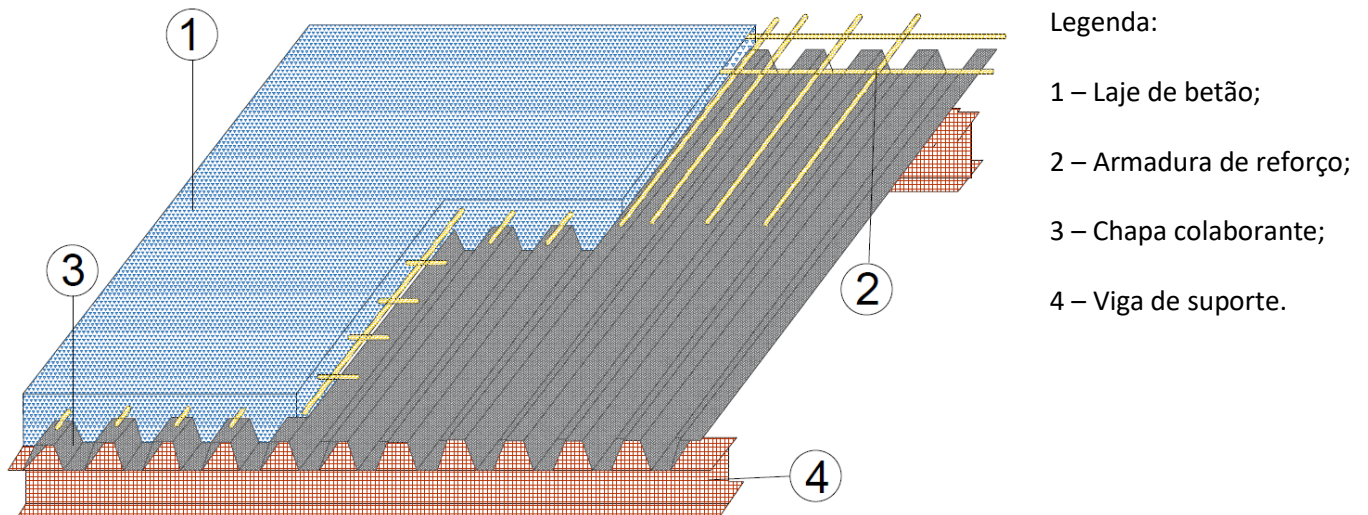
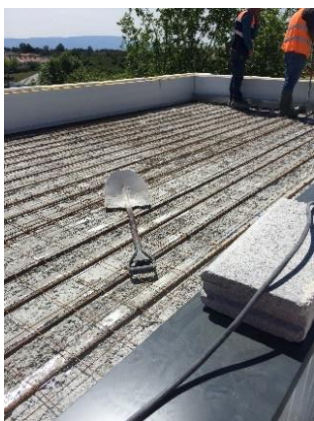


Figura 3.25 – Pormenor de uma laje com chapa colaborante

Desse modo as etapas de construção foram as seguintes:

- i. Construção da estrutura metálica e colocação de chapa metálica ondulada como no seu fecho superior procede-se a colocação de varões de aço de 8 e uma armadura de malha de aço na toda sua área devidamente amarrada – Figura 3.26 a);
- ii. Betonagem na toda a superfície utilizando calda de betão anteriormente devidamente preparada, espalhando uniformemente;
- iii. Utilização do o vibro compactador para a uma melhor distribuição da calda – Figura 3.26 b);
- iv. Utilização da espátula de alisamento e acabamento da betonagem – Figura 3.26 c).



a) Armadura transversal e malha de aço



b) Utilização do vibrador para uma uniformização regular

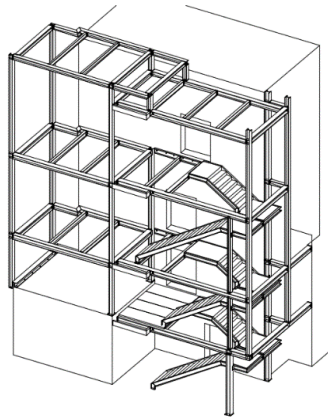


c) Alisamento da calda de betão

Figura 3.26 – Construção da laje de betão

### Montagem da estrutura metálica

Visto ter sido um corpo independente a estrutura inicial, foi necessária uma cuidada análise devida a adaptação em obra, garantindo um ótimo encaixe a estrutura existente. Foi previsto ser um dos trabalhos de rápida realização tendo em conta ser uma estrutura pré-fabricada, devidamente pré-dimensionada, Figura 3.27 a), que durante a montagem surgiram alguns problemas devido as dimensões das peças pré-fabricadas, o que atrasou por alguns dias a sua conclusão, Figura 3.27 b).



a) Desenho da estrutura



b) Parte do aspeto final da estrutura metálica revestida

Figura 3.27 – Estrutura metálica

A construção da escada metálica é um processo bastante simples, sendo que as vigas e os pilares trabalham em contra balanço, ou seja:

- i. Realização do primeiro nível dos pilares e vigas, garantindo assim o travamento lateral dos principais pilares – Figura 3.28 a);
- ii. Colocação das vigas em contrabalanço, conseguindo subir de nível, travando cada vez mais a estrutura – Figura 3.28 b);
- iii. Estabilização da estrutura por meio de encaixe de resto dos perfis;
- iv. Construção das paredes de alvenaria e respetivas lajes – Figura 3.28 c).



a) Primeiro nível dos pilares de vigas



b) Colocação dos pilares de travamento



c) Construção de parede de alvenaria

Figura 3.28 – Construção da estrutura metálica

## Aplicação cerâmico

Na parte interior surgiu a oportunidade de acompanhar a aplicação de vários revestimentos escolhidos como acabamentos das paredes, adequados às exigências dos compartimentos, possibilitando uma melhor limpeza e resistência mecânica ao desgaste, como é o caso de uma vasta área em que foi aplicado o cerâmico, azulejo. Deste modo os processos utilizados para a aplicação do mesmo foram:

- i. Estabelecimento prévio do pé direito do compartimento, visto que é desnecessário a aplicação do cerâmico acima do nível do teto;
- ii. Aplicação do cimento cola sobre as paredes já rebocadas, com o objetivo de garantir a aderência das placas de cerâmico, Figura 3.29 a). O cerâmico utilizado “Uni Gelo” de tamanho 20x20 mm sendo o fornecimento realizado pelo grupo PAVIGRES;
- iii. Alinhamento entre as linhas e colunas das placas utilizando cruzetas, aplicadas entre as fiadas garantindo uma melhor disposição;

É de realçar que quando necessário procedia-se o corte das peças em tamanho reduzidos para aplicação uniforme das fiadas, e por isso, era utilizada uma fita para colar as partes mais pequenas as grandes de modo a não ganhar qualquer inclinação, Figura 3.29 b);

- iv. Limpeza do cerâmico e aplicação do betume nas juntas e forma a dar um acabamento mais agradável.



a) Placas cerâmico Uni Gelo



b) Aplicação das placas de cerâmico

Figura 3.29 – Aplicação de cerâmico

### Aplicação de tetos falsos

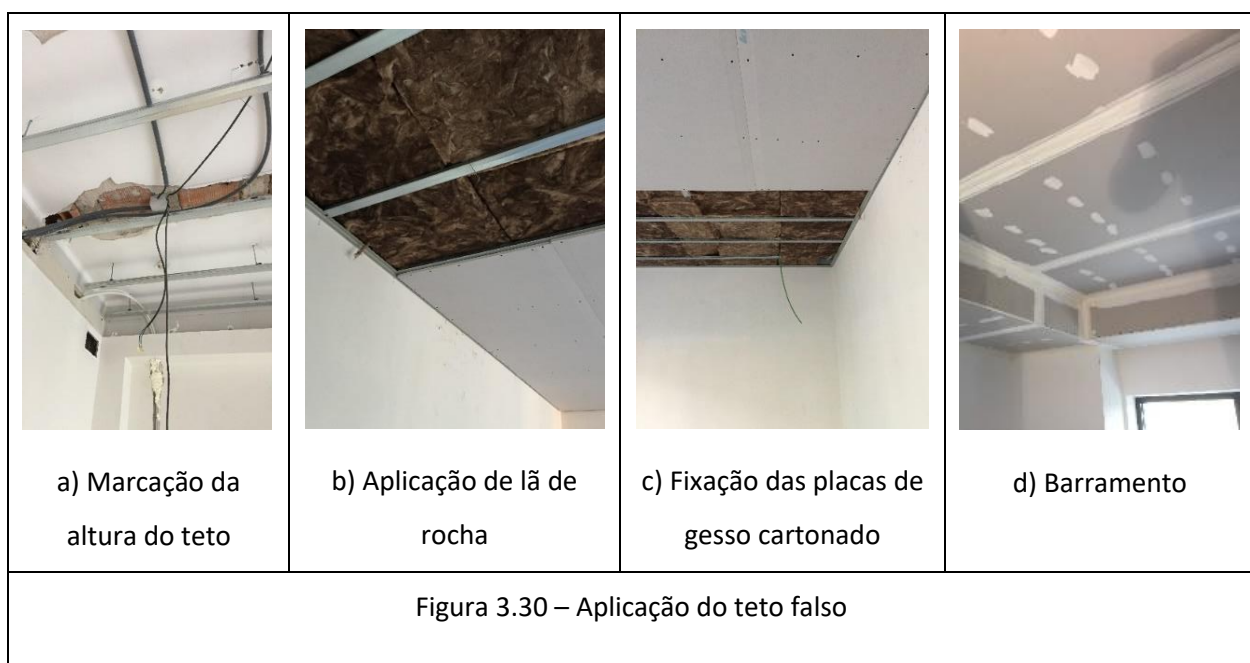
Os tetos falsos executados em obra foram de dois tipos diferentes, nomeadamente em gesso cartonado e metálico. O acompanhamento da execução dos tetos teve como base placas de gesso cartonado liso e dois tipos de placas metálicas, nomeadamente em lamelas retangulares e placas 60x60.

A utilização das placas metálicas era recorrente quando necessário o fácil e rápido acesso as instalações existentes no teto, torneiras, caixas de controlo manual, difusores, entre outros, tanto situados na parte do corredor como nos próprios quartos.

Desse modo o processo de montagem de um teto falso com placas de gesso cartonado:

- i. Marcação do limite inferior do teto, e fixação das estruturas de alumínio, sendo estas que servem de suporte direto as placas de gesso cartonado – Figura 3.30 a);
- ii. Aplicação de lã de rocha com o cuidado acima mencionado, procurando o máximo aproveitamento do material de modo a não existir nem espaço vazios, mas também não existir a sobreposição – Figura 3.30 b);
- iii. Fixação das placas de gesso cartonado as estruturas de alumínio – Figura 3.30 c);
- iv. Barramento com gesso nos pontos de fixação das placas de gesso cartonado a estrutura, para realização das devidas correções. Nos pontos de junção das placas é aplicada uma massa de secagem rápida para colar a fita de junção, seguindo-se de uma massa de enchimento, acabando com o barramento de massa de secagem lenta – Figura 3.30 d).

É de realçar que todos os tetos que sofreram intervenções foram reabilitados com o sistema acima exposto, permitindo assim um acabamento uniforme em todos os espaços.



### Aplicação do autonivelante

Durante a realização do estágio o acompanhamento realizado incidiu sobre a parte de reabilitação, sendo nesta fase que o acabamento do pavimento existente teve de ser substituído para dar vida ao novo espaço. Desse modo quando se procedia ao arranque do material existente danificava-se o pavimento, criando visivelmente irregularidades. Optou-se assim pela aplicação de uma argamassa cimentícia, betonilha autonivelante de prensa rápida – SL 416 da “Fassa Bortolo”, para a obtenção de um piso plano com acabamento requintado. O processo de aplicação é o seguinte:

- i. Com recurso a lixadeiras industriais, nivelamento do chão existente o máximo possível, removendo as partes mais elevadas – Figura 3.31 a);
- ii. Enchimento com argamassa de cimento Portland, eventuais fissuras para garantir um pavimento sem quaisquer buracos, podendo prejudicar a aplicação do autonivelante – Figura 3.31 b);
- iii. Aplicação de um primário com o objetivo de permitir uma melhor aderência do autonivelante ao pavimento – Figura 3.31 c);
- iv. Aplicação do caldo, preparado em obra, sobre as superfícies pretendidas, espalhando de forma a uniformizar todo o pavimento, que após secagem de aproximadamente 12h, resulta num piso de alta resistência pronto para ser revestido – Figura 3.31 d).



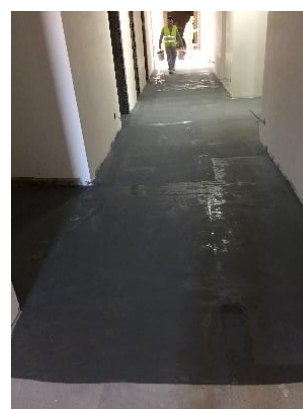
a) Arranque das colas do pavimento



b) Fissuras ou buracos existentes



c) Aplicação do autonivelante



d) Aspeto final logo após a aplicação

Figura 3.31 – Aplicação de autonivelante

### Aplicação das lajetas

O acabamento de uma das varandas acessíveis foi realizado em lajetas de betão, sendo um processo simples e de rápida realização:

- i. Aplicação de uma tela de impermeabilização, como objetivo de reter toda a água que sobre ela cai, uma vez que sendo uma varanda no último piso, existem a possibilidade de certa humidade passar por baixo – Figura 3.32 a);
- ii. Aplicação das placas de XPS todas elas por encaixe uma nas outras de maneira a cobrir toda a área, ficando cobertas por uma manta geotêxtil, garantindo desse modo uma proteção as placas – Figura 3.32 b);
- iii. Aplicação das placas das lajetas de betão que, alinhadas e unidas entre elas com auxílio das cruzetas. O ajuste da altura proposta é conseguido com aplicação de pernos nos quatro cantos de cada placa, formando uma caixa-de-ar, permitindo tanto a ventilação como o nivelamento do pavimento – Figura 3.32 c);
- iv. Travamento do pavimento é conseguido com o encaixe de peças com dimensões mais reduzidas, cortadas em obra, junto as paredes que delimitam o espaço da varanda.



a) Tela de impermeabilização



b) Placas XPS



c) Nivelamento das placas com recurso a pernos

Figura 3.32 – Aplicação de lajetas

### Selagem corta-fogo das infraestruturas

Uma preocupação acrescida foi a rede de incêndios, o caminho de fuga, as portas corta-fogo e compartimentação em casa de incendio, sendo nesse sentido para além do estabelecimento de toda a rede em diversos pisos, o desenvolvimento a selagem das cortas-corta fogo com recurso a uma resina intumescente ou resina termoplástica ignífuga utilizada em atravessamento técnico de parede pelas infraestruturas.

As condutas e respetivos suportes serão revestidos a argamassa fibrosa do tipo Tria/Dossolan 3000, ou equivalente. A espessura do revestimento será a necessária para dotar o sistema da classe EI120. Deve aplicar-se malha metálica a meia espessura para condutas de seção superior a 600 x 400 mm e deve sempre proteger-se sempre as suspensões das condutas.

A aptidão dos produtos escolhidos, para cumprirem os objetivos de resistência ao fogo e reação ao fogo atrás solicitados, deve ser comprovada pela apresentação dos respetivos certificados de ensaio válidos, efetuados de acordo com as normas em vigor por laboratórios Europeus reconhecidos pelo IPQ.

A aplicação da argamassa deverá ser executada por empresa com credenciação para o efeito e deverá no final da obra efetuar um termo de garantia dos trabalhos executados.



a) Aspeto das infraestruturas antes da selagem

b) Aspeto das infraestruturas após a selagem

Figura 3.33 – Selagem corta-fogo das infraestruturas

#### 3.4.4 Síntese

De modo a conseguir idealizar todas as especificações que o projeto de arquitetura apresenta foi necessária uma boa gestão das tarefas separando as intervenções por etapas, de modo a conciliar os trabalhos realizado em obra com o constante funcionamento do hospital.

As intervenções realizadas durante o período de estágio de acordo com as diferentes artes anteriormente expostas são as seguintes:

Tabela 3.18 – Exposição das intervenções realizadas em cada piso

Piso	Intervenções realizadas
-3	Construção de parede de alvenaria
-1	Demolição/Construção de laje de pavimento/Construção do teto/Acabamentos e Revestimentos
0	Demolição/ Construção de parede de alvenaria/Nivelamento do pavimento/ Construção do teto /Construção da estrutura metálica/ Acabamentos e Revestimentos/Estaleiro
1	Demolição/Nivelamento do pavimento/Construção do teto/Construção da estrutura metálica/ Acabamentos e Revestimentos/ Aplicação de impermeabilização
2	Demolição/Nivelamento do pavimento/Construção do teto/Construção da estrutura metálica/ Acabamentos e Revestimentos/ Aplicação de impermeabilização
3	Demolição/Nivelamento do pavimento/Construção do teto/Construção da estrutura metálica/ Acabamentos e Revestimentos/ Aplicação de impermeabilização
Cobertura	Construção de laje de pavimento/Construção da estrutura metálica/ Acabamentos e Revestimentos/ Aplicação de impermeabilização

### 3.5 RELATÓRIO DAS TAREFAS NO CONTEXTO DO ESTÁGIO

Durante o estágio foi realizado o acompanhamento do desenvolvimento de diversos trabalhos descritos no capítulo anterior desempenhando o papel de adjunto do diretor de obra.

Após a apresentação da obra no seu conjunto e mencionando a funcionalidade de cada um dos pisos separadamente, segue-se a exposição das tarefas desenvolvidas e as que tiveram um impacto direto na obra, propriamente dito.

No âmbito da duração do estágio, para além do que anteriormente foi referido e apontando sempre que necessário as dificuldades encontradas, as soluções tomadas e as responsabilidades da realização das mesmas foram desenvolvidas varias tarefas relacionadas com a engenharia civil, respetivamente:

- Análise dos projetos de especialidade existentes;

- Verificação das metodologias utilizadas em coordenação de segurança em obra;
- Cronograma do planeamento das atividades realizadas em obra;
- Medição e orçamentação;
- Realização dos autos de medição das subempreitadas (controlo de custos e recursos).

Por fim será apresentado o cronograma dos trabalhos acompanhados em obra em diversas frentes tendo sempre em conta, tal como anteriormente mencionado, os projetos de especialidade, agrupados por diferentes artes a que pertencem, expondo detalhadamente as tarefas, apontando as dificuldades e lições aprendidas.

### **3.5.1 Análise dos projetos de especialidade existentes**

Um dos objetivos iniciais tendo em conta a familiarização com os demais trabalhos realizados e o acompanhamento da obra foi a análise dos diversos projetos de especialidade existentes conseguindo desta maneira adquirir conhecimentos específicos uma vez que se tratavam de vários tipos de projetos, tais como, estabilidade, águas e esgotos, avac, condicionamentos acústicos, entre outros.

### **3.5.2 Verificação das metodologias utilizadas em coordenação da segurança em obra**

No âmbito da coordenação e segurança em obra e com base no plano de segurança e saúde da obra, durante o período de estágio e de modo a garantir a preservação da vida humana em obra, foram desenvolvidos projetos, tais como:

- Higiene e segurança em obra;
- Organização do estaleiro;
- Contratação das subempreitadas e trabalhadores.

### **Higiene e segurança em obra**

De acordo com o Plano de Saúde e Segurança (PSS), no âmbito do estágio realizou-se o projeto de higiene e segurança em obra com vista no conjunto de regras e recomendações a adotar na execução dos trabalhos. Com base na regulamentação aplicável em matéria de segurança, higiene e saúde no trabalho, o presente projeto visa a satisfação das normas de segurança, a par da existência de um autocontrolo e responsabilização dos intervenientes no processo de construção. Assegurar a garantia de que todos os trabalhos eram realizados com as devidas condições de segurança era garantir que todos os trabalhadores apresentavam condições devidas para os trabalhos que estavam prestes a desenvolver. Estes tinham como obrigação de se encontrar devidamente equipados para os trabalhos que desempenhavam.

Desse modo para garantir a segurança em obra durante o período de estágio com o devido cuidado e sensibilização pela vida humana foi necessário ter presente dois conceitos muito habituais em obra, nomeadamente equipamento de proteção individual (EPI) e equipamento de proteção coletiva (EPC).

A melhor definição atribuída aos equipamentos de proteção individual é a exposta no decreto-lei nº 128/93, de 22 de abril:

*“Os equipamentos de proteção individual são dispositivos ou meios destinados a ser envergados ou manejados com vista a proteger o utilizador contra riscos suscetíveis de constituir uma ameaça a sua saúde ou a sua segurança.”*

De acordo com o Decreto-lei n.º 348/93 de 1 de Outubro e a Portaria n.º 988/93 de 6 de outubro, são definidas as regras de utilização do EPI, devendo estes ser utilizados sempre que os riscos existentes não puderem ser evitados por meios técnicos de proteção coletiva ou por medidas, métodos ou processos de organização de trabalho.

A eficácia de um EPI depende fundamentalmente do utilizador. Como tal, cabe ao empregador informar/formar os trabalhadores acerca da sua utilização e manutenção, de forma a melhor escolher entre inúmeros tipos o que melhor se adequa a utilização em obra. Foi assim realizada uma ficha de controlo, para cada trabalhador, tendo em conta o tipo de EPI e a sua devida utilização para cada trabalho que desenvolvia, Tabela 3.19.

Tabela 3.19 – Cabeçalho da ficha de controlo

Nome do Trabalhador	Tipo de trabalho	EPI's	Correta utilização
---------------------	------------------	-------	--------------------






Com particularidade na presente obra os EPI's utilizados foram em conformidade com a necessidade da preservação da segurança e saúde destacando assim os equipamentos de caráter obrigatório, pelo que eram os de mais uso: o capacete de proteção de aba frontal, as botas com palminha e biqueira de aço, as luvas de proteção e o colete refletor, Figura 3.34.



Figura 3.34 – Equipamento de Proteção Individual

É de realçar também que aquando eram executados trabalhos com diferentes riscos, riscos com uma maior taxa prejudicial, implicava um acréscimo de equipamentos individuais a ser utilizados, que, era sempre respeitado, nomeadamente:

Tabela 3.20 – EPI para trabalhos de risco elevado

Trabalho desenvolvido	Riscos Previsíveis	EPI	Desenho
Corte lajetas	Perda da audição	Proteção auditiva: auriculares	
Montagem da escada metálica/revestimento na fachada	Queda de altura	Arnês	
Limpeza do pó com o aspirador	Asfixia	Proteção das vias respiratórias	
Corte de materiais	Cegueira	Proteção ocular: óculos	
Soldadura	Cegueira/Queimaduras	Mascara de proteção facial	

Em termos legislativos, as medidas de prevenção coletivas (EPC) têm uma maior importância face as individuais, razão pela qual devem ter prioridade, através de equipamentos de proteção coletiva para um ótimo desenvolvimento dos trabalhos, uma vez que beneficiam todos os trabalhadores de forma indistinta evitando-se desta forma muitos acidentes que são possíveis de acontecerem.

Na base da prevenção deve estar, a necessidade de se adotar uma planificação antecipada da tarefa, a formação dos operários utilizadores e operários responsáveis, a sensibilização pela qualidade de vida humana. Neste sentido semanalmente era realizado o acompanhamento da inspeção realizada pela técnica de segurança em obra. Foi assim realizada uma ficha de controlo dos EPC's, para cada piso, tendo em conta as condições do equipamento, a sua correta montagem e a frequência com que eram utilizados, Tabela 3.22:

Tabela 3.21 – Cabeçalho da ficha de controlo

Piso	EPC's	Montagem	Condições do EPC	Frequência de utilização
------	-------	----------	------------------	--------------------------

Os EPC apresentam-se como um conjunto de meios a empregar destinados a proteger os trabalhadores quando sujeitos a diferentes tipos de riscos. Os princípios de prevenção defendem que a implementação da proteção coletiva consiste numa ação estabelecida de preferência ao nível da fonte de risco, isto é, envolver as componentes materiais do trabalho e meio de trabalho circundante e que, estabelece uma proteção de eficácia relevante face a qualquer pessoa que ao perigo esteja exposta.

Procede-se a descrição de alguns trabalhos realçando a impotência dos EPC

Os trabalhos em altura, quando a situação se justificava, eram realizados recorrendo a equipamentos de apoio, andaime, Figura 3.35, devidamente montados pela subempreitada que deles necessitavam. Durante a sua montagem houve a constante preocupação da própria segurança dos trabalhadores, sendo que caso houvesse alguma irregularidade era imediatamente corrigida. Devido à preocupação de queda de objeto que pudesse eventualmente ferir os trabalhadores que se encontravam perto dos andaimes, era utilizada uma rede de guarda-sol, em todos os andaimes em funcionamento.



a) Andaime para pequenas alturas

b) Rede sombra para revestir os andaimes

c) Andaime para elevadas alturas

Figura 3.35 – Andaimes para trabalhos em altura

Os andaimes de tamanho reduzido, Figura 3.36, utilizados como equipamentos de apoio, na maior parte em trabalhos de pintura, colocação de tetos falsos e eletricidade, ou seja, trabalhos de curta duração. A preocupação de queda não era tão elevada, assistindo assim a uma menor preocupação por parte dos trabalhadores a quedas.

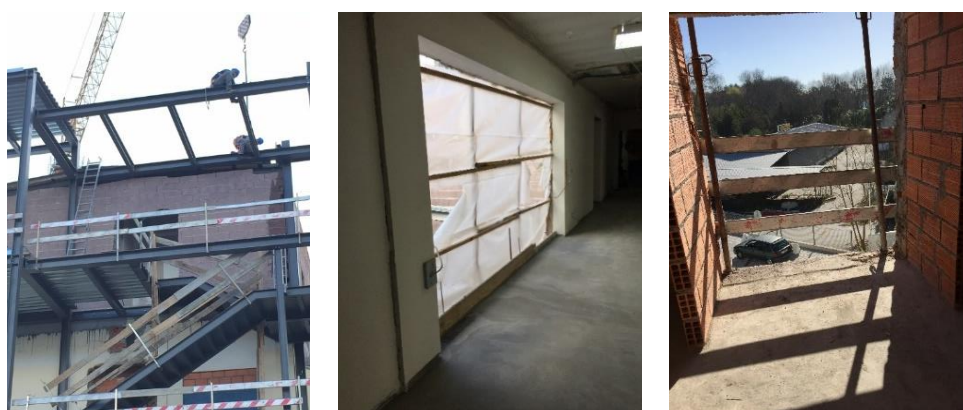


a) Andaime com rodas

b) Andaime para trabalhos de interior

Figura 3.36 – Andaimos de trabalho

Contra a queda em altura, delimitando o espaço de trabalhos e salvaguardando a vida dos trabalhadores eram utilizados guarda corpo, Figura 3.37 a), colocados nos espaços previamente destinados para as janelas, Figura 3.37 b) e portas Figura 3.37 c), não fazendo esquecer que enquanto a escada metálica estava a ser construída eram os elementos de maior importância utilizados para a proteção da vida humana.



a) Proteção nas escadas

b) Proteção nas janelas

c) Proteção nas portas

Figura 3.37 – Guarda corpos

A vedação do estaleiro por meio de marcação por sinalização, Figura 3.38 a), rede, Figura 3.38 b) e chapas Figura 3.38 c), tinha como principal objetivo impedir a entrada das pessoas estranhas a mesma, velando assim pela saúde não só dos trabalhadores, mas também, tratando-se de um hospital em funcionamento, das demais pessoas que por perto possivelmente passavam.



a) Sinalização espaço de estaleiro

b) Rede sombra

c) Chapas metálicas

Figura 3.38 – Vedação de delimitação do espaço de estaleiro

A plataforma elevatória. Figura 3.39, quando utilizada em trabalhos na fachada era manobrada por especialistas, de modo a garantir o bom funcionamento da mesma. É de realçar a falta de importância da utilização do arnês quando utilizada a plataforma, sendo que para os trabalhos em altura é obrigatório.



a) Braço da plataforma elevatória

b) Cesto da plataforma elevatória

Figura 3.39 – Plataforma elevatória

Com vista nas principais atividades, tais como: execução de estrutura, execução de alvenarias, revestimento de paredes, tetos e pavimentos, trabalhos em coberturas, carpintarias, serralharias e ainda execução de infraestruturas técnicas (eletricidade, águas e aquecimento) e tendo em conta os respetivos riscos que cada um apresenta conclui-se que quando não se presta a devida atenção as possíveis consequências dos acidentes, podem infelizmente ser irreversíveis.

## Organização do estaleiro

No âmbito do estágio realizou-se o projeto do estaleiro, identificando todos os elementos a instalar, por forma a otimizar a sua utilização. Este projeto é composto por duas partes, nomeadamente uma planta de estaleiro e por um mapa/matriz de correlação.

De acordo com as plantas presentes no projeto de arquitetura foi possível desenvolver uma planta do estaleiro, Figura 3.40, identificando a implantação das instalações de apoio, equipamentos, infraestruturas provisórias e os restantes elementos determinados em função das características, dos métodos e processos construtivos utilizados durante a execução dos trabalhos. A implantação do estaleiro da obra vista vários fatores, como: a ocupação do terreno, os acessos e em especial atenção a possível diminuição do impacto ambiental.

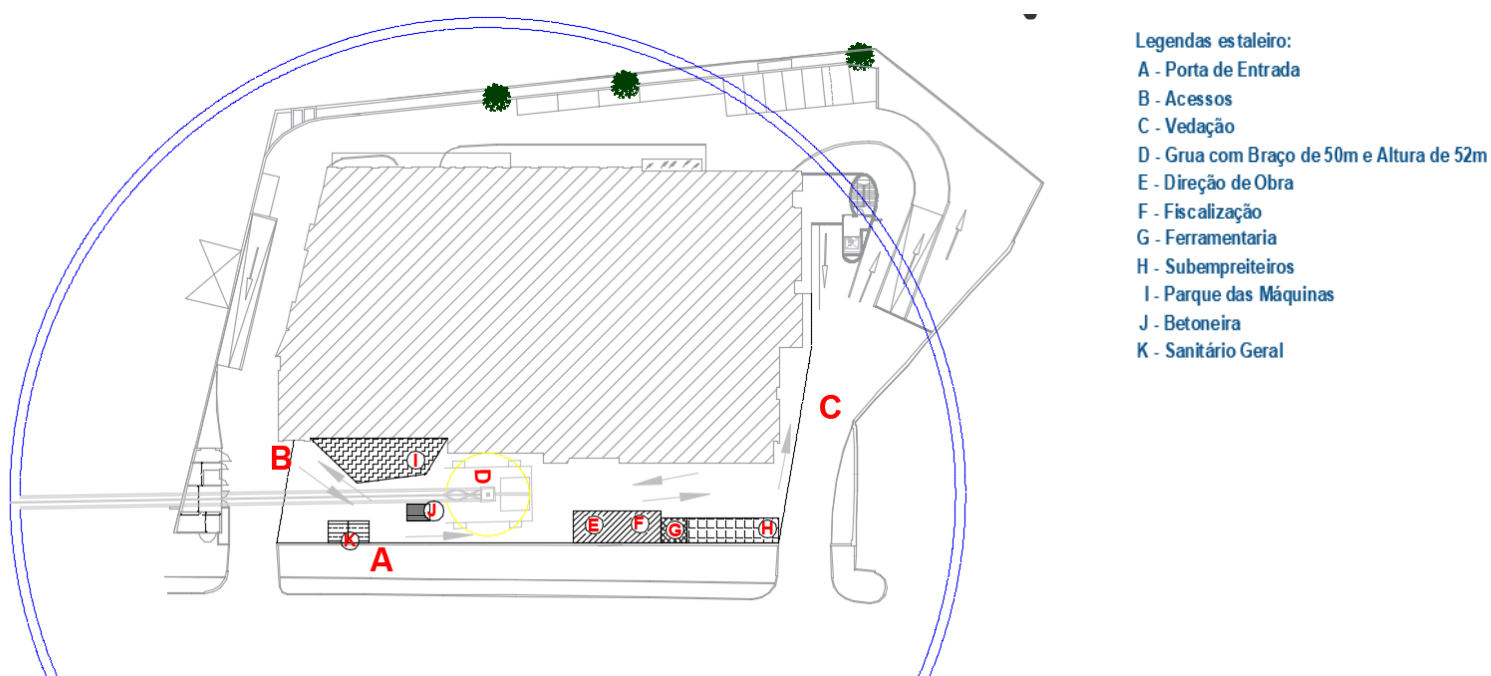


Figura 3.40 – Organização do estaleiro da obra

É possível destacar dois aspetos fundamentais reduzir ao máximo os caminhos internos que os trabalhadores, materiais e equipamentos de apoio têm de percorrer e prever os meios necessários para a manutenção e conservação eficaz de todas as zonas de passagem/permanência dos trabalhadores, permitindo assim uma melhoria das condições de trabalho.

O estaleiro é caracterizado como sendo todo o espaço físico, que serve as instalações de apoio a realização da obra, a onde são guardados os equipamentos e as máquinas. É um espaço devidamente delimitado, por meio de vedação, Figura 3.14 a) e perfis moveis em plástico (PMP), Figura 3.41 b) e c).



a) Rede de vedação

b) PMP

c) PMP

Figura 3.41 – Delimitação do estaleiro

A segunda parte do projeto de estaleiro, tal como anteriormente referido foi desenvolvido um mapa/matriz de correlação. O pequeno mapa consiste na identificação da inter-relação entre os vários elementos constituintes do estaleiro de modo a confirmar o ótimo funcionamento da disposição escolhida para o plano de estaleiro, Figura 3.40. Nas linhas e colunas do cabeçalho do mapa, Figura 3.42, são apresentados os elementos utilizados no estaleiro indicando-se em cada célula da matriz um símbolo gráfico representativo do nível de importância da relação entre os componentes do estaleiro (em linha e em coluna) que confluem nessa célula.

	Obra	Grua	Betoneira	Vias de Circulação	Acesso Pedonal	Direção de Obra	Entrada da Obra	Portaria	Fiscalização	Sanitário Geral	Ferramentaria	Parque das Máquinas	Subempreiteiros
Obra		A	MI	MI	MI	I	I	MI	A	A	I	MI	I
Grua			A	I	C	U	U	U	U	U	I	C	X
Betoneira				MI	I	X	C	U	X	C	C	I	U
Vias de Circulação					I	I	A	MI	I	C	I	MI	U
Acesso Pedonal						I	MI	MI	I	I	I	I	I
Direção de Obra							MI	MI	MI	I	X	X	I
Entrada da Obra								A	A	I	C	I	C
Portaria									A	U	U	U	C
Fiscalização										C	I	C	I
Sanitário Geral											U	U	I
Ferramentaria												C	X
Parque das Máquinas													C
Subempreiteiros													

Legenda:

A - Absolutamente Necessário
MI - Muito Importante
I - Importante
C - Considerar
U - Sem Importância
X - Proximidade Desaconselhável

Figura 3.42 – Matriz de correlação

Relativamente às informações da matriz de correlações, constata-se que é muito importante que o raio de ação da grua distribuidora cubra a área de construção, por outro lado, a relação a considerar entre a grua e o parque das máquinas ou entre a central de betão e a direção de obra apresenta vantagens ao estar afastadas, por motivos de segurança, caso seja possível, assim aconselhável.

O cumprimento das regras de segurança e saúde beneficia não só a pessoa em causa, mas também o estaleiro no seu conjunto visto existirem riscos e causas para os seus acontecimentos tal como exemplificados segundo o PSS da empresa (Mendes, 2015).

Tabela 3.22 – Riscos da Organização do Estaleiro (Mendes, 2015)

TAREFAS	RISCO	CAUSAS PRINCIPAIS
Organização do Estaleiro	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Quedas de pessoas;</li> <li>- Quedas de pessoas a níveis diferentes;</li> <li>- Queda de objetos desprendidos;</li> <li>- Queda de objetos por desmoronamento ou desabamento;</li> <li>- Marcha sobre objetos;</li> <li>- Choque contra objetos imóveis;</li> <li>- Pancadas e cortes por objetos ou ferramentas;</li> <li>- Entalamento ou esmagamento por capotamento de máquinas;</li> <li>- Contactos elétricos;</li> <li>- Explosão de origem elétrica;</li> <li>- Incêndio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta de preparação do trabalho, nomeadamente a existência de infraestruturas enterradas;</li> <li>- Não respeitar os taludes naturais;</li> <li>- Não manter os caminhos de circulação livres e desimpedidos;</li> <li>- Não definir e sinalizar caminhos de circulação com largura adequada e segura de camiões e peões;</li> <li>- Trabalhar em condições atmosféricas adversas;</li> <li>- Utilizar os meios mecânicos de forma inadequada;</li> <li>- Utilizar os meios mecânicos para além das suas reais capacidades;</li> <li>- Trabalhadores sem formação e desconhecimento dos riscos</li> </ul>

### Contratação das subempreitadas e trabalhadores

Com o decorrer do estágio surgiu a oportunidade de realização do estudo e concessão de contratos para a admissão das subempreitadas em obra, com o objetivo da realização de vários trabalhos, detendo informações correspondentes tanto das empresas como dos próprios trabalhadores. A documentação deve estar devidamente regularizada de acordo com o DL nº 273 / 2013 de 29 de outubro e PSS.

Nesse sentido todo o subempreiteiro fica obrigado a seguir as medidas de segurança, higiene e saúde no trabalho, sendo responsável pela sua aplicação assim como pelas consequências resultantes do seu incumprimento. O envio de toda a documentação tornava-se assim uma ação obrigatória, empregue pela empresa subcontratada no momento da adjudicação de trabalhos, para realização do registo de todos os subempreiteiros em obra, em atas devidamente organizadas, nomeadamente:

- Nome da empresa;
- Alvará/ Título ou registo;
- Seguro de acidentes de trabalho (AT) e comprovativo de pagamento;
- Seguro de responsabilidade civil (RC) e comprovativo de pagamento;
- Declaração de não dívida a Segurança Social;
- Declaração de não dívida as Finanças;
- Entre outras.

Para cada empresa era ainda solicitado, os registos de todos os seus trabalhadores incluindo também os trabalhadores independentes contratados do mesmo modo para a realização dos trabalhos:

- Identificação completa do trabalhador;
- Categoria profissional;
- Ficha de aptidão médica;
- Registo Distribuição EPI's;
- Registo da formação;
- Entre outras.

Assim sendo o documento de adjudicação entre a empresa EMBEIRAL – Engenharia e Construção, SA e as suas subempreitadas contava com informações focadas relativamente a obra em si, nomeadamente:

- O objetivo da subempreitada;
- O prazo de execução/aplicação;
- Identificação do alvará de construção do subempreiteiro;
- Abrangido de outras condições e informações;

### 3.5.3 Acompanhamento de direção de obra

Durante o período de estágio surgiu a oportunidade de acompanhamento do desenvolvimento de diversas tarefas realizadas por demais responsáveis da obra, durante a sua execução com as devidas implicações para o bom desenvolvimento. Nesse sentido foram desenvolvidas duas tarefas em relação com vista nos intervenientes da obra enquanto quadro técnico de direção nomeadamente:

- Acompanhamento das tarefas desenvolvidas pela direção de obra;
- Compressão do organigrama funcional da obra.

#### Tarefas desenvolvidas pela direção de obra

No âmbito da direção de obra ao longo do estágio, base em competências de carácter fundamental, investigar, projetar, executar, inspecionar, gerir, liderar e comunicar, podem ser destacadas as seguintes tarefas:

- Realização do acompanhamento regular e atento a todas as fases construtivas da obra;
- Controlo dos trabalhos em obra, e interação de todos os intervenientes;
- Monitorização dos trabalhos executados em obra bem como a resolução de problemas resultantes da interação das diversas atividades;
- Esclarecimento de dúvidas e avaliação das necessidades da obra quer a nível de materiais e recursos humanos, quer a nível da sequência de trabalhos;
- Cooperação com equipa de fiscalização e dono de obra na procura de soluções que maximizaram a qualidade e eficiência da obra;
- Realização de autos de medição com subempreiteiros e com o Dono de Obra;
- Controlo dos custos da obra;
- Representação da Embeiral nas reuniões semanais de obra e em todas as restantes reuniões efetuadas quer por marcação da fiscalização, dono de obra ou empreiteiro geral;
- Preenchimento e elaboração do preenchimento dos processos burocráticos definidos internamente em termos de Segurança, Saúde e Qualidade da Obra;
- Controlo de receção de materiais verificando as exigências dos materiais previstos no caderno de encargos da empreitada bem como a aprovação dos materiais por parte da fiscalização.

### Compreensão do organigrama funcional da obra

O organigrama funcional tem como objetivo principal a identificação dos meios humanos afetos a empreitada, tal como ilustrado Figura 3.43.

Todos os intervenientes têm uma responsabilidade e essa responsabilidade é atribuída de acordo com a capacidade que o individuo tem de intervir e influencia em cada fase. Enquanto estagiário de obra tive a oportunidade de desenvolver capacidade que permitissem uma total compreensão das interligações entre diferentes departamentos.

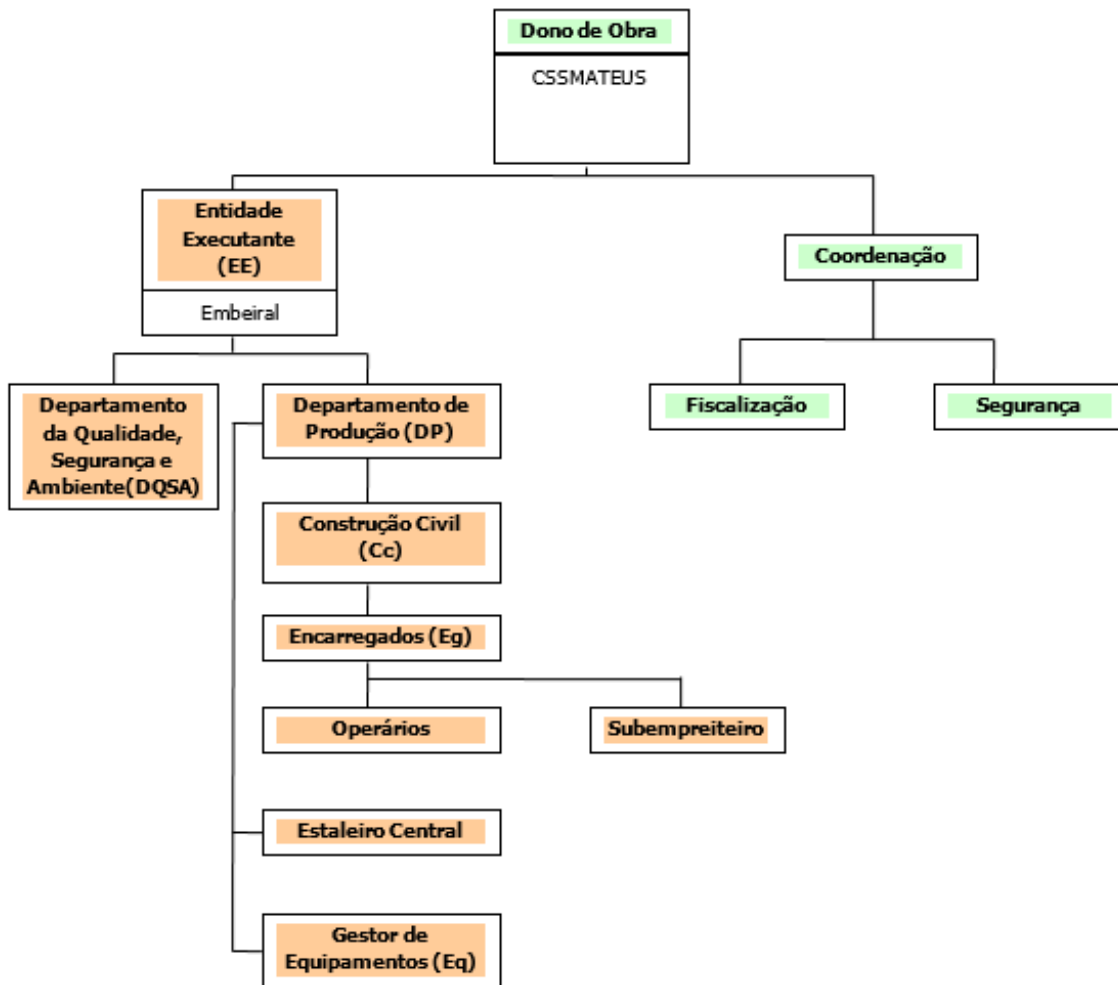


Figura 3.43 – Organigrama funcional da obra (Fonte: <http://grupoembeiral.pt/embeiral/>)

### 3.5.4 Cronograma do planeamento das atividades realizadas em obra

O planeamento da obra foi, sem duvida, uma das tarefas com maior impacto no desenvolvimento da obra, visto que as sucessões de trabalhos têm de acontecer de forma organizada e natural enquanto concessão da obra, para não existir paragens desnecessárias por falta de mão-de-obra e consequente atraso. No âmbito da realização do estágio surgiu a oportunidade de acompanhar de perto todos os trabalhos de maneira conseguir diariamente analisar e atualizar em uma folha em Excel o planeamento dos trabalhos executados, tendo como objetivo o controlo dos mesmos, tentando identificar eventuais atrasos e imprevistos.

Num sentido cronológico o planeamento da obra foi realizado por cada piso em parte, tal como a Figura 3.44 apresenta (excerto de um piso), fazendo-se acompanhar de um planeamento geral dos trabalhos realizados nas partes externas aos pisos.

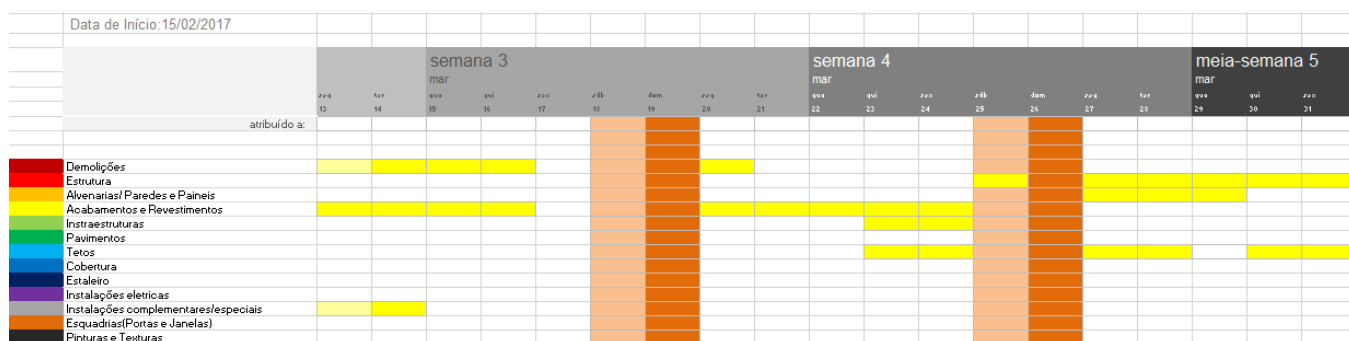


Figura 3.44 – Cronograma das atividades

O excerto apresentado destina-se apenas ao piso do rés-do-chão, entre os dias de 13 a 31 do mês de março, dispondo da realização das tarefas pelas artes desenvolvidas durante o período de estágio.

### 3.5.5 Medição e orçamentação

Os diversos trabalhos desenvolvidos em obra foram quantificados consoante a sua realização, não sendo mais que a determinação das quantidades de materiais aplicados em obra. Desse modo e apesar do objetivo final da atividade ser o mesmo, o modo da obtenção das quantidades era dividido em duas partes, medições em obra e medições no escritório.

Para a encomenda dos materiais as medições eram realizadas no escritório utilizando a régua de escalas, quando o projeto assim o exigia, mas na sua maior parte apelava-se a ferramenta AUTOCAD, sendo que muitas das encomendas tinham de acontecer semanas antes da realização dos trabalhos, garantindo assim todo o material devido, não permitindo atrasos pela falta do mesmo.

Quanto as medições em obra eram utilizadas tanto a fita métrica como o laser, determinando-se desse modo as quantias exatas aplicadas em obra.

Ferramenta de desenho assistido por computador, AUTOCAD, é um software do tipo CAD, tendo como a sua maior utilização a elaboração de plantas/ peças de desenho técnico em duas dimensões (2D) permitindo deste modo uma interpretação do seu conteúdo mais versátil e simples podendo ser utilizado em varias vertentes da engenharia civil.

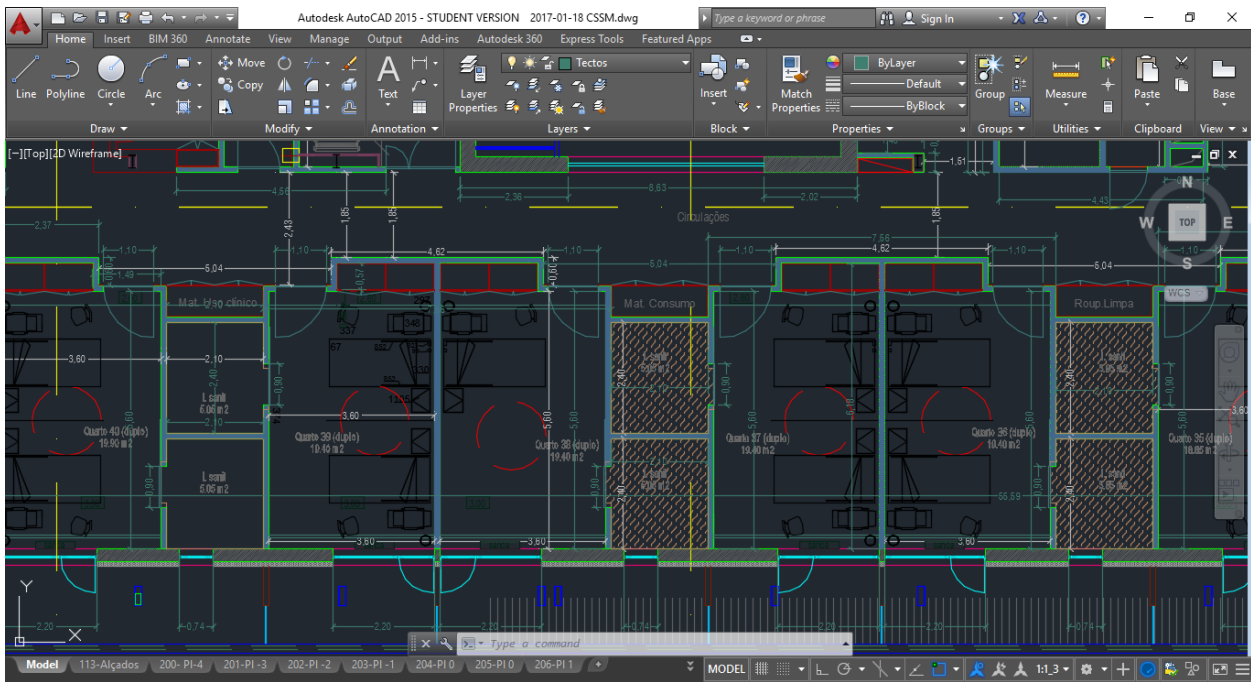


Figura 3.45 – Ferramenta AUTOCAD

A utilização da ferramenta tipo, AUTOCAD, foi ao encontro da confirmação de vários trabalhos exercidos em obra, uma vez que as medidas nem sempre vão ao encontro exato do desenho previamente definido em projeto de arquitetura, ou seja, antes de uma tarefa passar da fase de estudo/planeamento para a fase de conceção propriamente dita a sua análise é conformada novamente em todo o seu conjunto, estudando também o impacto que possivelmente poderá criar nas suas imediações.

### 3.5.6 Autos de medição das subempreitadas

O planeamento e controlo de obra são duas atividades com elevada importância permitindo controlar devidamente os custos e os recursos. Para um melhor controlo foram desenvolvidas folhas de cálculo automáticas, tendo como ferramenta de apoio Excel, da Microsoft Office.

A utilidade de uma ferramenta como Excel possibilita a realização de desenvolvimentos de cálculos automáticos e anteriormente planejados de modo a obter os balanços financeiros em obra, para assim conseguir processar toda a informação e permitindo a criar os autos de medição.

O diretor da obra tem de assegurar a medida que necessário, os equipamentos e materiais para a continuação sem qualquer interrupção indevida dos trabalhos anteriormente planejados. Para isso todos os requisitos têm um custo que, através de folhas de cálculo previamente concebidas e programas respondem de forma automática aos pedidos independentemente do nível de complexidade que apresentam.

É apresentada na Figura 3.46, a folha de EXCEL com referencia a estruturação e descrição do controlo que foi devidamente realizado com o auxílio da mesma.

Figura 3.46 – Auto de medição

Nota: os valores foram propositalmente modificados

- A designação dos trabalhos e o artigo pelo qual emergem;
- Quanto a cada trabalho/material, é identificada a quantidade necessária durante um período de tempo;
- Os autos descritivos dos meses de trabalho vão ao encontro do trabalho/material de necessária realização para a continuação do normal seguimento da obra, tendo cada auto de medição realizado associado um mês correspondente.

- Para um melhor controlo dos gastos e os ganhos de cada subempreitada as ultimas quatro colunas da folha de cálculo, anteriormente referida, são direcionadas nesse sentido, ou seja:
  - Faturado – cada trabalho vem associado com o valor até a data atual faturado
  - Acumulado – para cada trabalho pode ser existem três variantes de confirmação do recurso, isto é, se o valor identificado for negativo significa que ainda existem recurso de sobra, mas caso seja positivo o valor significa que foram ultrapassados os recursos.
  - Confirmação de valores – cada auto passa pela direção da obra em papel e para o melhor controlo dos valores das atividades os mesmos são introduzidos manualmente chegando assim a confirmar cada um dos trabalhos/ materiais, sendo o produto entre o valor faturado até a atualidade pelo preço unitário.
  - Balanço – trata-se de quantidade monetária de serviços mantendo consciente de uma maneira mais exata os valores gastos/por gastar, sendo o produto do valor acumulado pelo preço unitário.

Em grande parte do tempo da obra os materiais requeridos dependem unicamente das medições anteriormente mencionadas, uma vez que é bastante relevante determinar as quantidades certas de modo a evitar custos exagerados, quer pela encomenda de demasiados matérias quer por requisição de máquinas de trabalho sem possibilidade de utilização devido ao impedimento em estaleiro.

### **3.5.7 Gestão das subempreitadas**

Devido aos inúmeros trabalhos que estão todos os dias a ser realizados a entidade executante, Embeiral, decidiu, para uma melhor coordenação da sua obra fazer uso do artigo nº 1231, da Secção I, do Capítulo XII, pelo Título II, do Livro II, do Decreto-Lei nº 47344 de 25/11/1966:

*“1. Subempreitada é o contrato pelo qual um terceiro se obriga para com o empreiteiro a realizar a obra a que este se encontra vinculado, ou uma parte dela”.*

Deste modo a obra fez-se acompanhar por enumeras subempreitadas consoante os trabalhos planeados, tendo que ser realizado um controlo sobre as mesmas, aproveitando a ferramenta anteriormente descrita: EXCEL, para assegurar que as tarefas para que se destinam não possam sofrer atrasos propositados.

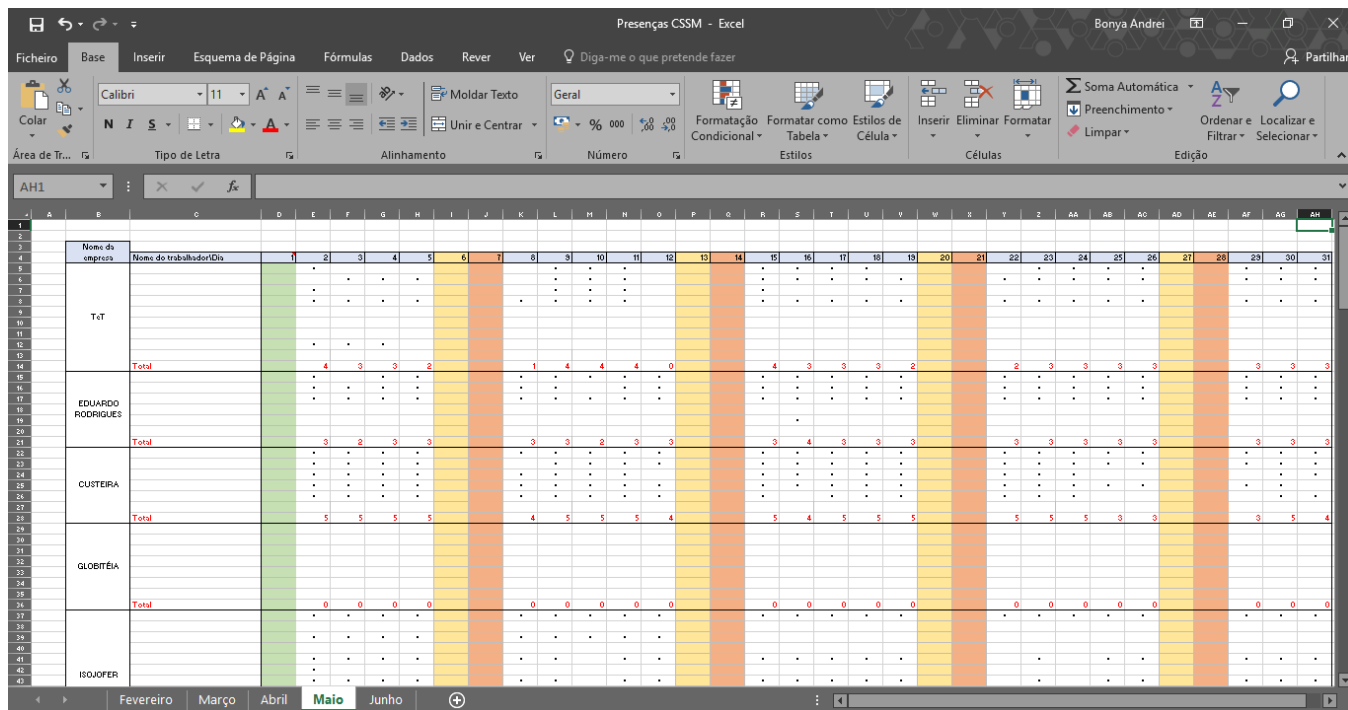


Figura 3.47 – Gestão das presenças

Nota: os nomes dos trabalhadores foram apagados de propósito.



## CAPÍTULO 4

### ESTUDO DA FACHADA VENTILADA DA CASA DE SAÚDE SÃO MATEUS

#### 4.1 INTRODUÇÃO

A fachada, como uma face de uma obra arquitetónica, uma face externa de uma edificação, principal ou complementar composta por elementos verticais, é um dos elementos de maior importância de um edifício.

A fachada é por excelência um elemento de valorização de um edifício. Para além de involucro, a fachada é a imagem, é o primeiro impacto, pelo que é da maior importância que apresente um aspeto visual e estético agradável e atraente. Mas a fachada é também responsável pela garantia de conforto, do ponto de vista da humidade e diferenças de temperatura, bem como a nível acústico.

No presente capítulo na primeira parte foi realizada uma breve referência aos tipos das fachadas existente, tendo em conta a sua evolução ao longo dos anos. Seguidamente foi realizada um estudo comparativo de uma fachada revestida a fenólico / vidro de modo a analisar o comportamento dos elementos as ações externas, nomeadamente, vento e sismo.

#### 4.2 A EVOLUÇÃO DAS FACHADAS

Em Portugal, ao longo dos anos, existiu uma evolução das soluções para as fachadas ventiladas. A evolução da fachada pode ser definida de forma simples e sintética, segue-se as soluções mais utilizadas:

Até aos anos 40, a construção era simples e ligeira, Figura 4.1, dado à escassez de matéria-prima e à falta de conhecimento. As pessoas utilizavam apenas os materiais que encontravam na sua região, sendo nesta época a pedra e o tijolo de barro vermelho. Eram os recursos que obtinham melhores características resistentes (Sousa, 2000).

Não era por acaso que as edificações eram caracterizadas pela utilização do pano simples constituído por alvenaria de pedra com espessuras consideráveis, sendo que também era por questões de estabilidade estrutural, mas ainda assim era notório a falta de conhecimento do comportamento dos materiais.

Nesta época a solução era de uma parede simples, mas muito espessas, em pedra ou tijolo maciço ou perfurado.

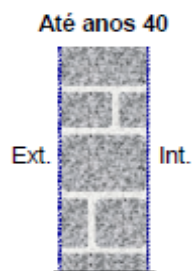


Figura 4.1 – Parede simples anos 40  
(Sousa, 2010)

Nos anos 50, começa a existir uma evolução ao nível da construção. As exigências das pessoas em obter mais conforto no interior dos seus edifícios e reduzir os custos da construção era importantíssimo nesta altura, daí resultou a solução de diminuir a espessura do pano exterior da alvenaria em pedra exterior e pano interior em tijolo furado ou provável caixa-de-ar, Figura 4.2 (Sousa, 2000).

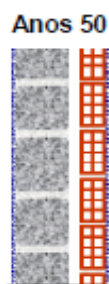


Figura 4.2 – Parede simples anos 50  
(Sousa, 2010)

Assiste-se nos anos 60 à utilização do betão armado na construção nacional, despindo as paredes exteriores das funções estruturais que habitualmente abraçavam passando a ser unicamente considerados como elementos de separação entre o interior e exterior. Para além disto passa-se quase à exclusividade de utilização do tijolo, isto devido a necessidade de aligeirar as paredes, substituindo a pedra pelo tijolo, adotando como modelo característico a parede dupla de alvenaria e tijolo, com o pano exterior mais espesso.

O desuso da alvenaria de pedra permitiu aligeirar a constituição das paredes através da alvenaria em tijolo vazado em ambos os panos, Figura 4.3.

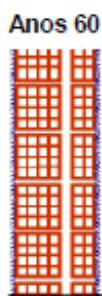


Figura 4.3 – Parede de alvenaria em tijolo vazado  
(Sousa, 2010)

Nos anos 70 optou-se por uma solução de pouca utilização, aligeirando ao máximo as paredes da fachada, ou seja, parede dupla de dois panos de pequena espessura, Figura 4.4. Foi de pouca utilização uma vez que o pano exterior apresentava uma espessura mínima permitindo assim o aparecimento de problemas relacionadas a fendilhação. Foi ainda nesta época que se assistiu a decadência da pedra como material de construção, passando o tijolo a ser o protagonista privilegiado pela sua qualidade estética e durabilidade.



Figura 4.4 – Parede de alvenaria em tijolo nos anos 70  
(Sousa, 2010)

Novas preocupações surgiram nos anos 80, preocupações energéticas, assistindo-se assim ao aparecimento de materiais de isolamento térmico, utilizado para preencher a caixa-de-ar das paredes duplas. Com a entrada em rigor do Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), o Decreto-Lei, nº 40/90 de 6 de Fevereiro de 1991, apareceram novas preocupações, nomeadamente o tratamento das pontes térmicas. Na sequência de melhorar a maneira de construir foram apresentadas soluções para o isolamento térmico destacando a utilização de elementos construtivos de menor condutibilidade térmica, Figura 4.5, como sendo a solução mais vantajosa no “combate as pontes térmicas”. (Sousa, 2000)

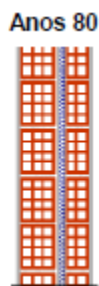


Figura 4.5 – Parede com isolamento térmico  
(Sousa, 2010)

A partir dos anos 90 até hoje, a solução que prevalece é a de reforço do isolamento térmico pelo exterior, Figura 4.6.

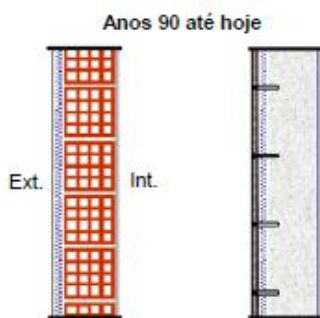


Figura 4.6 – Parede com reforço de isolamento térmico  
(Sousa, 2010)

De modo a tentar responder as preocupações energéticas surgem numerosos sistemas de isolamento térmico, de modo a garantir uma melhor eficiência energética. Torna-se bastante comum as paredes simples começaram a surgir acompanhadas por soluções inovadoras de isolamento térmico pelo exterior, por exemplo, sob placagens de proteção, capazes de proporcionar uma melhor resposta térmica e também acústica. Deste modo a solução tem como principais objetivos:

- Tentar acabar com a maior parte das pontes térmicas;
- Oferecendo uma maior proteção as ações diversas, aumentando assim a durabilidade da fachada;
- Aumentar o conforto, pelo aumento da inercia térmica;
- Melhoria do ponto de vista de impermeabilização.

### 4.3 TIPOS DE FACHADAS

As fachadas podem ser divididas em três tipos, quanto à sua montagem e à função que desempenha, nomeadamente:

- Fachada Cortina
- Fachada Ventilada
- Fachada Pressurizável

A importância das fachadas para o comportamento dos edifícios tem proporcionado um aumento no estudo da durabilidade, estrutural, térmico e acústico, assistindo a uma evolução na integração das mesmas na fase de elaboração do projeto (Mendes, 2009).

Tendo em conta a previsão da vida útil dos materiais que abrangem as fachadas no sentido de facilitar a manutenção ou a possível substituição, o seu desempenho nos edifícios permite selecionar alternativas quanto a conceção (Mendes, 2009).

As fachadas podem ser de três tipos podendo ser confundidas pelo aspeto que proporcionam, mas que têm modos de funcionamento distintos, tal como em seguida apresentado. Fachada tipo cortina e ventilada são dois conceitos de conhecimento amplo e desenvolvimento avançado em comparação com a fachada pressurizável que carece de algumas experiências e estudos adicionais, estando assim encontrado o próximo passo no caminho da evolução.

#### 4.3.1 Fachada Cortina

O que faz da fachada cortina ter as suas próprias características é o sistema formado por placas fixadas exteriormente a base, através de uma estrutura auxiliar, constituindo assim o revestimento na envolvente.

A fachada cortina é caracterizada pelo seu sistema de fixação exterior dos painéis de elementos de revestimento, por meio de uma subestrutura auxiliar, encaixada a estrutura principal. Constituída pelo revestimento exterior, caixa-de-ar e barreira de ar, o que permite a respetiva drenagem por gravidade.

A melhor descrição deste tipo de fachadas é dada recorrendo a norma português NP EN 13830:2009: *“Geralmente é constituída por perfilamentos estruturais verticais e horizontais, ligador entre si e fixados à estrutura do edifício, com preenchimento, formando um revestimento continuo leve que proporciona, por si próprio ou em conjugação com o corpo do edifício, todas as funções exigíveis de uma parede exterior, embora não suporte qualquer tipo de carga afeta à estrutura do edifício”*.

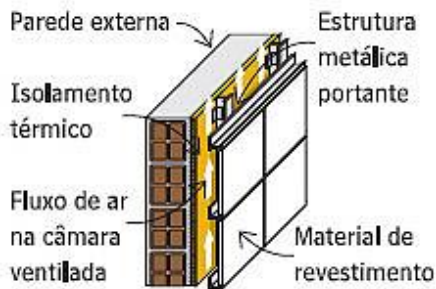


Figura 4.7 – Fachada cortina  
(Sousa, 2010)

### 4.3.2 Fachada Ventilada

A fachada ventilada é definida como sendo um sistema de proteção exterior, caracterizado pela criação de uma câmara-de-ar ventilada entre a parede do edifício e o revestimento existente (Resende, 2010).

A fachada ventilada tem como vantagens a fácil montagem, a possibilidade de colocação de infraestruturas no afastamento criado entre a parede e o revestimento e pela forma de dimensionamento permite de forma natural, ventilada, a remoção do ar aquecido da zona inferior da caixa-de-ar criando um efeito chaminé.

O sistema de fachada ventilada, Figura 4.8, é composto basicamente pelos revestimentos exteriores garantindo a proteção da parede, câmara-de-ar que proporciona a ventilação natural, pela estrutura de fixação e pela capa isolante.

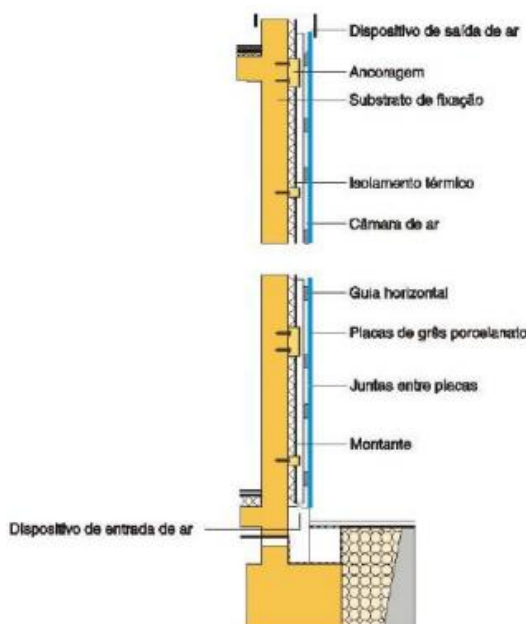


Figura 4.8 – Fachada ventilada  
(Sousa, 2010)

É neste contexto que as fachadas ventiladas têm vindo a ser o assunto do dia, visto apresentar as mais variáveis soluções de acabamento tanto do ponto de vista estético como de eficiência de desempenho. O sistema de fachada ventilada pode ser aplicado em qualquer tipo de edifício, ou seja, tanto pode ser aplicado numa construção nova como numa reabilitação.

A solução das fachadas ventiladas são uma particularização da fachada cortina pelo que a existência e dimensionamento de caixa-de-ar da fachada ventilada não permite a acumulação de humidade, sendo que pequenas quantidades de água infiltradas são evaporadas pela ventilação da mesma, Figura 4.9, (Sousa, 2010).

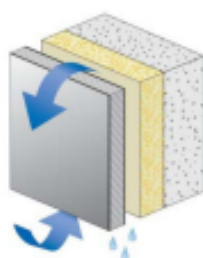


Figura 4.9 – Fachada ventilada  
(Sousa, 2010)

### 4.3.3 Fachada Pressurizável

Fachada pressurizável é uma fachada que permite a diminuição da diferença de pressão entre o exterior e a caixa-de-ar, tendo em conta as suas variações estáticas e dinâmicas, conseguindo-se diminuir a quantidade de água transportada pelo vento através das aberturas na fachada, tal como diminuir as respetivas ações a que estão sujeitos tanto o revestimento como os elementos de suporte.

Em comparação com as duas soluções anteriormente apresentadas, a caixa-de-ar da fachada pressurizável encontra-se estrategicamente compartimentada, de forma a equilibrar as diferenças de pressão entre o interior e o exterior. Nesse sentido a constituição da fachada cinge para além dos elementos de suporte e ligação entre a cortina e o suporte da barreira interior, os elementos designadamente:

- a cortina, realizada pelo revestimento exterior com aberturas;
- sistema de fixação da cortina;
- a câmara de ar isolada do interior do edifício por uma barreira de ar ou barreira de vapor;
- elementos separadores e de compartimentação de caixa de ar;

- orifícios ventiladores na cortina ligando as câmaras com o exterior “As aberturas no revestimento exterior têm que conferir à cortina maior permeabilidade do que a barreira interior;” (Camposinhos, 2005);
- sistema de drenagem.

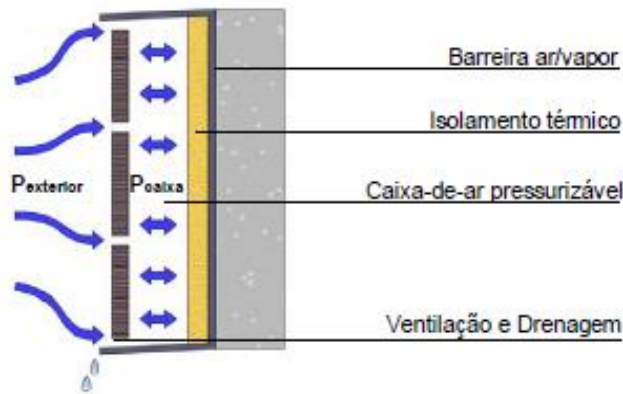


Figura 4.10 – Fachada pressurizável  
(Sousa, 2010)

Após a exposição de vários tipos de fachadas, analisando-as do ponto de vista geral, segue-se um exemplo concreto, pela análise da fachada da Casa de Saúde São Mateus. A seguinte análise passa pelo estudo da fachada independentemente do material que a reveste, bem como pela análise da comparação entre dois tipos de revestimentos.

#### 4.4 ESTUDO COMPARATIVO ENTRE UMA FACHADA REVESTIDA A FENÓLICO E UMA FACHADA REVESTIDA A VIDRO

##### 4.4.1 Introdução

A fachada ventilada da Casa de Saúde São Mateus apresenta vantagens quanto a sua aplicação em obra pelo modo fácil de montagem garantindo desde cedo ótima funcionalidade de todo o conjunto. É também possível destacar a facilidade da sua manutenção quando comparada aos processos tradicionais.

Com especial atenção as ações exteriores exercidas sobre o revestimento, a utilização de um sistema de fixação não colado a fachada apresenta vantagens em termos da atuação das ações uma vez que o revestimento funciona como uma camada protetora de modo a atenuar a incidência do sismo e vento na fachada.

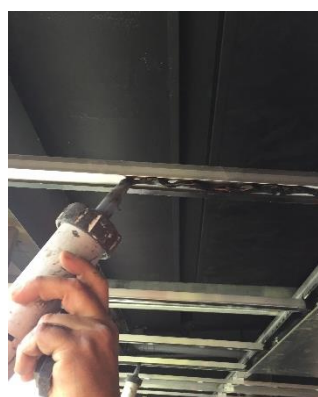
Deste modo o estudo realizado vai ao encontro das seguintes etapas:

- Montagem dos elementos em obra
- Características especiais
- Verificação a ações externas

### Montagem dos elementos em obra

A montagem em obra dos dois revestimentos, fenólico e vidro, é um processo bastante simples, de modo que são dois tipos de montagem do tipo encaixe. O material é preparado em fábrica e chega a obra de modo a ser realizada a montagem, não necessitando de trabalhos preparatórios ou ajustes. Apenas existem atrasos quando as medidas do material preparado em fábrica não está de acordo com a especificações em obra.

- Montagem da fachada em fenólico
  - i. Marcação e fixação dos esquadros a fachada – Figura 4.11 a);
  - ii. Fixação dos montantes metálicos aos esquadros, sendo estes os elementos de suporte – Figura 4.11 b);
  - iii. Fixação das placas de fenólico é realizado recorrendo a colas e adesivos específicos. Adesivo de dupla face colocados primeiro da estrutura de suporte de modo a garantir que o painel fica fixo antes da cola secar;
  - iv. Colocação da cola com auxílio de uma pistola – Figura 4.11 c);
  - v. Colocação dos painéis na fachada, devendo ficar alinhados e apurados – Figura 4.11 d).



a) Esquadros

b) Montantes metálicos

c) Cola e adesivos

d) Colocação dos painéis

Figura 4.11 – Montagem das placas em fenólico

- Montagem da fachada em vidro
  - i. Marcação e fixação dos montantes e sapatas de travamento, perfis de alumínio, a fachada – Figura 4.12 a);

- ii. Montagem das travessas – Figura 4.12 b);
- iii. Encaixe dos caixilhos dos vidros aos perfis de alumínio – Figura 4.12 c);
- iv. Colagem e fixação por meio de parafusos, dos caixilhos com o vidro aos perfis de alumínio – Figura 4.12 d).



a) Sapata de travamento

b) Travessa

c) Perfis de alumínio

d) Aspeto final da fachada de vidro

Figura 4.12 – Montagem da fachada de vidro

### Caraterísticas especiais

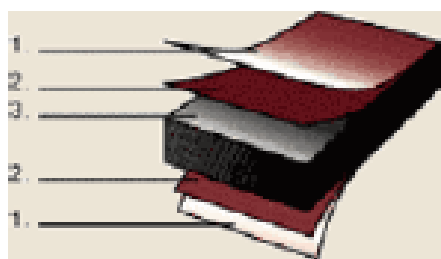
As caraterísticas apresentadas para cada elemento foram disponibilizadas pelos técnicos responsáveis da montagem do revestimento em obra, nomeadamente as fichas técnicas dos materiais, com as devidas obstruções de montagem e exigências realizadas pelo fornecedor. Desse modo foi possível analisar o revestimento da fachada principal que estava a ser aplicado em obra, durante o período de estágio, nomeadamente:

- As placas de fenólico apresentam grande resistência química e mecânica, estabilidade e rigidez devido a resina que o próprio material produz, conferindo-lhe alta resistência. A resina produzida serve ainda como adesivo interior para as fibras no processo de transformação de aglomerados de madeira (Dossier Técnico, 2006).

Os painéis são constituídos por três partes, nomeadamente:

- Núcleo – composto por folha de papel kraft, sendo as folhas que detêm a resina fenólica;
- Folha decorativa – composta por uma folha de madeira, contendo resina malamínica, aumentando assim a resistência a erosão;

- Película protetora – película protetora mergulhada em resina melamínica.

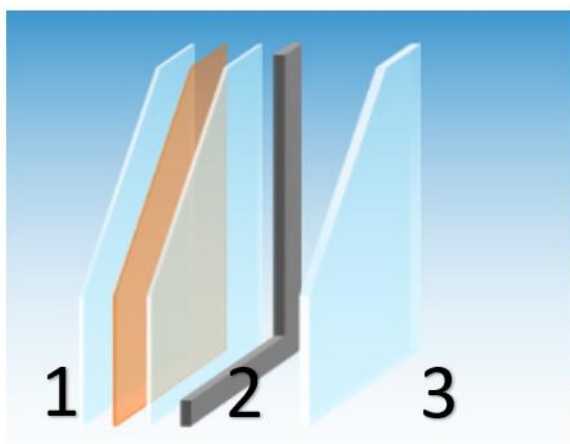


- 1 – Película protetora;
- 2 – Folha decorativa;
- 3 – Núcleo.

Figura 4.13 – Constituição de uma placa de fenólico  
(Sousa, 2010)

- A fachada ventilada em vidro apresenta um aspeto idêntico a uma fachada cortina, a diferença sendo no sistema construtivo. A função estrutural que a fachada ventilada em vidro apresenta estará totalmente oculto quando observado do exterior (Dossier Técnico, 2006)

O sistema de um vidro duplo é composto por perfis em alumínio de suporte com vidro duplo no pano interior, seguido de câmara-de-ar com 18 mm e um pano simples refletor colocado a face exterior dos perfis de suporte.



- 1 – Pano interior com 4+4+0.76 mm;
- 2 – Câmara-de-ar com 18 mm;
- 3 – Pano simples exterior com 8 mm.

Figura 4.14 – Constituição de um vidro duplo (Fonte: <http://pt.saint-gobain-glass.com>)

#### 4.4.2 Verificações a ações externas

O estudo dos revestimentos em fachadas, constituídos por fenólico ou vidro, tem vindo cada vez mais a assumir grande importância, não só pela estética, mas pela eficiência que abrangem tendo em conta o seu desempenho e durabilidade. Com o progressivo conhecimento das características destes materiais, o

estudo das ações externas, tal como a ação do vento e sismo, tem vindo a comprovar de que quando bem aplicados resulta numa solução mais duradoura.

De seguida serão apresentados procedimentos a adotar para a determinação das ações nos revestimentos da fachada principal do edifício, realçando a importância das forças horizontais que sobre a mesma são exercidas em especial pela ação do vento e sismo:

- Ação do vento em edifício;
- Ação sísmica em elementos da fachada;
- Verificação das soluções envidraçadas.

#### 4.4.2.1 Ações do vento no edifício

Apresentam-se os procedimentos a adotar para a determinação das ações nos revestimentos das fachadas da Casa de Saúde São Mateus, com destaque para a quantificação das ações introduzidas pelo vento, analisando a resposta do edifício e do revestimento da fachada.

A fachada representada na Figura 4.15 foi analisada não tendo em conta as duas torres da sua extremidade, tendo por base dois objetivos, nomeadamente, de conseguir um agravamento do efeito do vento e de conseguir identificar as pressões exercidas pelo mesmo uma vez que a fachada deixa de estar protegida lateralmente.

A ação do vento nos revestimentos da fachada foi tida em conta na análise as placas de fenólico e vidro separadamente, ou seja, na determinação do valor característico da ação do vento em cada placa. Por fim foi realizada uma análise do comportamento das placas na sua totalidade, resultados expostos para uma melhor compreensão graficamente.

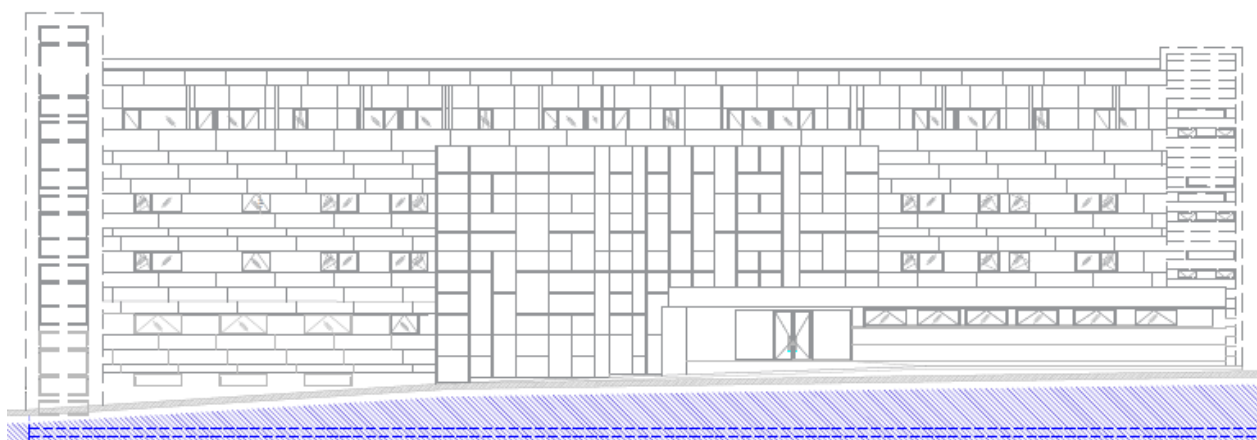


Figura 4.15 – Fachada no edifício da Casa de Saúde São Mateus

O Eurocódigo 1 (E.C 1) apresenta uma metodologia geral que consiste em quantificar as ações do vento em estruturas, pela determinação do valor característico da pressão que este exerce sobre a fachada. Com base no E.C 1 segue-se assim a análise da ação do vento sobre a fachada do edifício, nomeadamente:

- Descrição da fachada em estudo;
  - Ação do vento na direção x;
  - Ação do vento na direção y.
- Descrição da fachada em estudo

No âmbito da análise da ação do vento sobre a fachada foi realizado um estudo para a direção paralela (x) e perpendicular (y) do edifício. Foi ainda possível realizar uma análise das dimensões do edifício novo, Figura 4.16, comparando no fim do subcapítulo, com o existente, Figura 4.19.

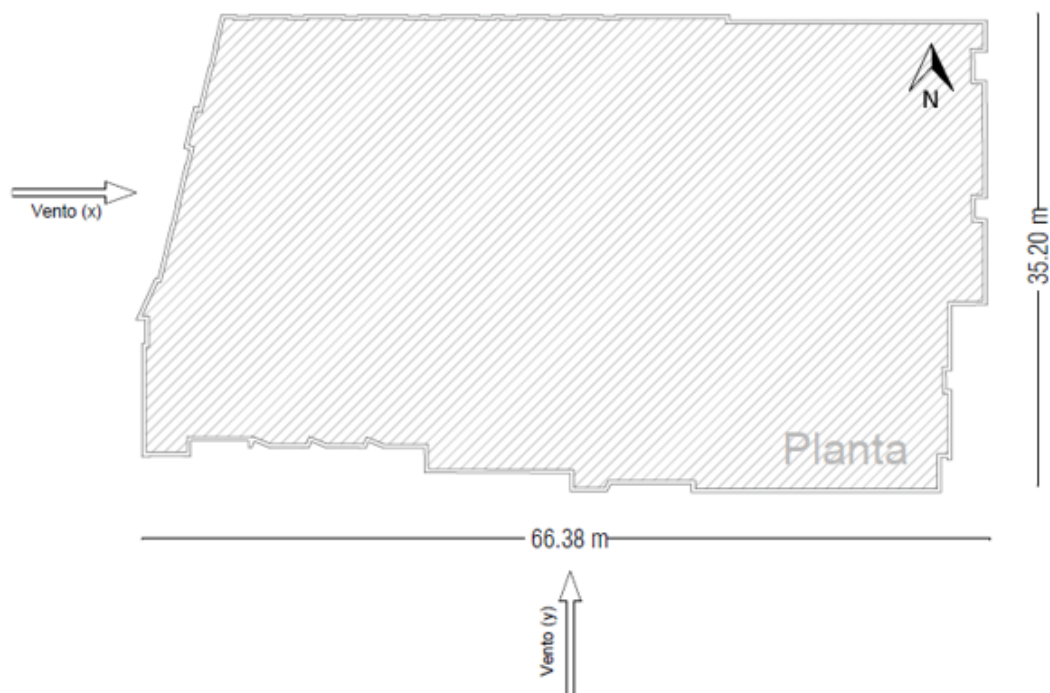


Figura 4.16 – Planta da implantação da Casa de Saúde São Mateus

A escolha da direção foi necessária para determinar os valores recomendados dos coeficientes de pressão exterior para as paredes exteriores de modo a determinar qual a pressão que o vento exerce sobre as superfícies que revestem a fachada da entrada principal do edifício, a fachada virada a sul.

É de realçar que para o estudo do impacto que a ação do vento provoca a fachada apenas é necessário ter o conhecimento das medidas do elemento, como comprimento e altura, ou seja, independentemente do tipo de material ou espessura, o vento atua de forma idêntica.

A descrição do edifício em estudo é exposta na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Descrição do edifício

Altura da fachada(m)	Nº de pisos	Tipo de revestimento	Nº de placas de revestimento
16.38	4	Placas de fenólico	168
		Vidro	121

O edifício está inserido numa zona cuja altitude é de 475 metros acima do nível do mar, zona com vegetação rasteira e sem edifício de grande altura na sua proximidade. A descrição das características principais do edifício de acordo com o Anexo II, estão expostas na Tabela 4.2

Tabela 4.2 - Características do edifício

Território	Zona	$v_{b,0} (m/s)$	$c_r$	$v_m (m/s)$	$G$	$v_p (m/s)$	$q_p (kPa)$
A	II	27.000	1.740	46.980	1.366	64.175	2.574

a onde,

$v_{b,0}$  – Valor básico da velocidade de referencia do vento,  $v_{b,0}$ , determinado consoante a zona do país;

$c_r$  – Coeficiente de rugosidade;

$v_m(z)$  – A velocidade média do vento;

$G$  – Intensidade de turbulência em função da pressão dinâmica do vento;

$v_p$  – Velocidade de pico;

$q_p$  – A pressão dinâmica.

Determinada a pressão característica de vento,  $q_p$ , sobre o edifício no seu conjunto, foi determinada de seguida a pressão exercida sobre cada elemento da fachada em cada uma das direções. A determinação da pressão exercida pelo vento nos elementos da fachada,  $w_e$ , é determinada pelo produto da pressão exercida pelo vento no edifício e do coeficiente de pressão correspondente a cada elemento,  $c_{pe}$ .

Os coeficientes de pressão correspondentes aos elementos da fachada são determinados em função das suas áreas, de acordo com a expressão II.7 do Anexo II. É possível deste modo ter em conta o efeito da dimensão dos elementos, conseguindo obter os coeficientes de pressão para qualquer que sejam as suas áreas. Visto terem sido analisados um grande número de elementos, mais precisamente 289 (168 placas de fenólico e 121 vidros), a apresentação dos resultados foi exposta tendo em conta a media da pressão do vento-

- Ação do vento na direção x

A determinação de pressão exercida pelo vento nos elementos da fachada na direção paralela depende da zona de ação do vento sobre o edifício. O número de zonas e respetiva pressão são determinadas em função da direção do vento e das dimensões do edifício.

Tabela 4.3 – Dimensões do edifício

Altura	16,37 metros
Comprimento	66,38 metros
Largura	35,20 metros

Como o numero de elementos analisado foi elevado, a Tabela 14, apresenta a media da pressão característica do vento,  $w_e$ , tende a atuar com uma intensidade quase linear ao longo dos elementos em estudo, uma vez identificadas grandes variações. De modo a identificar o erro pela aproximação dos valores a uma média, identificou-se de igual forma para cada zona a pressão característica mínima e máxima exercida pelo vento em determinados elementos. Assim, o erro utilizado foi no sentido de conseguir caracterizar a zona de atuação, comparando-o com as demais zonas.

Tabela 4.4 - Pressão característica do vento na direção x

Zona	$w_e(kN/m^2)$	$w_e(kN/m^2)$ mínimo (valor absoluto)	$w_e(kN/m^2)$ máximo (valor absoluto)	Erro (%)
A	-4.266	-4.080	-4.941	13.7
B	-3.439	-3.108	-4.451	22.7
C	-2.059	-2.059	-2.059	0
D	+2.924	+3.751	+2.683	21.7
E	-1.544	-1.544	-1.544	0

A Figura 4.17 sintetiza a pressão média característica do vento a atuar em cada zona do edifício quando o vento toma direções paralela a fachada em estudo, proporcionando assim uma mais fácil percepção dos valores apresentados na Tabela 4.4

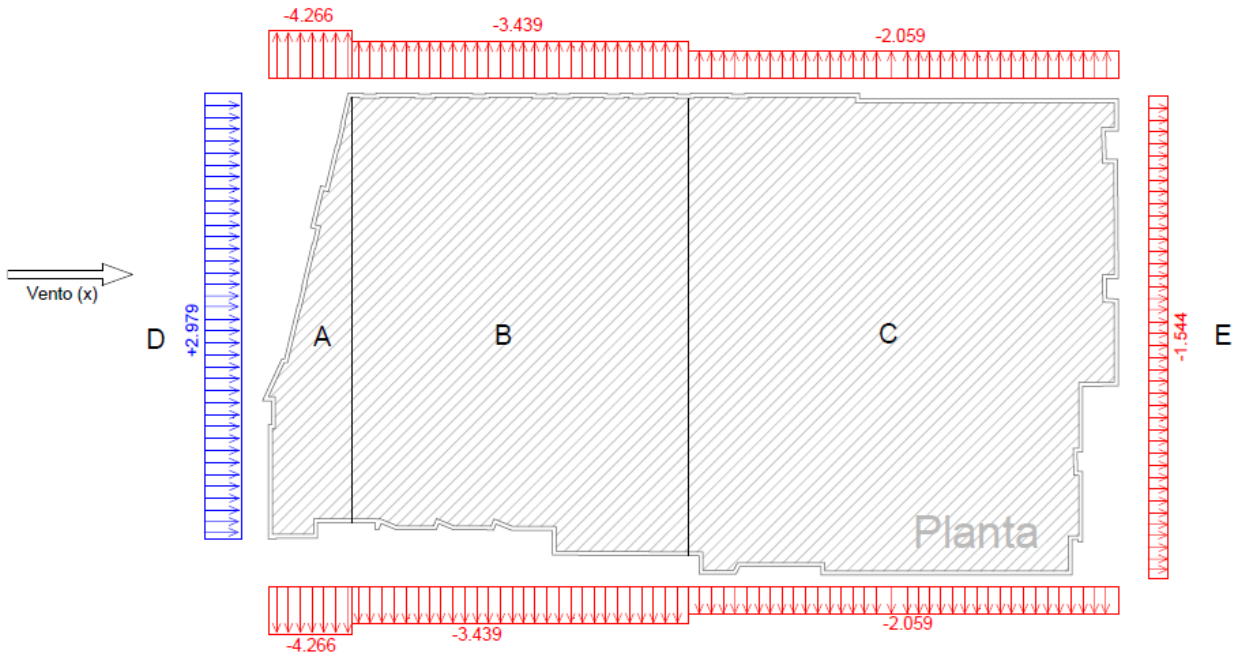


Figura 4.17 – Pressão média característica do vento sobre o edifício na direção paralela

- Ação do vento na direção y

Do mesmo modo que foi analisada a pressão exercida pelo vento nos elementos da fachada na direção paralela, foi de seguida determinada na direção perpendicular a fachada a pressão exercida pelo vento. O número de zonas, Tabela 4.6 e respetiva extensão é determinada em função da direção do vento e das dimensões do edifício, tal como na direção anterior, sendo que nesta direção a largura e o comprimento do edifício estão trocadas, ou seja,

Tabela 4.5 – Dimensões do edifício

Altura	16,38 metros
Comprimento	35,20 metros
Largura	66,38 metros

A análise foi realizada ao mesmo número de elementos e a apresentação do resultado foi exposta na Tabela 4.6, esperando-se uma aproximação dos valores obtidos para a direção x.

Tabela 4.6 – Pressão característica do vento na direção y

Zona	$w_e(kN/m^2)$	$w_e(kN/m^2)$ máximo (valor absoluto)	$w_e(kN/m^2)$ mínimo (valor absoluto)	Erro (%)
A	-4.266	-4.101	-4.941	13.7
B	-3.439	-3.108	-4.451	22.7
C	-2.059	-2.059	-2.059	0
D	+2.940	+3.834	+2.691	23.3
E	-1.691	-1.691	-1.691	0

Em conformidade com o que foi referido para direção paralela, a Figura 4 sintetiza pressão media caraterística do vento a atuar em cada zona do edifício quando o vento toma direções perpendicular a fachada em estudo, sendo que os valores apresentados são os mesmos obtidos na Tabela 4.6.

A Figura 4.18 sintetiza a pressão media caraterística do vento a atuar em cada zona do edifício quando o vento toma direções perpendicular a fachada em estudo, proporcionando assim uma mais fácil perceção dos valores apresentados na Tabela 4.6.

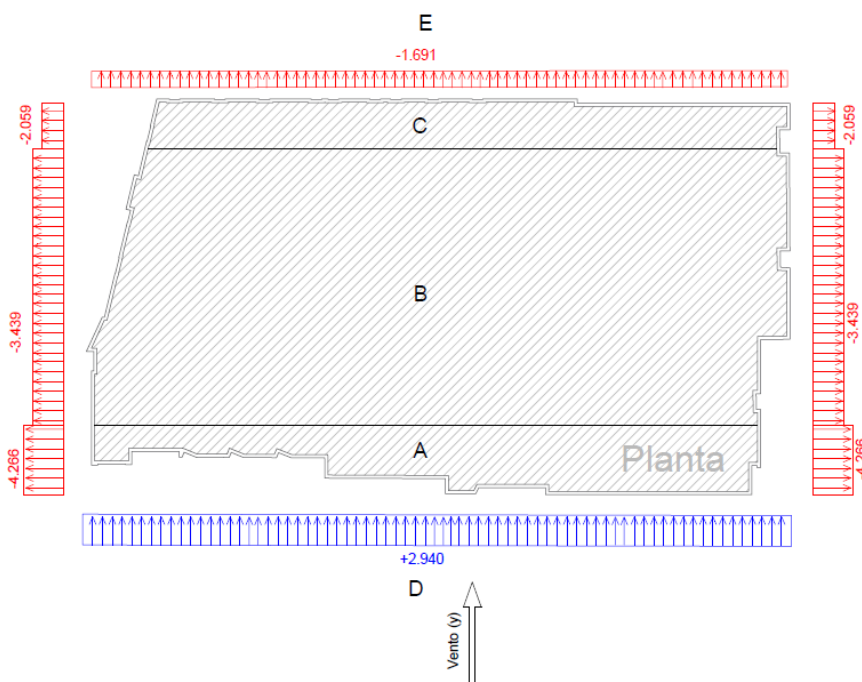


Figura 4.18 – Pressão media caraterística do vento sobre o edifício na direção perpendicular

- Análise dos resultados

O Gráfico 4.1 identifica a relação da área de 45 elementos com as respectivas intensidades da pressão exercida pelo vento para a zona A,  $w_e[A]$ . Identificam-se que os elementos com grandes áreas estão relacionados a níveis de intensidade pequenos, ou seja, identifica-se uma maior intensidade na medida em que a área do elemento diminui.

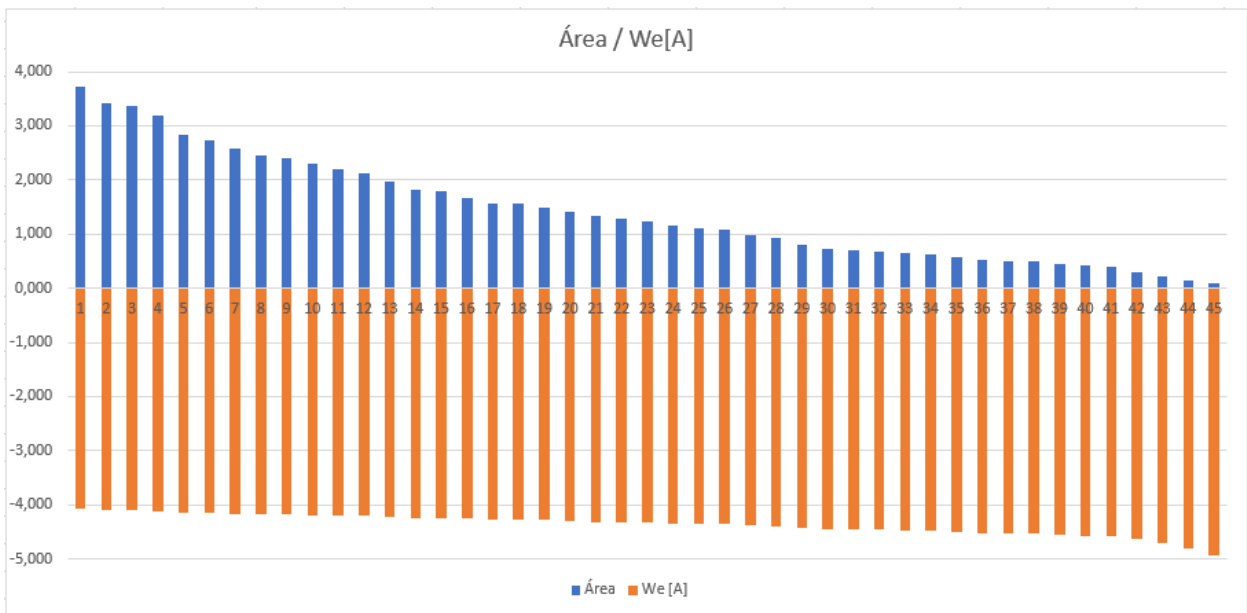


Gráfico 4-1 – Relação área/pressão exercida pelo vento para a zona A

No âmbito ainda da análise da área do elemento, neste caso realizada para 20 elementos, para uma melhor percepção dos resultados, apresenta-se no Gráfico 4.2, o comportamento da variação da pressão característica exercida pelo vento nas diferentes zonas, nomeadamente A, B e D, em relação das suas áreas. A pressão características que o vento exerce sobre as zonas C e E é constante, sendo independente da área do elemento.

Uma vez que as zonas C e E não apresentam qualquer variação em função da área do elemento, para o estudo da ação do vento nos elementos que revestem a fachadas não terá importância a sua análise.

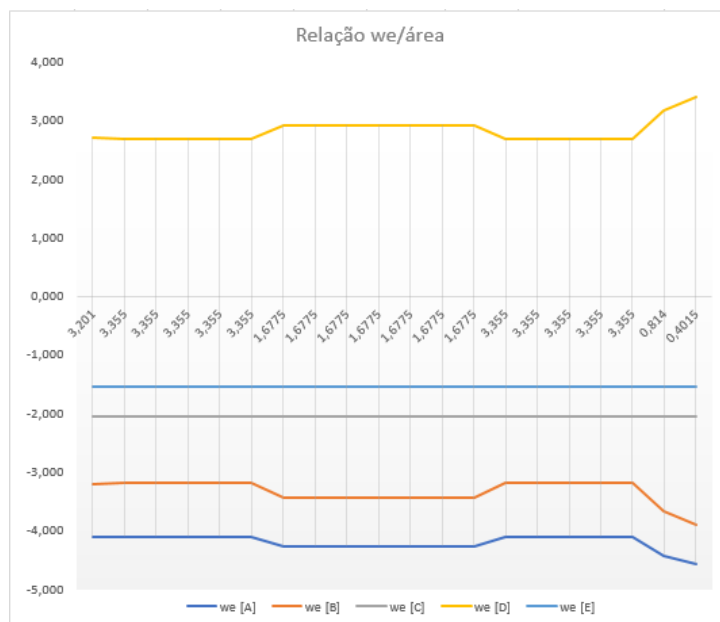


Gráfico 4-2 – Variação da pressão característica do vento nas diferentes zonas

Pela análise da intensidade da pressão característica do vento em relação a área do elemento, foi realizada uma análise tendo em conta a variação de todas as diferentes áreas dos elementos constituintes da fachada, mais precisamente 45, Gráfico 4.3, com o objetivo de alcançar uma possível equação de modo a conseguir determinar a pressão do vento, em função da sua zona, para qualquer área do painel. Deste modo foram analisadas apenas as zonas A, B e D, Gráficos 4.4, 4.5 e 4.6 respetivamente, uma vez que as zonas C e E apresentam uma pressão característica do vento constante.

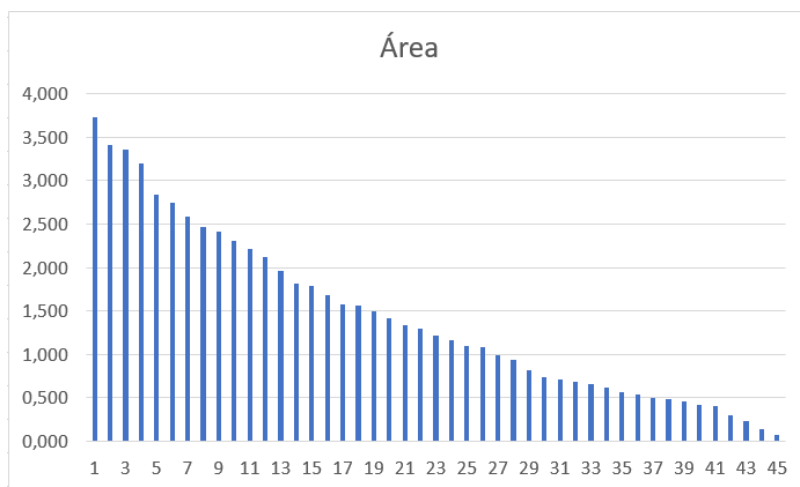


Gráfico 4-3 – Variação da área ao longo dos elementos

Para os 45 elementos de áreas diferentes foi determinada a intensidade da pressão de vento para a zona A, Gráfico 4.4, resultando num acréscimo do valor da pressão (valor absoluto) a medida que o valor da área, Figura 7, diminui. Deste modo foi possível determinar duas equações, linear e polinomial de 2º grau, tornando possível conseguir determinar a pressão do vento, para qualquer área do painel, aplicando qualquer uma das equações, tendo em conta o devido erro, coeficiente de determinação,  $R^2$ , por aproximação de valores.

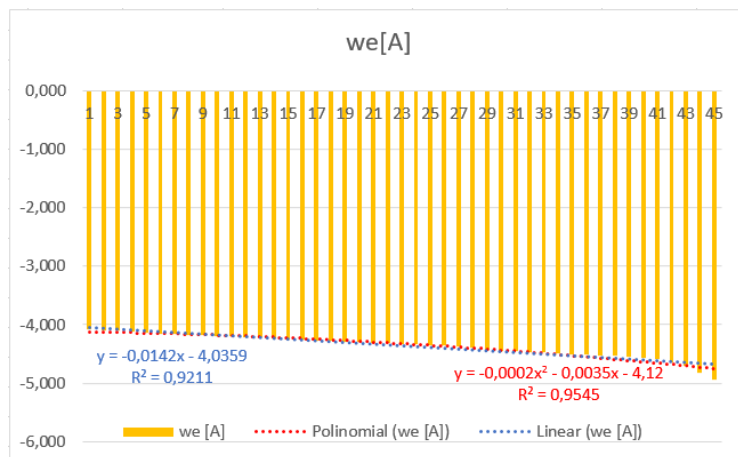


Gráfico 4-4 – Intensidade da pressão do vento para a zona A

A semelhança do estudo realizado para a zona A, o acréscimo do valor de pressão, em valor absoluto, acontece de forma idêntica para a zona B, Gráfico 4.5, na medida em que a área do painel tende a diminuir. A análise passou do mesmo modo que anteriormente apresentado pela identificação de duas equações, linear e polinomial de 2º grau, tornando possível conseguir determinar a pressão do vento, variação da pressão característica exercida pelo vento nas diferentes zonas.

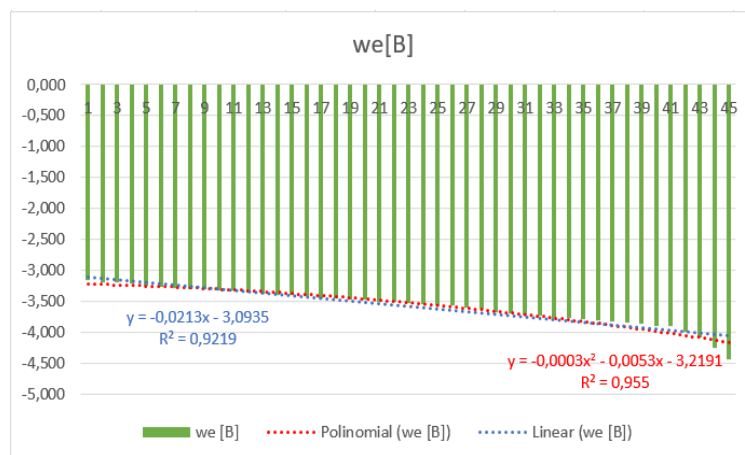


Gráfico 4-5 – Intensidade da pressão do vento para a zona B

Para a zona D, Gráfico 4.6, o acréscimo do valor de pressão acontece do mesmo modo que nas duas zonas anteriormente analisadas, respetivamente A e B. A determinação da pressão do vento para qualquer área é possível, quer através da equação linear quer através da equação polinomial de 2º grau, obtidas através da linha de tendência dos valores do Gráfico 4.6.

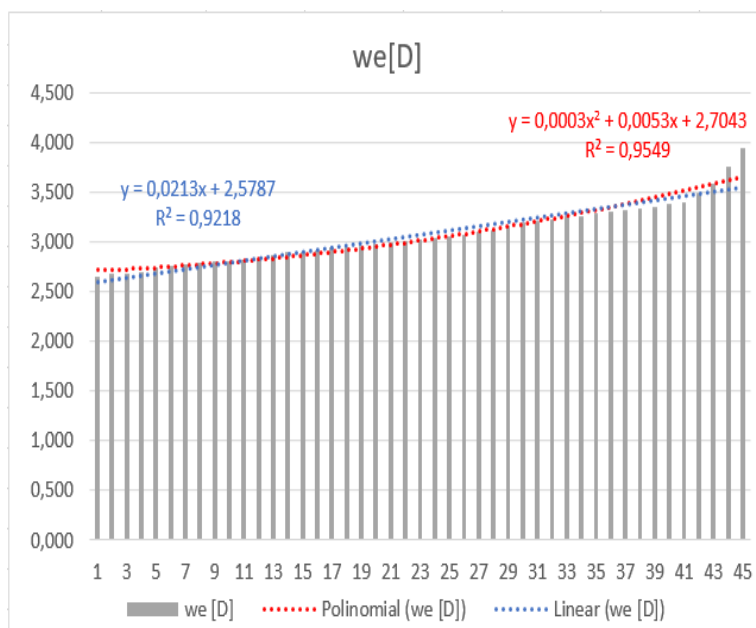


Gráfico 4-6 – Intensidade da pressão do vento para a zona D

Para cada zona foram determinadas duas equações, respetivamente linear e polinomial de 2º grau, Tabela 4.7. De modo a identificar a equação que melhor se adapta a linha de tendência dos valores, aproximando com maior precisão o valor da pressão exercida pelo vento em função da área do elemento, foi realizada a análise do valor de coeficiente de determinação de cada gráfico,  $R^2$ . Sabendo que quanto maior for o valor do coeficiente de determinação,  $R^2$ , mais explicativo o modelo se torna e melhor se ajusta a amostra.

Tabela 4.7 – Equação linear e polinomial de 2º grau

Zona	Equação Linear	$R^2$	Equação polinomial 2º grau	$R^2$
A	$y = -0.0142x - 4.0359$	0.9211	$y = -0.0002x^2 - 0.0350x - 4.1200$	0.9545
B	$y = -0.0213x - 3.0935$	0.9219	$y = -0.0003x^2 - 0.0053x - 3.2191$	0.9550
D	$y = 0.0213x - 2.5787$	0.9218	$y = 0.0003x^2 - 0.0053x - 2.7043$	0.9549

No âmbito do que inicialmente foi referido, foi realizada uma análise das dimensões do novo edifício comprando-o com o existente, figura 4.19, de modo a entender como varia a pressão exercida pelo vento em relação aos dois edifícios.

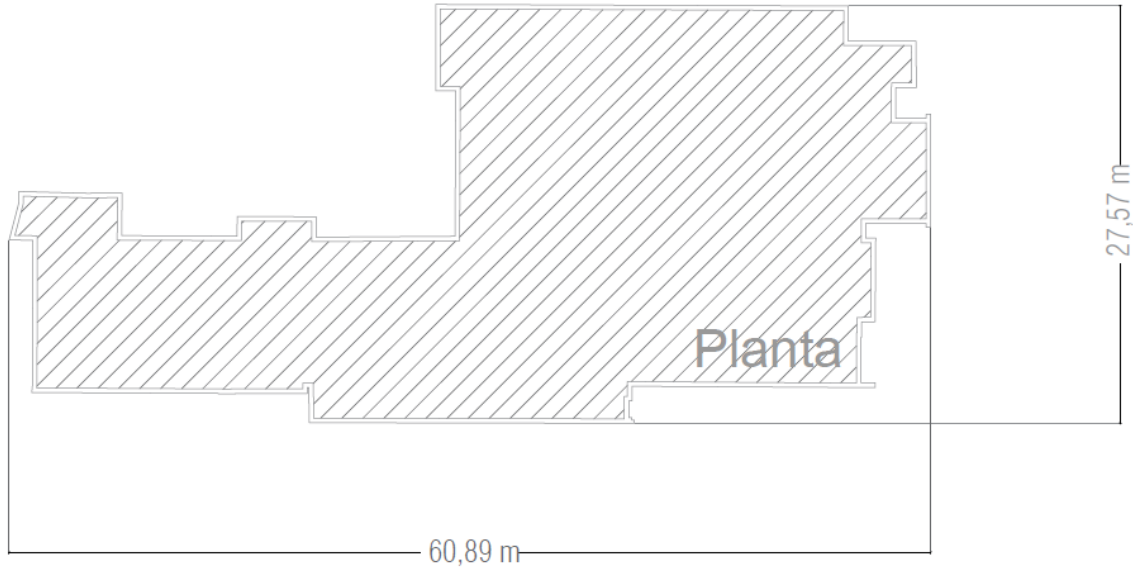


Figura 4.19 – Planta do edifício existente

Relembra-se que o valor da pressão característica exercida pelo vento,  $w_e$ , varia com as características da zona, a onde o edifício está inserido, a sua pressão dinâmica,  $q_p$  e em função dos coeficientes de pressão,  $c_{pe}$ , em função das características do edifício, nomeadamente, a relação entre altura, comprimento e largura, identificadas na Tabela 4.8

Tabela 4.8 – Características do edifício existente e novo

Edifício	Altura acima do solo (m)	Comprimento (m)	Largura (m)	Relação Altura/Comprimento	Relação Altura/Largura
Existente	13.000	60.890	27.570	0.213	0.472
Nova	16.380	66.270	35.200	0.247	0.465

A Tabela 4.8 expõem as características dos dois edifícios, esperando-se que o comportamento do edifício apesar da sua ampliação seja idêntico, uma vez que, as relações apresentadas não apresentam grande variação.

#### 4.4.2.2 Ação sísmica em elementos da fachada

A ação sísmica introduz pressões sobre o edifício, destacando que o seu campo de ação será direcionado para os elementos secundários de construção, sendo estes que compõem a fachada, não esquecendo claramente de determinar os valores das forças introduzidas a própria estrutura do edifício. De acordo com a quantificação regulamentar do Eurocódigo 8 (E.C.8), a ação sísmica, expressa por meio de uma força horizontal, consiste em afetar o peso dos elementos secundários (Camposinhos, 2009).

A análise dos elementos secundários de construção será realizada para a situação mais desfavorável, ou seja, tendo em conta que cada painel é apoiado apenas em dois bordos. É igualmente de realçar que adaptando o painel apoiado em dois bordos resultará numa simplificação dos métodos de cálculo.

Esta análise passa por verificação de três elementos com características diversas, de modo a conseguir verificar força que um sismo pode exercer sobre as matérias de uma fachada, Figura 12, nomeadamente:

- Determinação da ação do sismo sobre fenólico;
- Determinação da ação sísmica sobre o painel de vidro simples;
- Determinação da ação sísmica sobre o painel de vidro duplo

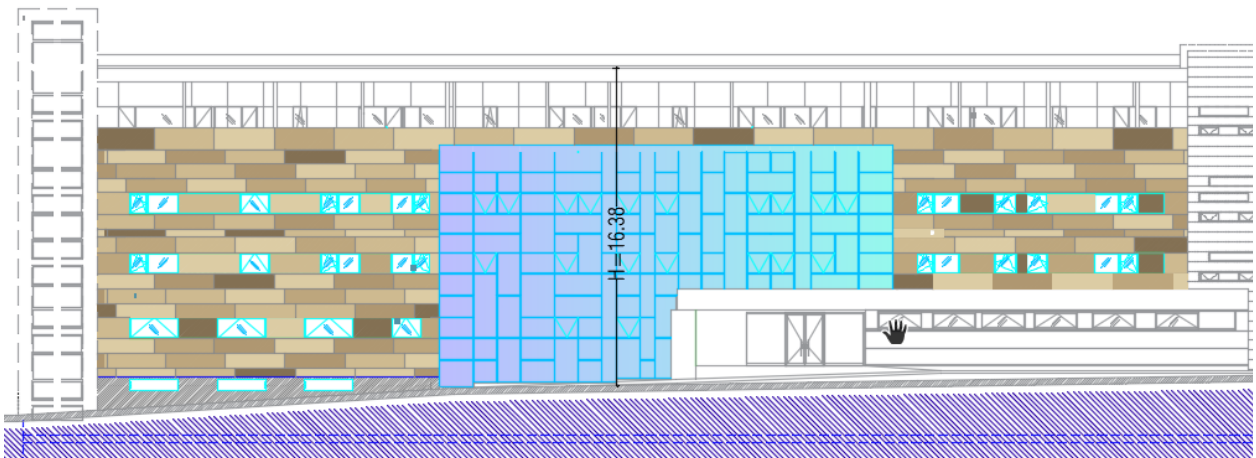

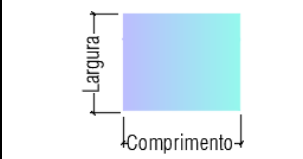
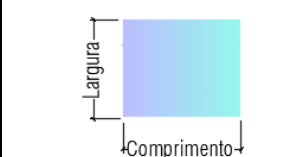


Figura 4.20 – Elementos constituintes da fachada

No âmbito da análise da ação sísmica na Tabela 4.9 são identificados os tipos de elementos que constituem a fachada da Figura 4.20. São assim identificados os elementos e as suas características gerais, tais como a sua espessura, módulo de elasticidade e massa volúmica.

Tabela 4.9 – Identificação do revestimento da fachada

Tipo de elemento	Desenho	Nº de elementos	Espessura (mm)	Modulo elasticidade (GPa)	Massa volúmica ( $kg/m^3$ )
Fenólico		167.00	6.00	9.00	1350.00
Painel simples		121.00	8.76	45.00	2500.00
Painel duplo		121.00	34.80	45.00	2500.00

Apenas um tipo de painel, nomeadamente o painel duplo, vai ser aplicado na fachada da Casa de Saúde São Mateus. O estudo para os dois tipos de painéis de vidro vai ser realizado, por duas razões, primeiro, o painel de vidro simples foi a primeira escolha para a fachada, mas devido a especificações técnicas, entre as quais, ter uma espessura reduzida, acrescentando o facto de não ser temperado, levou a sua alteração. A segunda razão para a análise do vidro foi para conseguir entender qual a variação da ação sísmica, quando aplicado em materiais idênticos, mas de espessuras bastantes diferentes.

- Determinação da ação sísmica sobre fenólico

No âmbito da análise da ação sísmica sobre um painel, a escolha do estudo a realizar sobre o mesmo, passa pela identificação se este apresenta características de um elemento rígido ou flexível. Melhor exposto, os elementos podem ser considerados rígidos quando o seu período de vibração natural,  $T_{el}$ , é inferior a 0,06s e consequentemente flexíveis quando o periodo fundamental é igual ou superior a 0,06s.

Por conseguinte desenvolvendo a expressão, III.2 do Anexo III, correspondente ao período de vibração natural do elemento, em função das características do fenólico, conseguindo identificar os elementos rígidos ou flexíveis consoante as dimensões correntes das placas de revestimento, resultando na Expressão 4.3.

$$\begin{aligned}
 T_{el} &= (2 * L^2 / \pi) * \sqrt{m / E * I} \Leftrightarrow \\
 &\Leftrightarrow (2 * L^2 / \pi) * \sqrt{8.1 / (9 * 10^9 * 1 * 0.006^3 / 12)} \Leftrightarrow \\
 &\Leftrightarrow L^2 * 0.1424
 \end{aligned}
 \tag{4.1}$$

sendo que, para um elemento ser flexível:

$$L^2 * 0.1424 \geq 0.06 \Leftrightarrow L^2 \geq 0.421 \tag{4.2}$$

concluindo, portanto:

$$L \geq 0.650 \text{ para Elemento Flexível} \tag{4.3}$$

$$L < 0.650 \text{ para Elemento Rígido}$$

onde:

L – Vão da placa de fenólico;

m – Massa do elemento em função da espessura e unidade de comprimento:

$$m = 1 * e * \gamma = 1 * 0.006 * 1350 = 8.1 \text{ kg/m}^2 \tag{4.4}$$

e – Espessura da placa de fenólico = 6.00 mm;;

$\gamma$  – Massa volúmica de fenólico = 1350 kg/m<sup>3</sup>

E – Módulo de elasticidade = 9 GPa ;

I – Momento de inercia da seção transversal do elemento:

$$I = b * h^3 / 12 = b * e^3 / 12 = 1 * 0.006^3 / 12 \tag{4.5}$$

b – Comprimento da placa de fenólico.  $b = 1,0$ , para painel simplesmente apoiado.

De acordo com a Expressão 4.3, foi realizada uma análise a 15 elementos com o objetivo de identificar os elementos em função das características que apresentam, nomeadamente elementos rígidos e flexíveis, Gráfico 4.21.

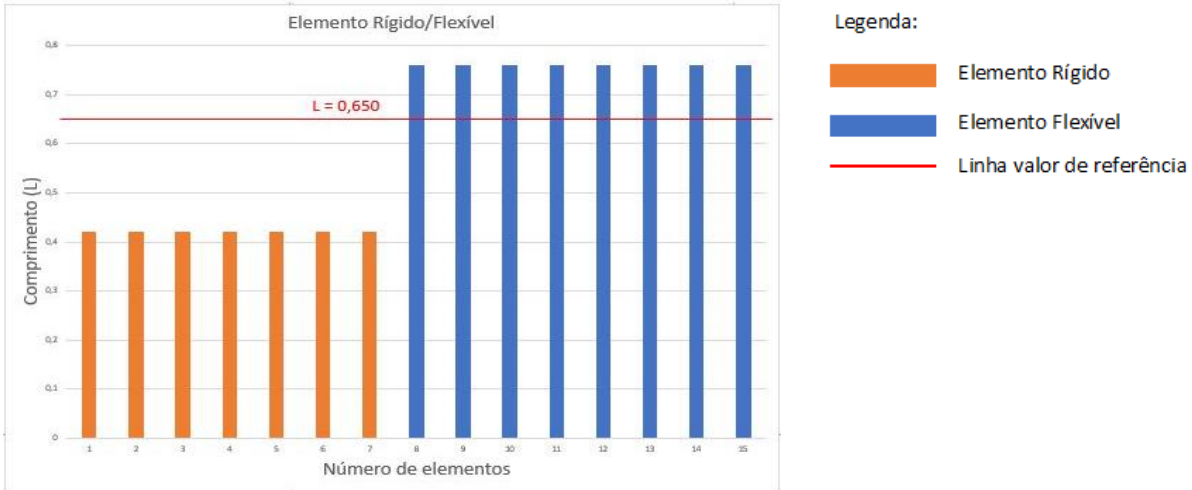


Gráfico 4-7 – Relação elemento rígido/flexível para os elementos em fenólico

O valor de referencia para materiais em fenólico, de acordo com a Expressão 4.33 é de 0.650, assim, os elementos que apresentam valores de  $L$  superior ao valor de referência são identificados como elementos flexíveis, caso contrario são elementos rígidos, segundo ao que anteriormente foi explicado, Gráfico 4.21.

Resulta deste modo a exposição da análise do fenólico, Figura 4.21, dos elementos rígidos e flexíveis na fachada, mais precisamente 19 elementos rígidos e 148 elementos flexíveis.



Figura 4.21 – Identificação dos elementos rígidos/flexíveis na fachada

Para a determinação da força característica do sismo, para o caso de um elemento rígido do edifício, tendo em conta o Anexo III, é necessária:

- i. a identificação do tipo de sismo consoante a zona a onde se situa o edifício, sendo neste caso em Viseu.

Tabela 4.10 – Tipo de sismo

Acção sísmica	Tipo 1	Tipo 2
Zona	1.6	2.5
$a_{gR} (m/s^2)$	0.35	0.80
$T_{bd} (s) = 0.025 * h$	0.4095	



Figura 4.22 – Cidade de Viseu  
(Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Viseu> )

onde:

$a_{gR}$  - Aceleração máxima de referência;

$T_{bd}$  - Período de vibração natural do edifício, em função da sua altura,  $h$ .

- ii. a identificação do tipo de terreno realizada com base nas análises de resultados do relatório geotécnico o terreno é composto por solos silto-argilosos com pedra e blocos granítica, possuindo ainda a partir dos 16 metros de profundidade maciço granítico. Com base na análise do relatório foi possível identificar os parâmetros geotécnicos característicos:

-  $N_{SPT} = 60 > 50$ ;

-  $c_u (kPa) = 200 \rightarrow 70 \leq 200 \leq 250$ ;

Apesar de o valor da coesão não drenada  $c_u$ , se enquadrar nos parâmetros definidos para o tipo de terreno C, a maioria dos restantes parâmetros enquadram-se no tipo de terreno B, como por exemplo o número de pancadas necessárias para atingir a penetração de 30 cm,  $N_{SPT}$ , sendo por isso o tipo de terreno escolhido.

Perante o tipo de terreno escolhido, B, são identificados, Tabela 4.11, os valores recomendados dos parâmetros de determinação nacional,  $S, T_B, T_C, T_D$ , correspondentes ao espectro de resposta elástica,  $S_e$ , para ação sísmica de tipo 1 e 2:

Tabela 4.11 – Valores recomendados do espectro de resposta elástica

Ação sísmica	$S = S_{max}$	$T_B(s)$	$T_C(s)$	$T_D(s)$	$S_e (m/s^2)$
1	1.35	0.1	0.6	2	$T_B \leq T_{bd} \leq T_C: S_e = 1.18$
2	1.35	0.1	0.25	2	$T_C \leq T_{bd} \leq T_D: S_e = 1.64$

iii. Determinação do coeficiente sísmico  $C_r(z)$

Tendo em conta que ação sísmica do tipo 2, apresenta um valor do espectro de resposta elástica maior quando comparado ao valor do tipo 1, os elementos foram analisados para a ação mais condicionante, ou seja, para o espectro de resposta elástica tipo 2 da Figura 4.23:

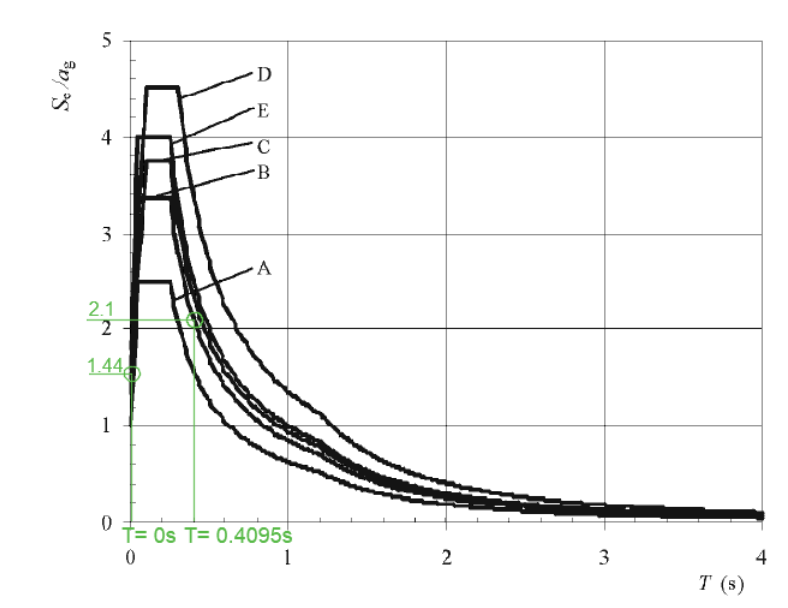


Figura 4.23 – Espectro de resposta elástica do tipo 2

No seguimento da análise do espectro da Figura 4.24, foi possível determinar o valor de aceleração espectral de resposta ( $S_a$ ) e o valor de aceleração do terreno ( $S_{DS}$ ), para período de vibração de  $T=0s$  e  $T=0.4095s$  respetivamente, identificados na Tabela 4.21.

Tabela 4.12 – Coeficientes para determinação do coeficiente sísmico,  $C_r(z)$

$S_a$	1.44
$S_{DS}$	2.10
$R_1$	3.64
$b$	1.33
$C_N$	5.09

onde:

$R_1$  – Aceleração espectral normalizada para o período fundamental de vibração do elemento,  $T_{el}$ ;

$b$  – Valor correspondente ao produto do fator de participação do primeiro modo de participação pelo coeficiente de forma do primeiro modo, ao nível da cobertura;

$C_N$  – Coeficiente de aceleração ao nível médio da cobertura do edifício.

iv. Determinação da força característica do sismo,  $F_{ek}$ , para elemento rígido

Os valores da força introduzidos pela ação sísmica numa placa de revestimento em fenólico, com diferentes dimensões, Figura 17, foram analisadas tendo em conta a sua massa e o centro de gravidade, adotando um fator de importância,  $\gamma_E$ , igual a 1.0 e um coeficiente de comportamento,  $R_E$ , igual a 1.5.

Tabela 4.13 – Coeficiente de comportamento

$S_{DS}$	$\gamma_E$	$R_E$
2.1	1.0	1.5

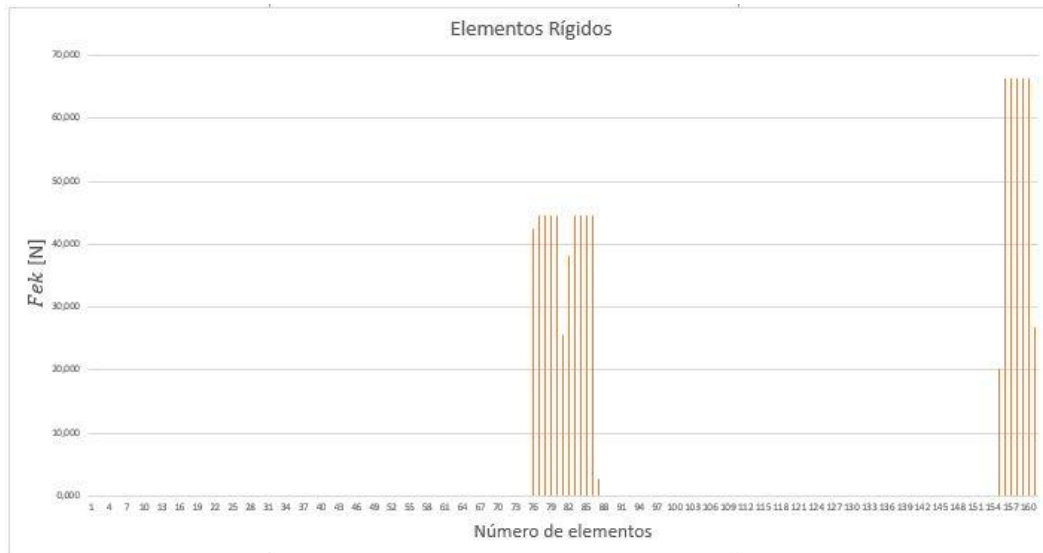


Gráfico 4-8 – Força característica do sismo para elementos rígidos

O Gráfico 4.8 apresenta a análise dos elementos rígidos a partir do 3º piso para baixo até ao piso térreo, ou seja, é apresentada a variação da força característica do sismo consoante a altura a que o elemento se encontra.

v. Determinação da força característica do sismo,  $F_{ek}$ , para elemento flexível

Um elemento é considerado flexível quando a sua própria frequência é inferior a 16,7 Hz, traduzindo-se em afirmar que o período de vibração natural do elemento é superior a 0.06 segundos. (Camposinhos, 2005)

Em relação aos elementos rígidos, a obtenção da força característica do sismo é idêntica, sendo que os elementos flexíveis estão sujeitos a um aumento da força pela aplicação de um fator de amplificação,  $A_m$ , que depende dos períodos de vibração do próprio elemento e edifício.

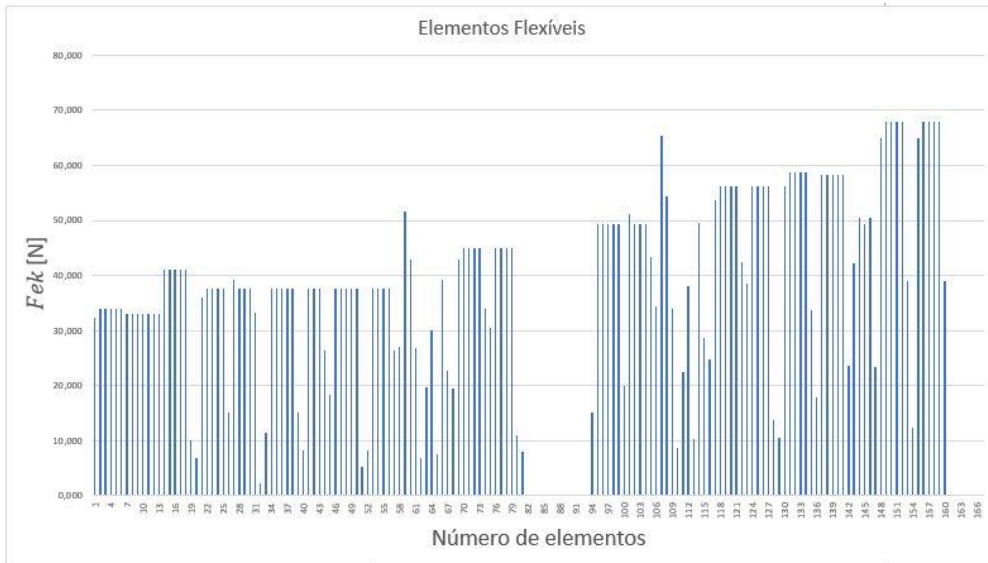


Gráfico 4-9 – Força característica do sismo para elementos flexíveis

O Gráfico 4.9 apresenta, de um total de 168 elementos de fenólico, 88% correspondem como sendo os elementos flexíveis. A análise foi realizada a partir do 3º piso até ao piso térreo, identificando a variação da força característica do sismo em relação a sua altura.

- Determinação da ação sísmica sobre o painel de vidro simples

Do mesmo modo que o estudo realizado para os elementos em fenólico a identificação da escolha do estudo a realizar sobre o mesmo, passa pela identificação se este apresenta características de um elemento rígido ou flexível. É necessário lembrar que os elementos são caracterizados consoante a período de vibração do natural do elemento,  $T_{el}$ , é inferior ou superior a 0.06s, sendo rígido ou flexível respetivamente. Essa identificação foi determinada desenvolvendo a expressão anteriormente apresentada, agora para os elementos em painel de vidro simples, resultando assim:

$$T_{el} = (2 * L^2 / \pi) * \sqrt{m / E * I} \tag{4.6}$$

concluindo, portanto:

$$L \geq 1.00 \text{ para Elemento Flexível} \tag{4.7}$$

$$L < 1.00 \text{ para Elemento Rígido}$$

## CAPÍTULO 4

onde:

L – Vão do painel de vidro simples;

m – Massa do elemento em função da espessura e unidade de comprimento:

$$m = 1 * e * \gamma = 1 * 0.00876 * 2500 = 21.9 \text{ kg/m}^2 \quad (4.8)$$

e – Espessura efetiva do painel de vidro simples= 8.76 mm;

$\gamma$  – Massa volúmica do vidro= 2500 kg/m<sup>3</sup>

E – Módulo de elasticidade = 45 GPa ;

I – Momento de inercia da seção transversal do elemento:

$$I = b * h^3 / 12 = b * e^3 / 12 = 1 * 0.00876^3 / 12 \quad (4.9)$$

b – Comprimento do painel de vidro simples.  $b = 1,0$  , para painel simplesmente apoiado.

De acordo com a Expressão 4.7, foi realizada uma análise a 15 elementos com o objetivo de identificar os elementos em função das características que apresentam, nomeadamente elementos rígidos e flexíveis, Gráfico 4.10.

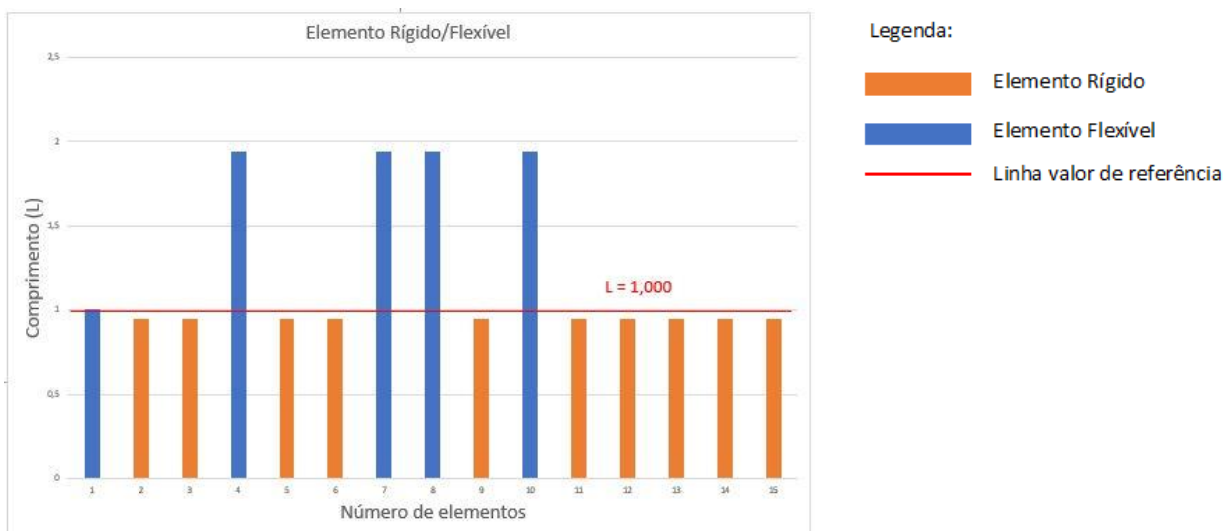


Gráfico 4-10 – Relação elemento rígido/flexível para os painéis de vidro simples

Resulta deste modo a exposição, Figura 4.24, dos elementos rígidos e flexíveis na fachada, mais precisamente 22 elementos rígidos e 103 elementos flexíveis.

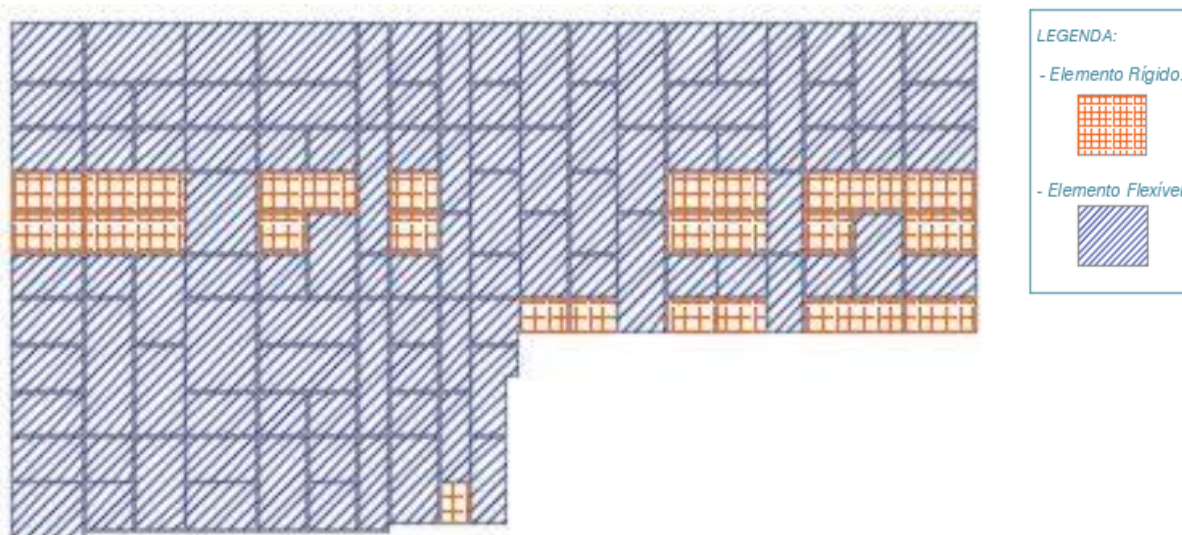


Figura 4.24 – Elementos rígidos/flexíveis identificados na fachada

Para a determinação da força característica do sismo foi utilizado o mesmo método de cálculo aplicado para as placas de fenólico, tendo em conta o Anexo III e a folha de cálculo:

- i. A força característica do sismo,  $F_{ek}$ , para os elementos rígido de acordo com a gráfico 4.11

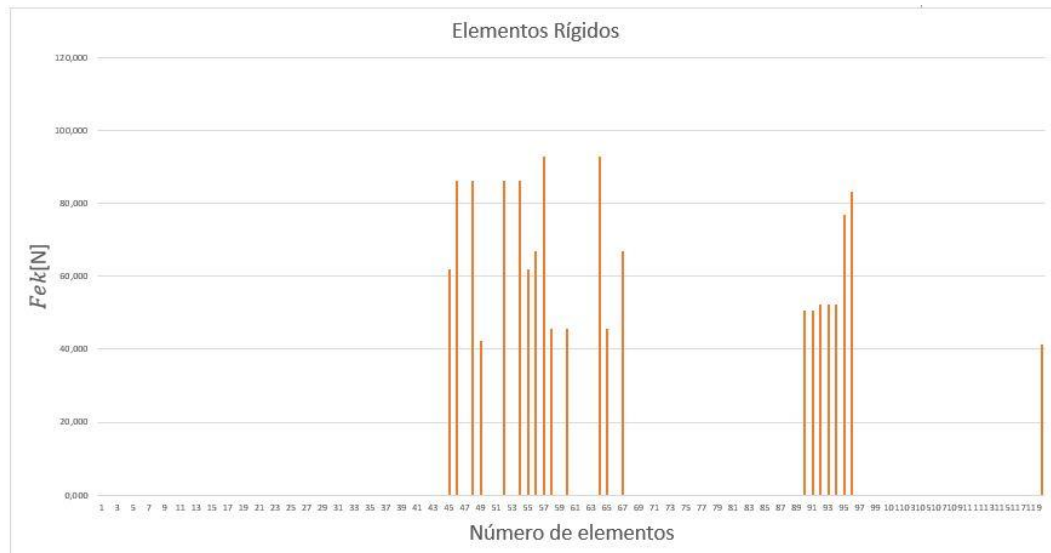


Gráfico 4-11 – Força característica do sismo para elementos rígidos

O Gráfico 4.11 apresenta a variação da força característica que o vento exerce sobre os painéis de vidro simples em relação da sua altura. De maneira idêntica aos elementos de fenólico, a análise foi realizada a partir do 3º piso até ao rés-do-chão. Apesar de parecer que a força característica do sismo apresenta um aumento regular a medida que a altura a que o elemento se encontra diminui, são visíveis alguns picos de força que diferem do esperado.

- ii. A força característica do sismo,  $F_{ek}$ , para os elementos flexíveis de acordo com a Gráfico 4.12

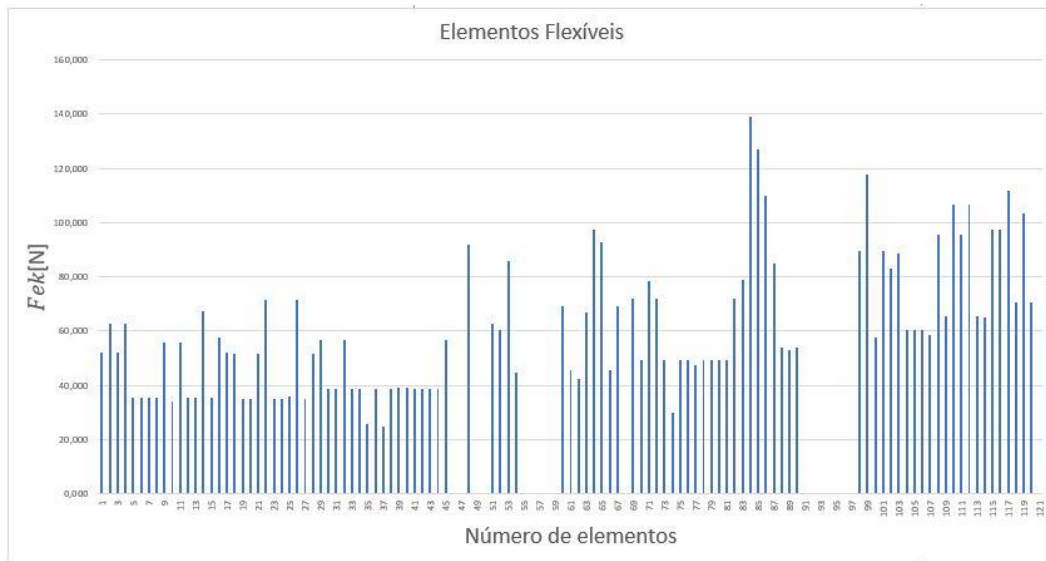


Gráfico 4-12 – Força característica do sismo para elementos flexíveis

O Gráfico 4.12 apresenta, de um total de 121 painéis de vidro simples, 85 % correspondem como sendo os elementos flexíveis. A análise foi realizada a partir do 3º piso até ao piso térreo, identificando a variação da força característica do vento em relação a sua altura.

- Determinação da ação sísmica sobre o painel de vidro duplo

Do mesmo modo ao que anteriormente foi exposto na análise aos 15 elementos, serão distinguidos como elementos rígidos ou flexíveis consoante a relação entre o comprimento e a espessura de cada elemento. Essa identificação foi determinada desenvolvendo a expressão anteriormente aplicada para os dois casos já expostos, correspondente ao período de vibração natural do elemento, em função das características do vidro duplo, resultando na Expressão 13. É de esperar, visto tratar-se de um elemento com espessura bastante superior ao vidro duplo, o limite para a distinção do tipo de elemento se do mesmo modo bastante superior, respetivamente:

$$T_{el} = (2 * L^2 / \pi) * \sqrt{m / E * I} \tag{4.10}$$

concluindo, portanto:

$$L \geq 2.00 \text{ para Elemento Flexível} \tag{4.11}$$

$$L < 2.00 \text{ para Elemento Rígido}$$

onde:

L – Vão do painel de vidro duplo;

m – Massa do elemento em função da espessura e unidade de comprimento:

$$m = 1 * e * \gamma = 1 * 0.03486 * 2500 = 87 \text{ kg/m}^2 \quad (4.12)$$

e – Espessura efetiva do painel de vidro duplo = 34.860 mm;

$\gamma$  – Massa volúmica do vidro= 2500 kg/m<sup>3</sup>

E – Módulo de elasticidade = 45 GPa ;

I – Momento de inercia da seção transversal do elemento:

$$I = b * h^3 / 12 = b * e^3 / 12 = 1 * 0.03486^3 / 12 \quad (4.13)$$

b – Comprimento do painel de vidro duplo.  $b = 1,0$  , para painel simplesmente apoiado.

De acordo com a Expressão 4.11, foi realizada uma análise a 15 elementos com o objetivo de identificar os elementos em função das características que apresentam, nomeadamente elementos rígidos e flexíveis, Gráfico 4.13.

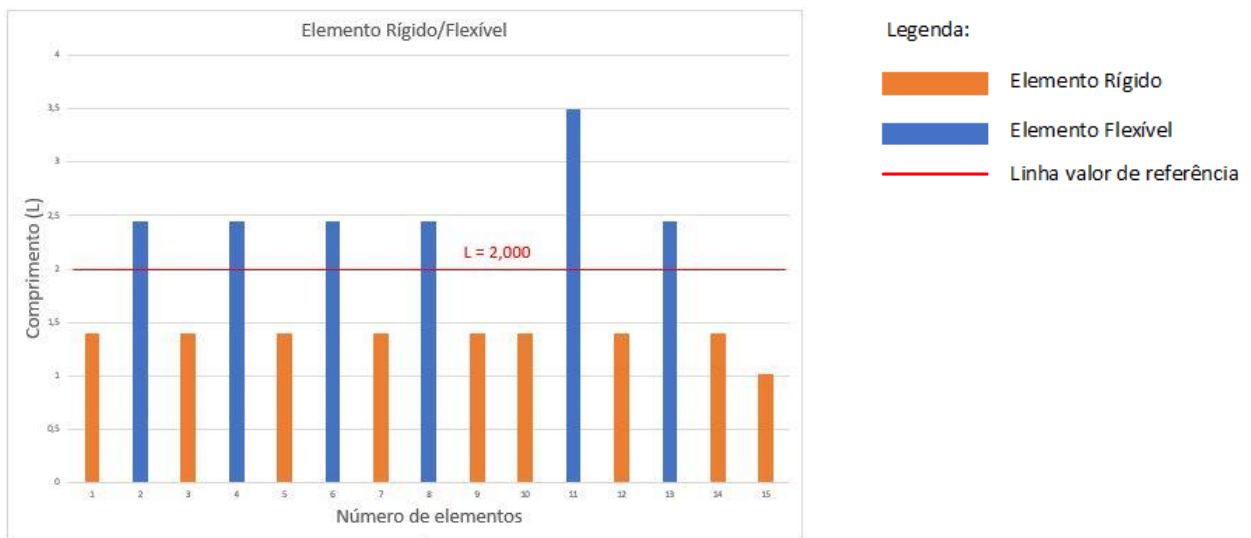


Gráfico 4-13 – Relação elemento rígido/flexível para os painéis de vidro duplo

A apresentação dos resultados, do mesmo modo que os dois anteriores a Figura 24 apresenta os elementos rígidos e flexíveis na fachada, mais precisamente 100 elementos rígidos e 21 elementos flexíveis.

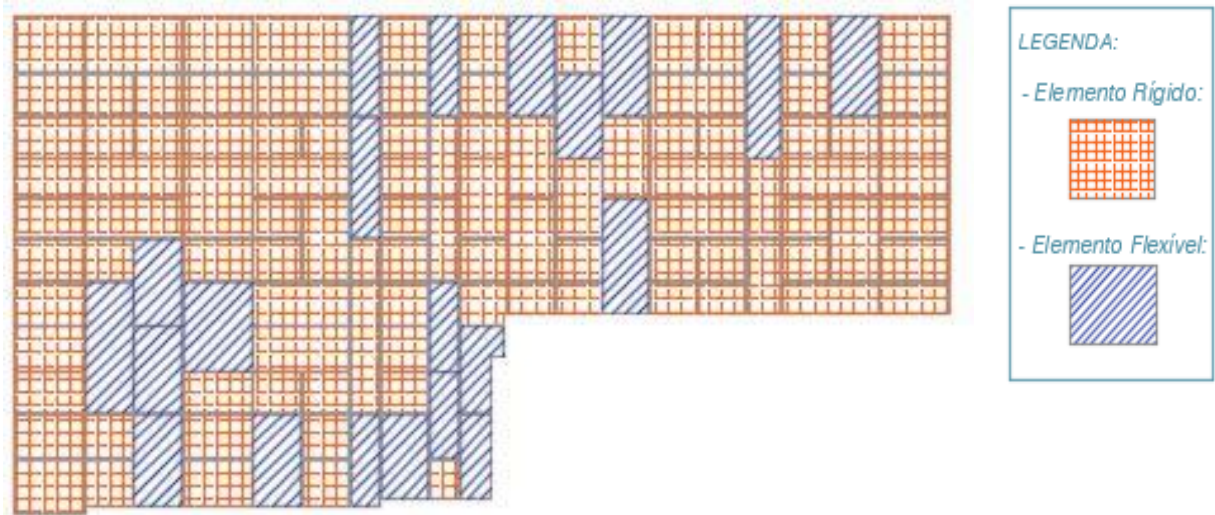


Figura 4.25 – Elementos rígidos/flexíveis identificados na fachada

A força característica do sismo foi determinada no seguimento dos métodos de cálculo utilizados para os primeiros dois casos, ou seja, recorrendo as expressões apresentadas no Anexo III:

- i. A força característica do sismo,  $F_{ek}$ , para os elementos rígido de acordo com a Gráfico 4.14

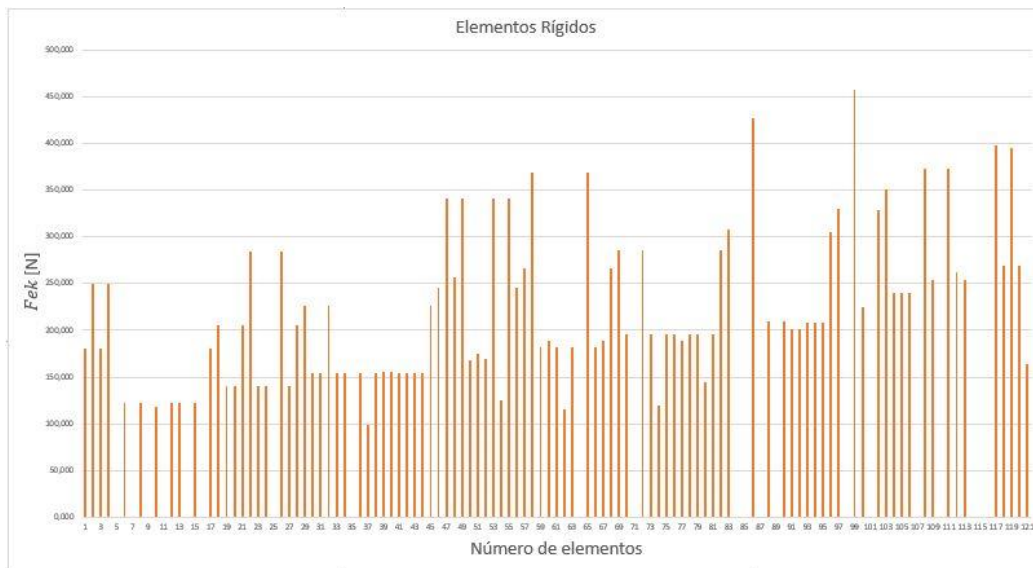


Gráfico 4-14 – Força característica do sismo para elementos rígidos

O Gráfico 4.14 apresenta a variação da força característica que o vento exerce sobre os painéis de vidro duplo em relação da sua altura. Tal como apresentado anteriormente, a análise foi realizada a partir do 3º piso até ao rés-do-chão.

- ii. A força característica do sismo,  $F_{ek}$ , para os elementos flexíveis de acordo com a Gráfico 4.15

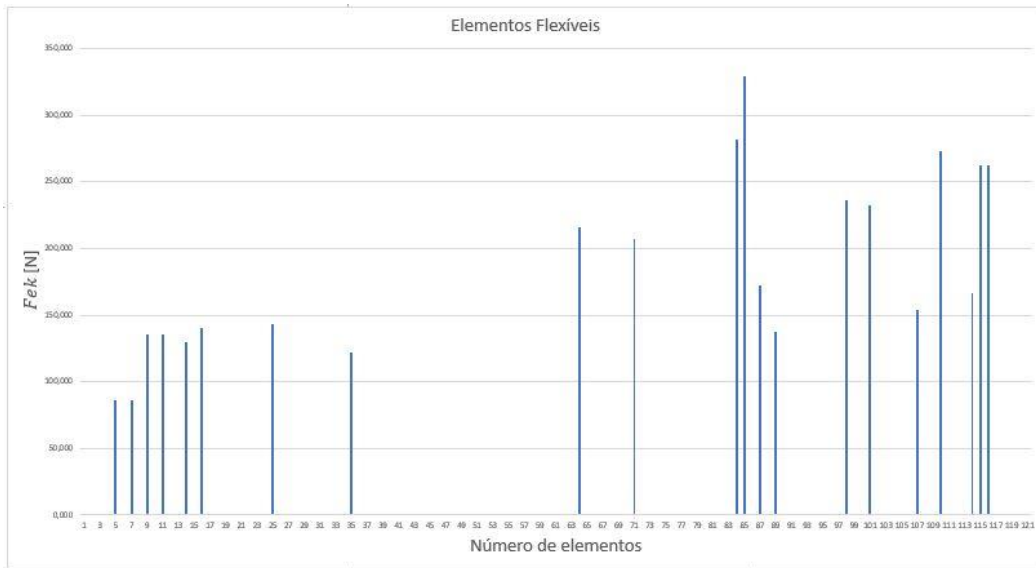


Gráfico 4-15 – Força característica do sismo para elementos flexíveis

O Gráfico 4.15 apresenta, de um total de 121 painéis de vidro simples, 17 % correspondem como sendo os elementos flexíveis. A análise foi realizada a partir do 3º piso até ao piso térreo, identificando a variação da força característica do vento em relação a sua altura.

### Síntese

A Tabela 4.14. apresenta a caracterização dos três pisos de painéis analisados, identificando as características, a força do sismo mínima e máxima. Com base na força do sismo atuante para todos os elementos foi realizada uma média, tanto dos elementos rígido e flexíveis de modo a analisar a variação.

Pode ser afirmar que a o sismo exerce a sua maior força nos painéis de vidro duplo, ou seja, devido as características do material e da espessura do painel.

Tabela 4.14 – Caracterização da força do sismo sobre os revestimentos da fachada

Painel	Tipo de elemento	Fek mínimo(N)	Fek máximo (N)	Média	Média Geral
Fenólico	Rígido	2.78	66.36	43.70	37.47
	Flexível	2.92	64.31	25.96	
Vidro Simples	Rígido	30.09	115.27	59.61	61.60
	Flexível	34.79	132.48	64.97	
Vidro Duplo	Rígido	115.61	457.92	222.59	215.15
	Flexível	89.35	274.98	153.316	

Da análise do vidro simples e duplo, sendo dois elementos que apresentam características semelhantes, foi possível comparar os elementos quanto a sua rigidez, evidenciando a influencia que a espessura provoca quando realizada a análise que o sismo provoca neste tipo de elementos. O aumento da espessura do painel proporciona uma troca de 78 elementos quanto a sua rigidez/flexibilidade, Figura 4.26 uma vez que passaram de 22 elementos rígidos identificados no caso do vidro simples para 100 elementos rígidos no caso do vidro duplo.

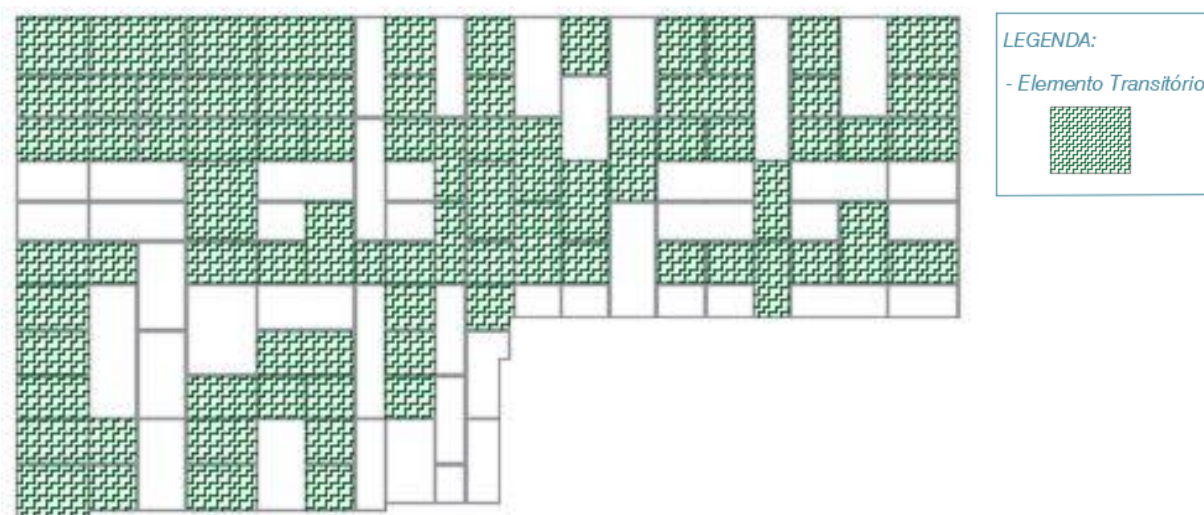


Figura 4.26 – Elementos flexíveis para rígidos

#### 4.4.2.3 Verificação das soluções envidraçadas

A análise das soluções envidraçadas da fachada virada a sul, de acordo com a Figura 4.27. A análise foi realizada tendo em conta as normas europeias 16612 e 16613, determinando a resistência de carga e as propriedades mecânicas do ponto de vista de segurança, respetivamente.

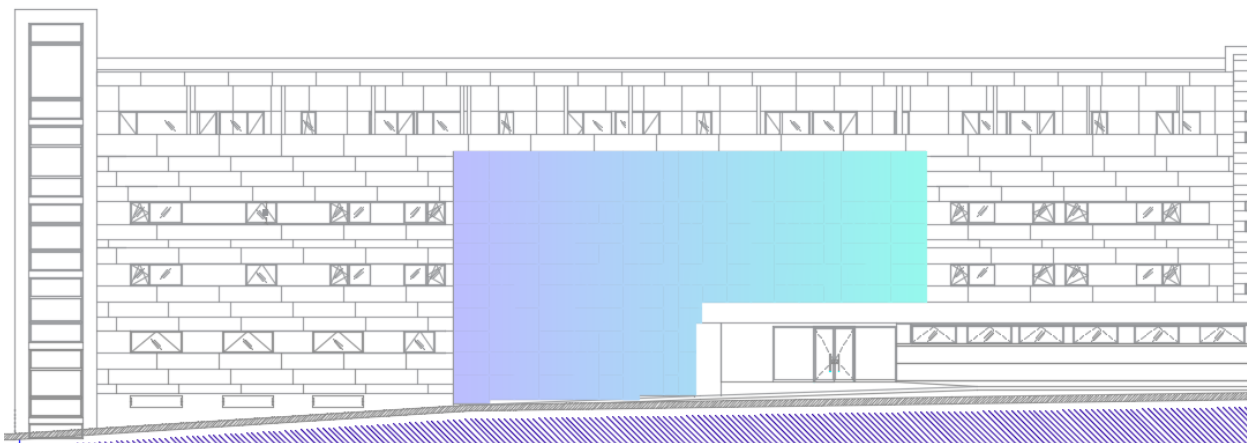


Figura 4.27 – Fachada envidraçada

A análise foi realizada a dois tipos de painéis de vidro, nomeadamente simples e duplo de acordo com a tabela:

Tabela 4.15 – Caracterização dos painéis de vidro

Tipo de painel	Espessura folha de vidro	Espessura material intermedio	Distância entre painéis
Simple	4+4 mm	0.76 mm	-
Duplo	8 e 4+4 mm	0.76 mm	18 mm

De acordo com o Anexo IV<sub>2</sub> a verificação das duas soluções envidraçadas quanto a sua espessura foi realizada tanto para o estado limite último como para o estado limite de deformação, comparando desse modo os dois tipos de painéis, (Camposinhos, 2004).

##### i. Verificação da solução do painel de vidro simples

O painel de vidro simples é constituído por duas folhas de vidro laminada de 4 mm cada uma. O vidro laminado é constituído por pelo menos duas chapas de vidro seladas por pressão e unidas por o auxílio de calor por uma película a base de polivinil-butiral (PVB), resultando deste modo a constituição de uma chapa laminada de duas folhas.

A resistência dos painéis retangulares envidraçados apoiados nos quatro bordos e sujeitos a cargas uniformemente distribuídas é determinada através do valor de cálculo da tensão máxima,  $\sigma_{max}$  :

Tabela 4.16 – Valores de cálculo para a tensão máxima

$t_k$	4.00 mm
$t_{m,k}$	2.38 mm
$w$	0.3 [adim]
$t_{ef,w}$	6.63 mm
$t_{ef;\sigma;j}$	7.33 mm
$w_k$	2.57 kPa
$p_d$	3.86 kPa

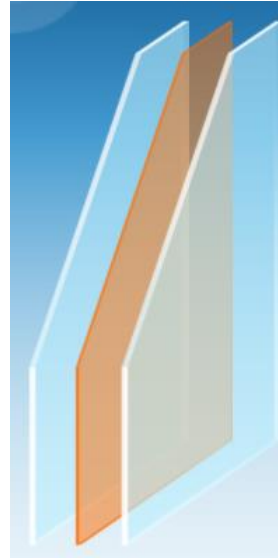


Figura 4.28 – Painel de vidro simples (Fonte: <http://pt.saint-gobain-glass.com>)

a onde,

$t_k$  – Espessura de cada folha de vidro;

$t_{m,k}$  – Distância entre o eixo das chapas de vidro a partir do eixo de todo envidraçado em si;

$w$  – Valor do coeficiente para a transferência de esforço de corte, variando entre 0 e 1;

$t_{ef,w}$  – Espessura efetiva;

$t_{ef;\sigma;j}$  – Espessura equivalente;

$w_k$  – Pressão característica do vento;

$p_d$  – Pressão do vento, sendo o resultado da pressão característica quando agravada pelo fator de combinação de ação ( $\gamma_F = 1.5$ ).

Para garantir a resistência do painel o valor de referencia,  $f_{g,d}$ , para um envidraçado com as características presente na Tabela 4.17, é determinado através do valor de calculo resistente do vidro

Tabela 4.17 – Valores para calculo a resistência do vidro

$f_{gk}$	45 N/mm <sup>2</sup>
$f_{bk}$	1.00
$k_{mod}$	1.00
$k_p$	1.00
$k_v$	1.00
$\gamma_{Ma}$	1.80
$\gamma_{Mv}$	1.20
$f_{g,d}$	45.83 MPa

a onde,

$f_{gk}$  – Valor característico da resistência a flexão;

$f_{bk}$  – Valor característico da tensão de resistência a flexão do vidro pré-esforçado;

$k_{mod}$  – Fator que depende da duração da carga;

$k_p$  – Fator que depende das condições de acabamento do vidro;

$k_v$  – Fator de reforço em função da posição das chapas quando aplicado o pré-esforço;

$\gamma_{Ma}$  – Coeficiente parcial de segurança para o vidro recozido;

$\gamma_{Mv}$  – Coeficiente parcial de segurança para o vidro com superfícies pré-esforçadas;

- em termos das tensões para o estado limite ultimo:

$$\sigma_{max} \leq f_{g,d} \quad (4.14)$$

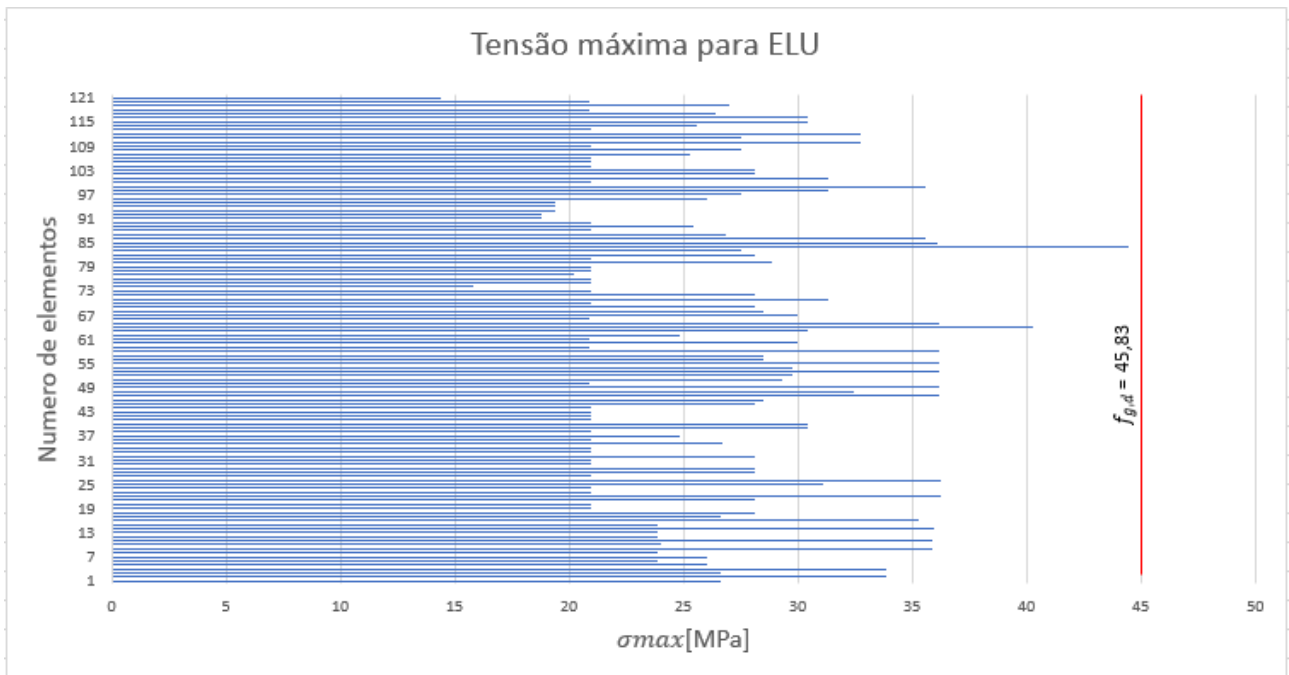


Gráfico 4-16 – Tensão máxima

O Gráfico 4.16, apresenta a tensão máximo,  $\sigma_{max}$ , de cada painel de vidro simples de modo a ser comparado com o valor de calculo resistente do vidro,  $f_{g,d}$ .

- i. em termos das flechas máximas,  $w_{max}$ , para o estado limite de deformação

$$w_{max} \leq w_d \tag{4.15}$$

O controlo da deformação de vidro para a verificação da flecha máxima é realizado consoante a espessura da lâmina,  $t$ , Tabela 4.18, no sentido de assegurar a condição limite para a menor dimensão do painel retangular.

Tabela 4.18 –  
Características do vidro  
simples

$w_k$	2.57 kPa
$t$	6.63 mm
$E$	45.00 GPa

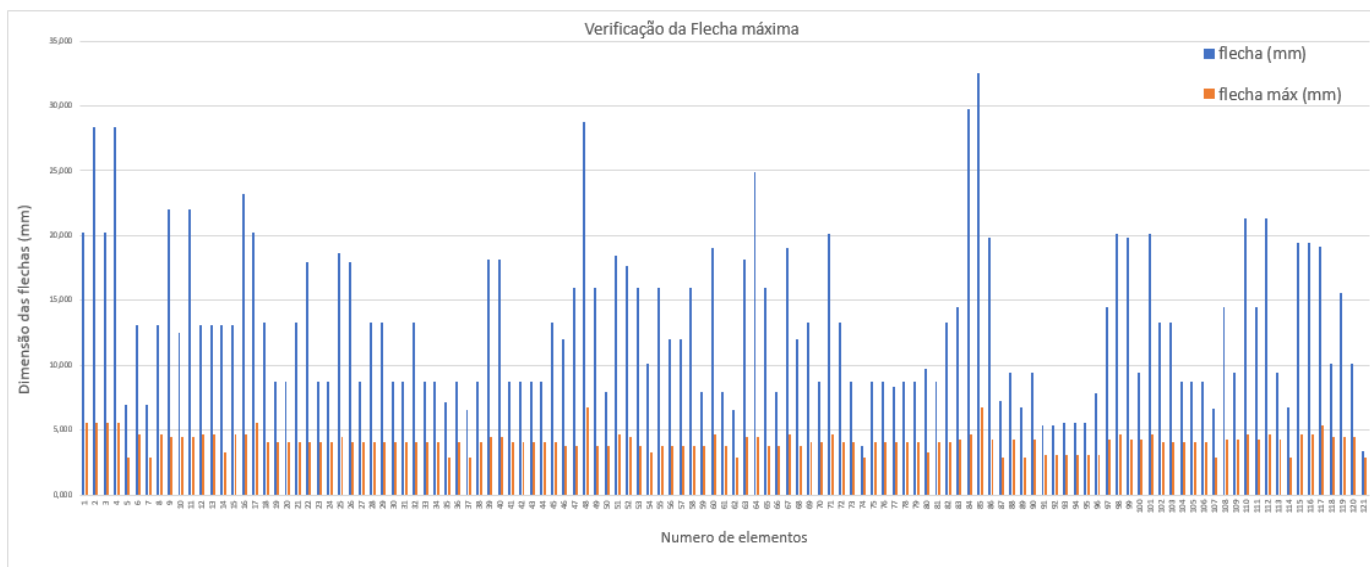


Gráfico 4-17 – Verificação da flecha máxima

O Gráfico 4.17 expõem a análise realizada a flecha máxima para todos os painéis de vidro simples. Para a comparação dos valores da flecha máxima foram utilizados os painéis de diferentes medidas, tendo em comum a espessura efetiva de 6,63 mm. Assim foi possível a comparação destes valores com os valores obtidos para a flecha máxima de cada um dos painéis, para o estado limite de deformação.

Tabela 4.19 – Espessura efetiva de vidro laminado

Espessura do painel (mm)	Espessura efetiva	
	$t_{ef,w}$	$t_{ef;\sigma;j}$
3+0.76+3	5.07	5.62
4+0.76+4	6.63	7.32
5+0.76+5	8.19	9.03
6+0.76+6	9.75	10.74
8+0.76+8	12.86	14.15
10+0.76+10	15.98	17.57

De acordo com a Tabela 4.19 a flecha máxima é assegurada consoante a espessura efetiva do vidro, sendo que foram analisadas diferentes espessuras com o objetivo de garantir o cumprimento da flecha máxima para a totalidade dos elementos.

Assim, consoante a espessura efetiva do vidro, se conseguiu gradualmente assegurar a flecha máxima para todos os elementos, conforme apresentado na Tabela 4.20. A relação da espessura efetiva e o número de elementos que tem a flecha assegurada, está exposta no Gráfico 4.18, conseguindo assim expor a importância que o aumento da espessura traduz em função do estado limite de deformação.

Tabela 4.20 – Número de elementos à assegurar a flecha máxima

Espessura efetiva	Flecha máxima: $w_{max} \leq w_d$
4+4+0.76	0
5+5+0.76	4
6+6+0.76	52
8+8+0.76	113
10+10+0.76	121

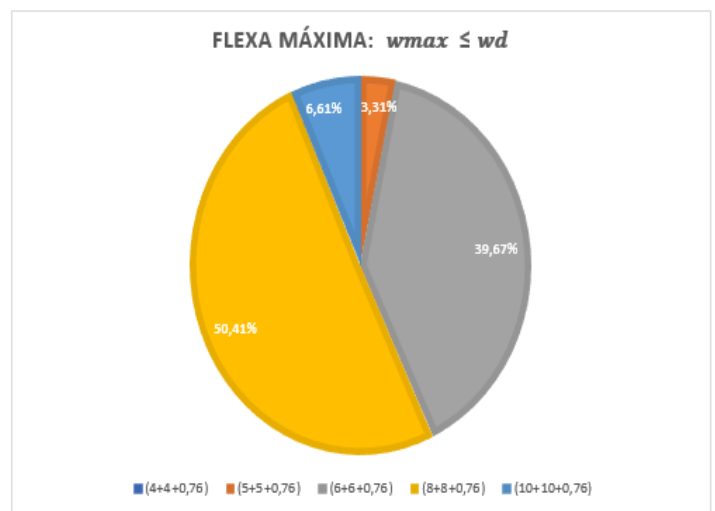


Gráfico 4-18 – Flecha máxima

De acordo com a Tabela 4.20 para assegurar a totalidade da flecha da fachada de vidro seria necessário utilizar um painel de vidro simples com 10+10+0.76 (mm) de espessura efetiva.

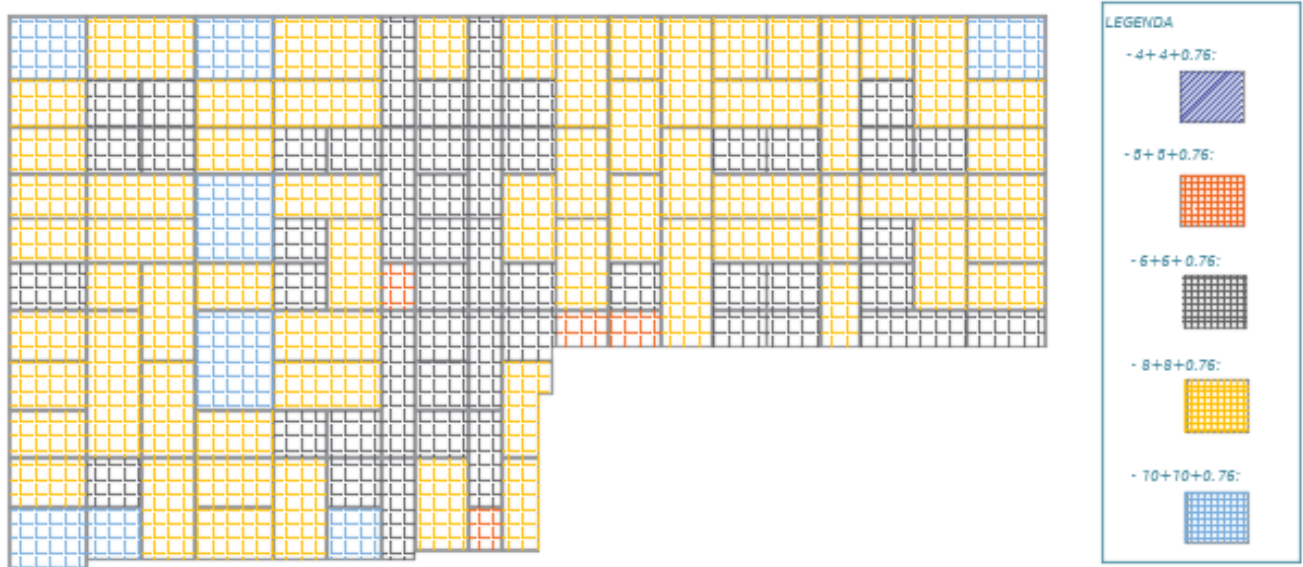
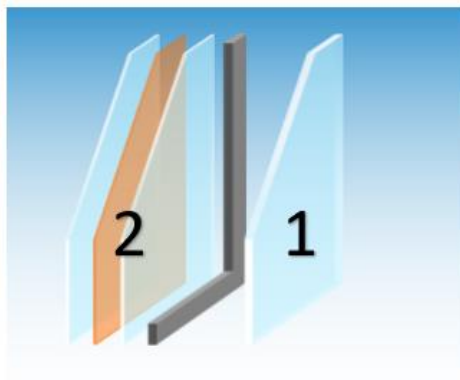


Figura 4.29 – Verificação da flecha consoante a espessura do painel de vidro

A figura realça a quantidade de elementos que cumprem a flecha máxima consoante a espessura efetiva do elemento.

ii. Verificação da solução do painel de vidro duplo

A escolha do painel de vidro duplo, Figura 4.30, de chapa monolítica (1) e de chapas laminadas (2) teve como base dois objetivos fundamentais, nomeadamente, o elevado índice de isolamento sonoro das chapas laminadas aos ruídos aéreos quando comparado com as chapas monolíticas, sendo que a situação assim o exige visto tratar-se de um hospital. O segundo objetivo é meramente estético, uma vez que se trata de vidro monolítico sendo ainda um vidro fumado, garantindo desse modo a segurança na escolha do vidro duplo.



Legenda:

- 1 – Chapa monolítica
- 2 – Chapas laminadas

Figura 4.30 – Painel de vidro duplo (Fonte: <http://pt.saint-gobain-glass.com>)

Tendo em conta que foi realizado o estudo para o estado limite último de utilização e o estado limite último de deformação para o painel de vidro simples, não se achou necessária a análise para o painel duplo uma vez que as verificações são efetuadas por chapa de vidro e não por conjunto do painel. Dessa maneira o comportamento das chapas do painel vai se comportar do mesmo modo independentemente do formato de todo o seu conjunto.

O que realmente importa estudar é a distribuição da ação do vento em cada uma das chapas do painel sendo que é de esperar maior intensidade na chapa exterior do painel, ou seja, na chapa monolítica.

- i. Determinação da intensidade do vento para cada um dos painéis de vidro, segundo o Anexo IV

Apesar de as chapas de vidro trabalharem como um conjunto de modo a minimizar os efeitos que sobre o mesmo incidem, há que realçar a maneira como cada uma participa na atenuação desses efeitos. Desse modo é necessário utilizar as espessuras reais das chapas de vidros, para não majorar a carga atuante numa das chapas em determinação da outra.

No caso do vidro duplo é necessária a determinação da distribuição das ações externas para cada um dos painéis.

Tabela 4.21 –  
Características do vidro  
duplo

$t_{ef,w} (1)$	8.00 mm
$t_{ef,w} (2)$	6.63 mm
$t_{ef;\sigma;j} (1)$	8.00 mm
$t_{ef;\sigma;j} (2)$	7.33 mm
$\delta_1$	0.57
$\delta_2$	0.43

a onde,

$t_{ef,w} (1), (2)$  – Espessura efetiva da chapa monolítica e laminada, respetivamente;

$t_{ef;\sigma;j} (1), (2)$  – Espessura equivalente da chapa monolítica e laminada, respetivamente;

$\delta_1, \delta_2$  – Fator de participação da chapa monolítica e laminada, respetivamente.

De modo a identificar a distribuição externa e interna das ações, é necessário ter em atenção aspetos como, a localização e altura da aplicação,  $H$ , das chapas de vidro, tal como a localização e altura, da sua produção  $H_P$ .

Tabela 4.22 – Características das zonas

$H - Viseu$	475.00 m
$H_P - Porto$	83.00 m
$P_{H;0}$	4.70 kPa
$T_C$	-4.00 °C
$T_P$	29.00 °C
$p_a$	1017.00 kPa
$p_P$	1019.00 kPa
$P_{C;0}$	-9.22 kPa
$P_0$	-4.52 kPa

a onde,

$P_{H;0}$  – Pressão isocórica determinada tendo em conta a diferença de altitude;

$P_{C;0}$  – Pressão isocórica determinada tendo em conta a diferença de temperatura e pressão do ar;

$P_0$  – Pressão isocórica geral;

Para a totalidade dos elementos foi analisada a distribuição da ação que o vento exerce para cada vidro evidenciando o modo como se comporta o vidro no seu conjunto.

O Gráfico 4.19 apresenta a distribuição da ação do vento para cada um dos vidros, em separado, que compõem painel de vidro duplo.

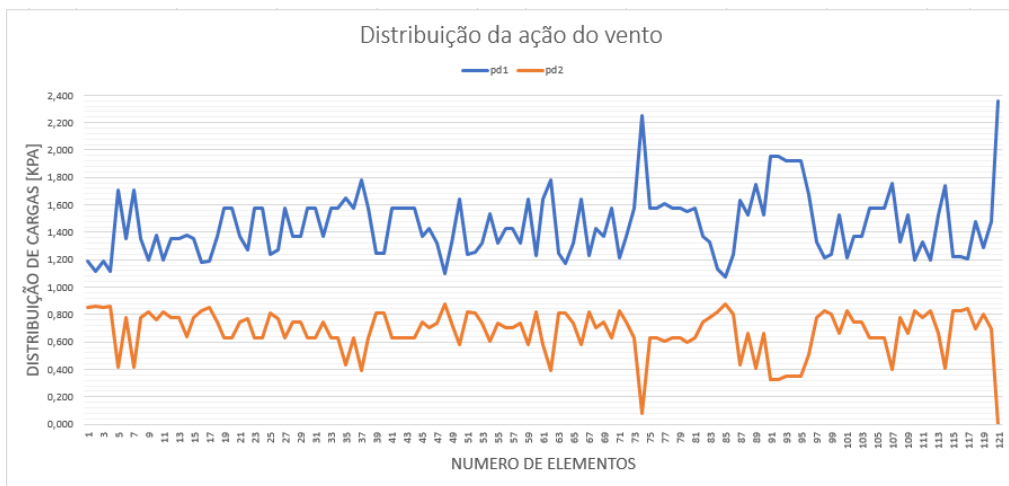


Gráfico 4-19 – Distribuição da ação do vento

É de realçar também que a soma dos valores de distribuição de carga é aproximadamente igual a soma dos coeficientes de pressão do vento que sobre os painéis atuam, diferenciando em média 0.163 kPa, o que resulta num erro de aproximação de 7,1%. Foi realizado uma análise para os primeiros 20 painéis, de modo a confirmar o que anteriormente foi referenciado, Gráfico 4.20. Identifica-se assim que o somatório das intensidades que o vento faz atuar nas zonas de maior sucção e pressão do edifício, respetivamente zona A e D,  $c_{pe,[A]}$  e  $c_{pe,[D]}$ , é praticamente igual ao somatório das cargas distribuídas interna e externamente,  $P_{d1}$  e  $P_{d2}$ .

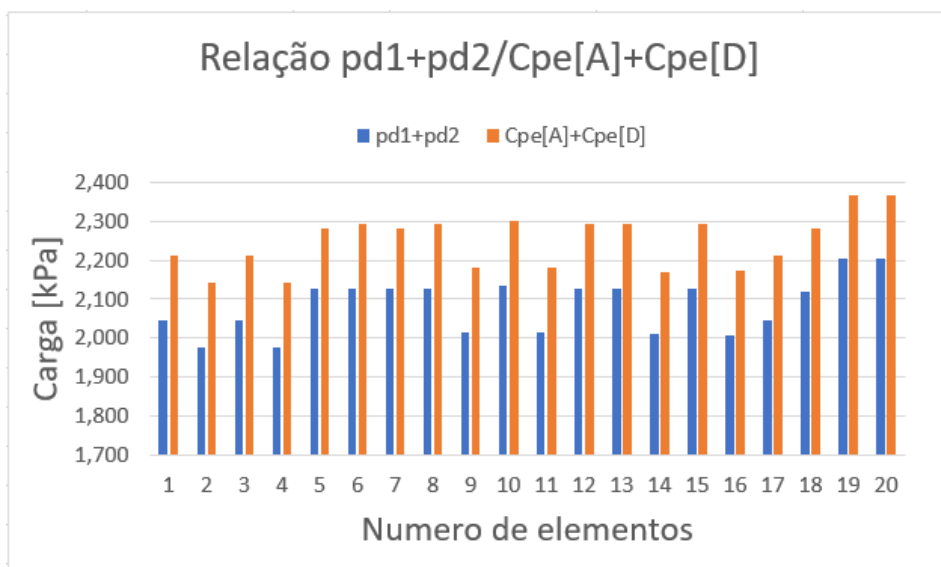


Gráfico 4-20 – Valor da carga do vento/ pressão exercida sobre o vidro

## CAPÍTULO 5

### ENSAIOS REALIZADOS

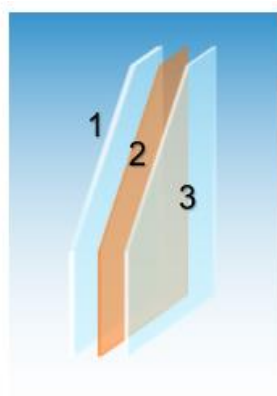
O presente capítulo destina-se a comparar os resultados dos ensaios realizados em obra durante o estágio, com os obtidos nos estudos realizados para os envidraçados da Casa de Saúde São Mateus.

Em colaboração com a empresa responsável para a preparação e montagem dos painéis envidraçados em obra, Gonferrolo, foi possível aceder aos resultados dos ensaios realizados. Os ensaios durante a sua fase do planeamento foram realizados para a escolher a melhor solução a aplicar em obra.

Apresentam-se de seguida os ensaios realizados em obra, os resultados bem como a comparação dos resultados com os obtidos durante a realização dos estudos realizados com vista aos envidraçados.

#### i. Introdução

O principal objetivo dos ensaios realizados aos painéis envidraçados foi para reduzir os custos do revestimento da fachada principal da Casa de Saúde São Mateus. Tendo sempre em atenção a segurança das pessoas e do edifício, foram analisados diversos vidros simples, Figura 5.1, com diferentes medidas de modo a tentar não recorrer a aplicação de vidros duplos Figura 5.2, conseguindo assim não aumentar os custos.



1 – Primeiro vidro, exterior;

2 – Polivinil butiral (PVB);

3 – Segundo vidro, interior.

Figura 5.1 – Constituição de um vidro simples laminado Fonte:

<http://pt.saint-gobain-glass.com/>

ii. Ensaios realizados em obra

Os ensaios permitiram determinar as características dos materiais a implementar na fachada da envidraçada da Casa de Saúde São Mateus. Estes foram de encontro a determinação, entre outros, de fatores de segurança dos painéis envidraçados, como:

- Ensaio realizado a resistência por vibração;
- Ensaio realizado a resistência ao impacto;
- Ensaio realizado a encurvadura.

Foi possível identificar assim o desempenho de cada vidro com o objetivo de aprovar o material a ser colocado em obra, caso cumpra todas as medidas de segurança.

iii. Realização dos ensaios pela empresa Gonferrolo.

A empresa responsável, Gonferrolo, analisou uma quantidade razoável de vidros simples, motivos pela qual me foram disponibilizadas em conformidade com o Anexo V, as fichas técnicas de três vidros simples, com diferentes medidas e consoante diferentes comportamentos.

Após a análise das características e condições resultantes dos ensaios realizados, a empresa apresentou motivos suficiente para que se descarta a utilização de vidro simples, optando pela segurança do edifício e das pessoas. Segundo os técnicos responsáveis os testes realizados demonstravam não só incapacidade de resposta a ações externas, como também grande instabilidade na montagem devido a sua espessura.

Em conjunto com o diretor de obra e com arquiteto responsável a empresa Gonferrolo propôs a utilização de vidros duplos, Figura 5.2, em toda a fachada envidraçada cumprindo a segurança tanto a longo prazo como durante a sua montagem em obra.

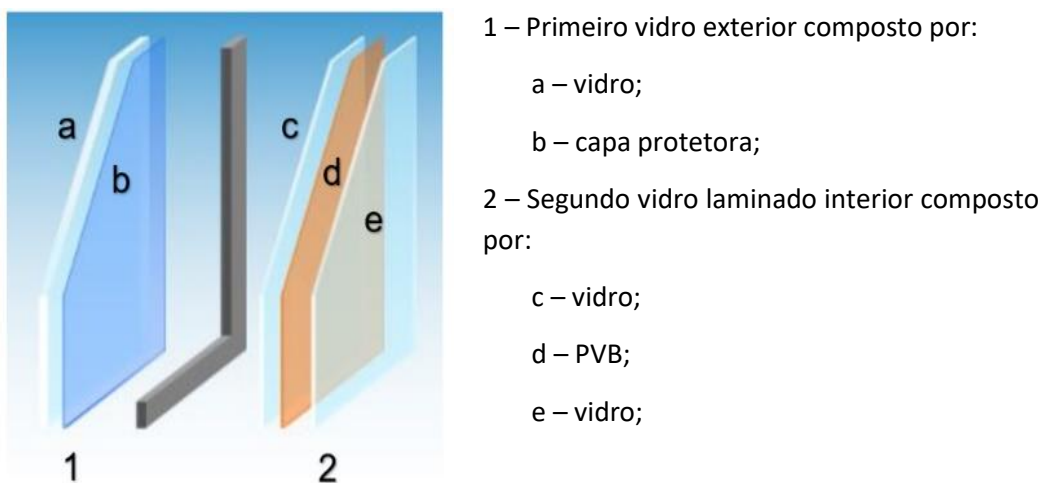


Figura 5.2 – Constituição de um vidro simples duplo (Fonte: <http://pt.saint-gobain-glass.com/>)

## iv. Comparação dos valores

Tal como anteriormente referido tive acesso a três fichas técnicas de vidros simples com especificações e características que me permitiram conseguir comparar esses valores com os valores obtidos nos estudos realizados durante o estágio relacionado com o vidro simples. De seguida foram expostos, Tabela 5.1, os valores da empresa e os obtidos por mim de modo a conseguir compará-lo quando sujeitos a vibração, impacto e encurvadura.

Tabela 5.1 – Comparação dos valores

Dimensões do painel envidraçado	Estudos realizados	Valor do ensaio realizado pela empresa	Valor obtido pelo cálculo	Percentagem de erro
2,19 x 1,70 m	Resistência a vibração	1,22 $kN/m^2$	1,13 $kN/m^2$	93 %
	Resistência ao impacto	40,50 $MPa$	36,12 $MPa$	89 %
	Resistência a encurvadura	27,40 $mm$	32,56 $mm$	84 %
0,93 x 0,71 m	Resistência a vibração	0,70 $kN/m^2$	0,41 $kN/m^2$	59 %
	Resistência ao impacto	24,60 $MPa$	14,40 $MPa$	59 %
	Resistência a encurvadura	4,78 $mm$	3,42 $mm$	72 %
1,07 x 2,36 m	Resistência a vibração	1,31 $kN/m^2$	1,15 $kN/m^2$	88 %
	Resistência ao impacto	42,27 $MPa$	35,85 $MPa$	85 %
	Resistência a encurvadura	15,82 $mm$	19,82 $mm$	80 %

## *CAPÍTULO 5*

A Tabela 5.1 apresenta os resultados dos ensaios obtidos pela empresa, Gonferrolo, conforme presente no Anexo V, bem como os resultados obtidos pelo cálculo.

É ainda apresentado a relação dos valores obtidos pelos dois métodos de modo a confrontar os possíveis erros pela aplicação de qualquer um dos métodos.

Os valores obtidos pelo cálculo demonstram que a mudança de um vidro simples para um vidro duplo para a fachada principal da Casa de Saúde São Mateus foi a mais adequada.

Uma vez que, em termos de custos um vidro duplo é necessariamente mais dispendioso, neste caso, teve-se uma maior preocupação da segurança tanto do edifício como das pessoas.

## CAPÍTULO 6

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

#### 6.1 CONCLUSÕES

O presente relatório apresenta o desenvolvimento do trabalho durante o estágio realizado ao longo deste semestre no âmbito da cadeira de DIPRE, podendo ser dividido em dois grupos essenciais. O acompanhamento da obra da remodelação e ampliação da Casa de Saúde São Mateus bem como o estudo do edifício e dos materiais que revestem as suas fachadas quando sujeitas a ações externas. Este capítulo apresenta as conclusões do estudo desenvolvido e do trabalho realizado.

Durante o estágio desenvolvido na empresa Embeiral – Engenharia e Construções SA foram realizadas várias tarefas no âmbito de direção de obra. As principais tarefas a destacar foram a realização de planos de medição, orçamentação e gestão de recurso como planeamento e controlo do desenvolvimento da obra. A elaboração de folhas de cálculo automáticas de controlo de custos do material e equipamentos em obra foi um dos trabalhos com maior ênfase de acordo com o diretor de obra, uma vez que durante o dia-a-dia em obra as folhas são constantemente utilizadas de modo a manter um controlo dos custos da obra.

O estudo desenvolvido durante o período de estágio foi ao encontro da determinação das ações do sismo e ventos sobre o edifício, mais precisamente a ação do vento a atuar sobre o edifício na sua totalidade e a ação do sismo a atuar sobre o revestimento da fachada da Casa de Saúde São Mateus.

Tal como anteriormente referido é possível ainda destacar as conclusões dos estudos desenvolvidas com vista as ações do vento e sismo, que atuam sobre o edifício da Casa de Saúde São Mateus, mais precisamente:

i. Ação do vento sobre o edifício

Como a ação que o vento provoca no edifício foi analisada em duas direções, paralela e perpendicular, respetivamente, permitiu assim concluir que independentemente da direção adotada a pressão que o vento exerce é praticamente igual em termos dos valores obtidos para cada zona.

Pode ainda concluir-se que apesar de o valor da pressão que o vento exerce ser independente da direção com que este atua, a zona do edifício que sofre essa pressão muda, em função da direção do vento. Ou seja, a pressão tem de ser analisada em função das zonas de atuação no edifício e não consoante a direção do vento.

Independentemente do tipo de revestimento que constitui a fachada a ação do vento será considerada de maneira idêntica, sendo que a sua intensidade difere consoante as características que o edifício apresenta. Conclui-se também que a ação do vento revelou-se ser independente da altura a que os elementos se encontravam, tendo em conta que intensidades idênticas aconteciam tanto ao nível do piso térreo como ao nível do 3º piso.

É de realçar que tal como esperado identifica-se uma maior intensidade na medida em que a área do elemento diminui, sendo que elementos com grandes áreas estão relacionados a níveis de intensidade baixos.

No âmbito ainda da análise da área do elemento, realizada para 20 elementos, para uma melhor perceção dos resultados, conclui-se que a pressão característica exercida pelo vento varia de forma idêntica para as diferentes zonas em análise, nomeadamente A, B e D, visto que a pressão nas zonas C e E é constante independentemente da área do elemento. Ou seja, quando a área do elemento diminui aumenta a pressão que o vento exerce sobre o mesmo.

Do estudo realizado a pressão exercida pelo vento para os elementos que constituem a fachada da Casa de Saúde São Mateus foi possível desenvolver equações características para cada zona de atuação do vento. Segundo as equações desenvolvidas é possível determinar a pressão do vento para qualquer elemento, conhecendo apenas as suas dimensões e a zona em que o vento atua. Conclui-se também que recorrendo a equação polinomial de 2º grau os resultados serão obtidos com maior precisão em comparação quando determinados pela equação linear, uma vez que a equação polinomial de 2º grau apresenta um coeficiente de determinação superior.

Perante a análise realizada aos dois edifícios, antigo e novo, e apesar da ampliação realizada as relações entre altura, comprimento e largura mantem-se, significa que a pressão exercida pelo vento nas suas superfícies também se mantem. Pode assim se concluir que independentemente do material que reveste o edifício, o vento atua com a mesma pressão, não havendo necessidade de preocupação no momento da escolha do revestimento para as fachadas do edifício.

## ii. Ação do sismo

### ○ Ação do sismo sobre o fenólico

Pode definir-se que o elemento é rígido ou flexível consoante a relação que as suas dimensões apresentam ou seja, um elemento é flexível quando a diferença entre a largura e comprimento é considerada grande para garantir a rigidez do elemento, mais precisamente superior a 0.650. Conclui-se que resultam assim aproximadamente o dobro de elementos rígidos em relação aos flexíveis.

A conclusão que resulta pela análise dos elementos rígidos é que a força do sismo aumenta a medida que o centro da gravidade do elemento se encontra mais próximo do rés-do-chão. Ou seja, a variação da força característica do sismo depende da altura a que o elemento em estudo se encontra

Ao contrário do que acontece com os elementos flexíveis, a variação da força característica para os elementos considerados rígidos não é uniforme, ou seja, não podem ser analisados consoante a altura a que se encontram. Mas apesar da não uniformidade que a força do sismo atua sobre os elementos, a maior intensidade do sismo situa-se num elemento mais próximo do rés-do-chão.

### ○ Ação do sismo sobre o painel de vidro simples

A análise foi realizada a um grande número de elemento flexíveis, de modo que a ação que o sismo incide sobre as placas não é regular, tal como se verificou na análise aos elementos rígidos para fenólico. Da análise realizada pode ser concluído que a ação que o sismo provoca é tanto mais gravoso quanto maior são as dimensões dos painéis.

A conclusão que resulta da análise dos painéis rígidos não difere da anterior, dos painéis flexíveis, visto que a ação sísmica continua a não ser regular. Assim, mais uma vez conclui-se que, a força que o sismo exerce é menos gravosa para elemento de dimensões baixas.

### ○ Ação do sismo sobre o painel de vidro duplo

Tal como para os painéis de vidro simples da análise realizada conclui-se que a ação que o sismo incide sobre as placas não é regular, mas que a força do sismo aumenta à medida que atua sobre os elementos mais próximo do piso térreo. Ao contrário do que acontece com os painéis de vidro simples a verificação do sismo é avaliada para um maior número de elementos rígidos quando comparados aos elementos flexíveis.

Pode ser afirmar, uma vez que a espessura do painel de vidro duplo é bastante superior ao do painel simples, que quanto maior a espessura que o painel apresenta menos serão os elementos flexíveis analisados perante a força característica do sismo.

Assim, analisando os valores obtidos dos três painéis com as suas características distintas pode se concluir que independentemente das características que o elemento apresenta (elemento rígido/flexível), quanto maior a espessura do painel, maior será a intensidade da força do sismo.

Tendo a mesma espessura o painel de fenólico e o vidro simples é visível que a força com que o sismo incide sobre o mesmo, pode ser afirmar que é quase o dobro.

iii. Soluções envidraçadas

o Vidro simples

Segundo o estudo realizado para o estado limite último pode ser concluir que a tensão máxima exercida sobre o painel está assegurada visto ser em todos os painéis inferiores ao valor de cálculo resistente do vidro.

Quando analisadas as flechas máximas cheguei a conclusão que não existe nenhum painel capaz de assegurar a essa flecha, razão pela qual procurou-se uma solução viável para o vidro simples adaptando-se diferentes espessuras para os painéis de modo a garantir a flecha para todos os elementos da fachada de vidro. Deste modo com o aumento da espessura aumentam os valores que asseguram o cumprimento da flecha, tal como esperado.

o Vidro duplo

Uma vez que pela análise do vidro simples se concluiu que quanto mais a espessura do vidro maior a probabilidade em assegurar a flecha máxima, não se acho interessante a sua análise.

Conclui-se que apresentaria maior interesse a análise da distribuição da ação do vento em cada um dos vidros que compõem o vidro duplo.

Pela análise dos painéis envidraçados de vidro duplo conclui-se que quanto maior for a intensidade do vento numa placa menor será na outra, sendo que o vento apenas é distribuído pelas duas placas do vidro, interior e exterior.

iv. Ensaios realizado

O ensaio realizado permitiu concluir que a utilização de painéis de vidro simples não são os mais adequados para a fachada envidraçada, optando-se assim pela utilização de painéis de vidros duplos.

Uma vez que os valores obtidos pelo cálculo aproximam-se dos valores obtidos nos ensaios realizados pela empresa, Gonferrolo, reforçando a ideia da exclusão da utilização de painéis de vidros simples na fachada.

## **6.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS**

Após concluído o estágio fica, ainda, para além de tudo que foi referido, a percepção de que existem questões relacionadas com o trabalho desenvolvido que podem ser exploradas futuramente:

- Estudo da ação do sismo para todas as fachadas do edifício;
- Estudo da turbulência provocada pelo sismo ao edifício;
- Adaptação das medidas das soluções envidraçadas na obra;
- Adaptação de posturas mais firmes na fiscalização das empreitadas;



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

***A fact based drive for lasting impact: Sustainability position paper.*** Catálogo Trespá Meteon, versão 2.0 (Novembro de 2012). – Trespá.com- Dossier técnico, 2012.

CAMPOSINHOS, Rui de Sousa – **Revestimento em Pedra Natural com fixação mecânica.** 1ª Edição. Lisboa, 2009, Edições Sílabo. ISBN: 978-972-618-561-1;

CAMPOSINHOS, Rui de Sousa – **Tecnologias das fachadas** [Apontamentos de aula]. Porto: ISEP, 2016.;

CAMPOSINHOS, Rui de Sousa – **Fachadas: Cortinas pressurizáveis** [apontamentos de aula]. Porto: ISEP, 15 de Novembro.;

CASTILHO, Liliana – **A cidade de Viseu nos Séculos XVII e XVIII: Arquitetura e Urbanismo.** Tese de Doutoramento em História da Arte, Volume I. Faculdade de Letras da Universidade do Porto, 2012.;

CHAVES, Carlos Manuel da Costa – **Remodelação e ampliação da Casa de Saúde S. Mateus.** Memória descritiva e justificativa do projeto de arquitetura (projeto de licenciamento). Viseu, Abril 2014.;

**Criação de valor: Através da inovação, experiencia e fiabilidade.** Catálogo Trespá Meteon – Trespá.com- Dossier técnico.

DECRETO – LEI nº 102/2009 D.R. 1 SÉRIE 176 (10/09/2009) 6167-6188;

DECRETO – LEI nº 273/2003 D.R. 1 SÉRIE A. 251 (29/10/2003) 7199-7211;

DUTRA, Miguel Resende – **Caracterização de Revestimentos em Fachadas Ventiladas.** Análise do Comportamento. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil: Março 2010.;

**Fachadas: Beleza Intemporal.** Catálogo Trespá Meteon, versão 6.1 (Fevereiro 2017). – Trespá.com- Dossier técnico, 2017.

**Fachadas de casas e edifícios envidraçados conheça todas elas** [site: Setor Vidreiro]. [Consult. 27 de Junho de 2017]. Disponível em <<http://www.setorvidreiro.com.br/oqueprocura/574/fachada+de+casas+e+edificios+envidracados+conheca+todas+elas>>.;

FIGUEIRA, Cátia Sofia Lopes – **Reconversão para Hostel de um Edifício no centro histórico de Viseu**. Relatório do Trabalho de Projeto de Mestrado Integrado em Arquitetura. Universidade Católica Portuguesa – Centro Regional das Beiras, Viseu: Outubro 2015.

FREITAS, Vasco Peixoto. GONÇALVES, Pedro Filipe. – **Isolamento térmico de fachadas pelo exterior: Reboco delgado armado sobre poliestireno expandido, ETICS** [Apontamentos de aula]. Porto: FEUP, 21 de Outubro de 2005.

**Geode: A fachada cortina criativa**. Catálogo Technal, 1º trimestre (2014). – [technal.pt](http://technal.pt)- Dossier técnico, 2014.

GOMES, Carlos Manuel Amaral – **Remodelação e Ampliação da Casa de Saúde São Mateus**. Relatório de Estágio Formal para admissão a Ordem dos Engenheiros: Novembro 2016.

LADEIRA, Fernando L. – Relatório Geotécnico para a ampliação da Casa de Saúde São Mateus em Viseu. Oiã: 16 de Maio de 2014.

MASCARENHAS, Jorge – **Sistemas de Construção I**. 8ª Edição. Lisboa, 2011, Edição Livros Horizonte. ISBN: 978-972-24-1707-5.

MASCARENHAS, Jorge – **Sistemas de Construção II**. 6ª Edição. Lisboa, 2010, Edição Livros Horizonte. ISBN: 978-972-24-1221-6.

MASCARENHAS, Jorge – **Sistemas de Construção III**. 5ª Edição. Lisboa, 2010, Edição Livros Horizonte. ISBN: 978-972-24-1259-9.

MASCARENHAS, Jorge – **Sistemas de Construção IV**. 4ª Edição. Lisboa, 2008, Edição Livros Horizonte. ISBN: 978-972-24-1592-7.

MASCARENHAS, Jorge – **Sistemas de Construção VI**. 3ª Edição. Lisboa, 2012, Edição Livros Horizonte. ISBN: 978-972-24-1707-5.

MENDES, Andreia. – **Planos de Segurança e Saúde: Empreitada-Ampliação e Alteração do Edifício da Casa de Saúde S. Mateus**. Viseu: Embeiral engenharia a construção, 30 de Julho de 2017.

MENDES, Francisco Melo Vaz Pinto - **Durabilidade das Fachadas Ventiladas: Aplicação da Norma ISO 15686-1**. Faculdade de Engenharia Universidade do Porto. Relatório de Projeto submetido para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em Engenharia Civil – Especialização em Construções: Fevereiro 2009.

NP EN 1991-1-4. 2010. – **Eurocódigo 1: Ações em estruturas**, Parte 1-4: Ações gerais – Ações do Vento. Lisboa: IPQ, Março de 2010.

NP EN 1998-1. 2009. – **Eurocódigo 8: Projeto de estruturas para resistência aos sismos**, Parte 1: Regras gerais, ações sísmicas e regras para edifícios. Lisboa: IPQ, Setembro de 2007.

PR EN 16612. – Glass in building: Determination of the load resistance of glass panes by calculation and testing (in preparation).

PR EN 16613. – Glass in building: Laminated glass and laminated safety glass – Determination of interlayer mechanical properties.

Revista **Fachada ventilada**. Nº 2 (Out. 2006) - Construlink.com - Dossier técnico-económico, 2006.

SOUSA, Fernando Manuel Fernandes – **Fachadas Ventiladas em Edifícios**. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2010.



## **ANEXOS**

1. ANEXO I – ORGANIGRAMA DA EMPRESA EMBEIRAL – ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO, S.A
2. ANEXO II – MÉTODO DE CÁLCULO DA AÇÃO DO VENTO
3. ANEXO III – MÉTODO DE CÁLCULO DA AÇÃO DO SISMO
4. ANEXO IV – MÉTODO DE CÁLCULO DOS VIDROS
5. ANEXO V – RESULTADOS DOS ENSAIOS REALIZADOS PELA EMPRESA GONFERROLO

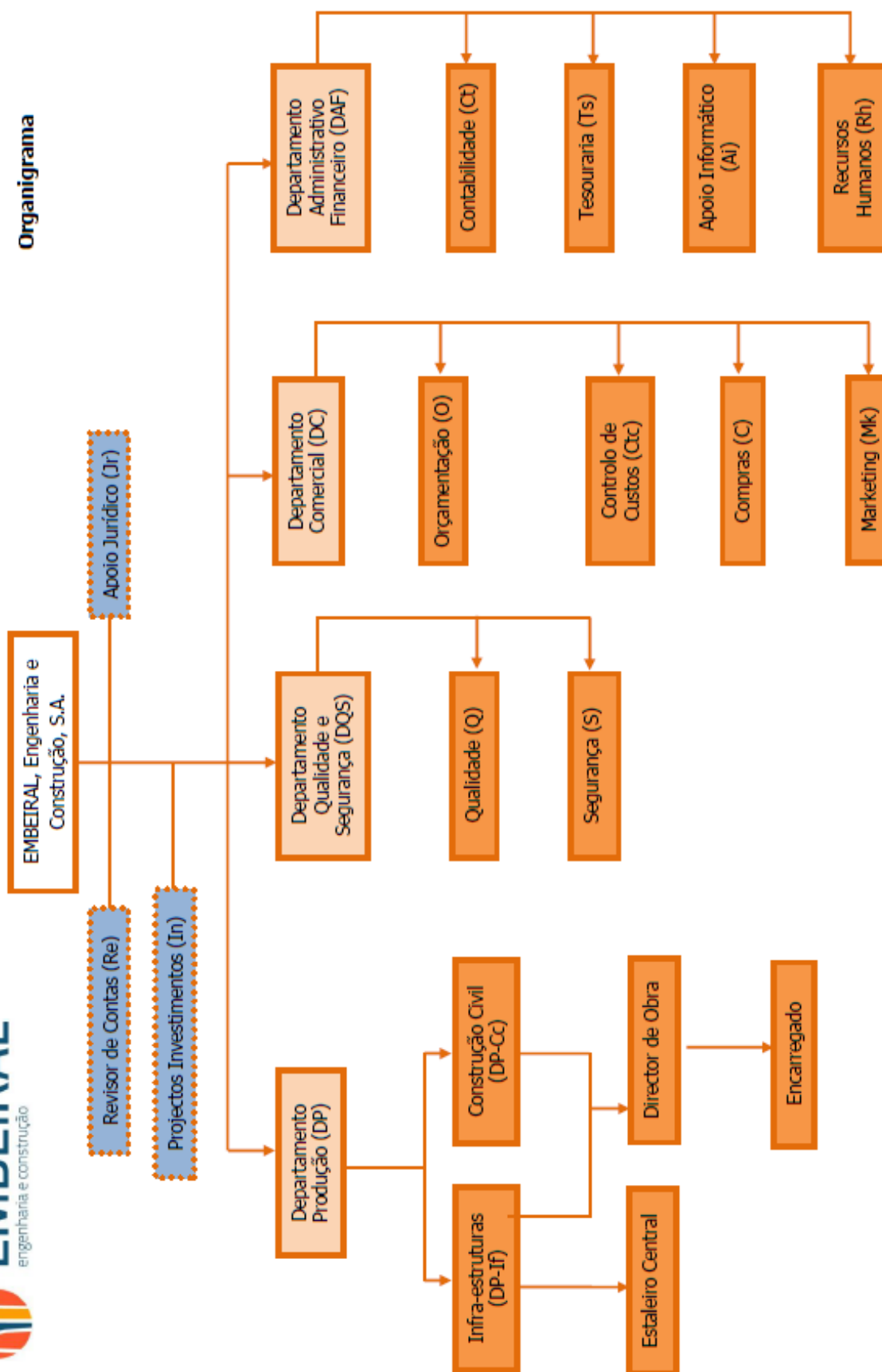


ANEXO I – ORGANIGRAMA DA EMPRESA EMBEIRAL –  
ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO, S.A





**Organigrama**





## ANEXO II – MÉTODO DE CÁLCULO DA AÇÃO DO VENTO



- Escolha do zonamento

Para a quantificação da probabilidade de excedência anual o valor básico da velocidade de referencia do vento,  $v_{b,0}$ , é determinado consoante a zona do país:

Tabela II.1 – Velocidade de referencia

Zona	$v_{b,0}$ (m/s)
A: todo o território exceto zonas pertencentes a B	27
B: zona das Ilhas, “altitudes superiores a 600m” ou “situadas numa zona costeira com 5km de largura” (E.C1)	30

- Determinação da velocidade média

A velocidade média do vento,  $v_m(z)$ , depende da altura a que o edifício se encontra, sendo determinado através da expressão de acordo com o E.C1, Q1.1:

$$v_m(z) = c_r(z) * c_0(z) * v_b \quad (II.1)$$

onde:

$c_r(z)$  – Coeficiente de rugosidade;

$c_0(z)$  – Coeficiente de orografia, que no presente caso é considerado igual a 1.0, visto que o declive medio de terreno  $\theta \leq 5^\circ$ ;

$v_b$  – Valor de referencia da velocidade do vento,  $v_{b,0}$ .

- Determinação do coeficiente de rugosidade

O coeficiente de rugosidade,  $c_r(z)$ , solicitado na expressão II.1, varia consoante o local do edifício, tendo em conta a rugosidade do terreno e da altura do mesmo acima do solo.

$$c_r(z) = k_r * \ln(z/z_0) \quad \text{quando} \quad z_{min} \leq z \leq z_{max} \quad (II.2)$$

$$c_r(z) = c_r(z_{min}) \quad \text{quando} \quad z \leq z_{min}$$





sabendo que, o coeficiente de terreno,  $k_r$ :

$$k_r = 0.19 * (z_0/z_{0,II})^{0.07} \quad (II.3)$$

onde:

$z_0$  – Comprimento de rugosidade; de acordo com o Anexo Nacional do E.C.1, varia com a categoria do terreno, tal como ilustrado na imagem abaixo indicada, resultando, para Portugal, os seguintes coeficientes:

Tabela II.2: Categoria do terreno e comprimentos de rugosidade

Zona do terreno	Descrição	$z_0$ (m)
I. 	Situado em zona costeira, tendo contato com ventos vindos do mar;	0.005
II. 	Situado em zona com vegetação rasteira, contando com a existência de obstáculos a uma distancia maior ou igual a 20 vezes a sua altura;	0.05
III. 	Situado em chamadas zonas suburbanas, zona cobertura regular e com presença de obstáculos a uma distancia máxima de 20 vezes a sua altura;	0.3
IV. 	Situado a onde no minimo 15% da zona tem a presença de edifícios com uma altura de no mínimo 15 metros.	1.0

$z_{0,II} = 0.05$  de acordo com a tabela 2, da zona do terreno II;

$z_{min}$  – Altura mínima de acordo com a categoria do terreno:

Tabela II.3: Altura mínima em relação a categoria do terreno

Zona do terreno	$z_{min}(m)$
I.	1
II.	3
III.	8
IV.	15

$z_{max}$  – Altura máxima considerada igual a 200 metros.

- Determinação da velocidade de pico

$$v_p(z) = v_m(z) * G \quad (II.4)$$

onde:

$v_m(z)$  – Velocidade média do vento;

G – Intensidade de turbulência em função da pressão dinâmica:

$$G = \sqrt{1 + \frac{7 * k_1}{c_0(z) * \ln(z/z_0)}} \quad (II.5)$$

- Determinação da pressão dinâmico de referência de pico

A pressão dinâmica,  $q_p$ , é o resultado da pressão da velocidade do vento quando convertido a pressão que o mesmo provoca e pode ser obtido pela equação:

$$q_p = 1/2 * \rho * v_p^2 \quad (II.6)$$

onde:

$\rho$  – Densidade do ar e tomo como valor recomendado  $1.25 \text{ kg/m}^3$ ;

$v_p$  – Velocidade de pico anteriormente determinada;

- Determinação dos coeficientes de pressão

A análise dos coeficientes de pressão exterior,  $c_{pe}$ , de acordo com o E.C.1, para as placas de revestimento da fachada dependem da área exposta a ação do vento que sobre ela irá atuar.

Tabela II.4: Valores recomendados dos coeficientes de pressão exterior

Zona	A		B		C		D		E	
$h/d$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5	-1.2	-1.4	-0.8	-1.1	-0.5		+0.8	+1.0	-0.7	
1	-1.2	-1.4	-0.8	-1.1	-0.5		+0.8	+1.0	-0.5	
$\leq 0.25$	-1.2	-1.4	-0.8	-1.1	-0.5		+0.7	+1.0	-0.3	

onde:

$c_{pe,10}$  – Coeficiente de pressão exterior para superfície com área de 10 m<sup>2</sup>;

$c_{pe,1}$  – Coeficiente de pressão exterior para superfície com área de 1 m<sup>2</sup>;

O coeficiente de pressão exterior para  $1 \text{ m}^2 \leq \text{área}(A) \leq 10 \text{ m}^2$ , é calculado de acordo com a expressão II.7:

$$c_{pe} = c_{pe,1} - (c_{pe,1} - c_{pe,10}) * \log_{10} A \quad (\text{II.7})$$

h e d – Altura do edifício e dimensão longitudinal a direção do vento, respetivamente;

A zona é determinada consoante a ação do vento sobre o edifício tal como explicito no excerto do E.C1 abaixo exposto.

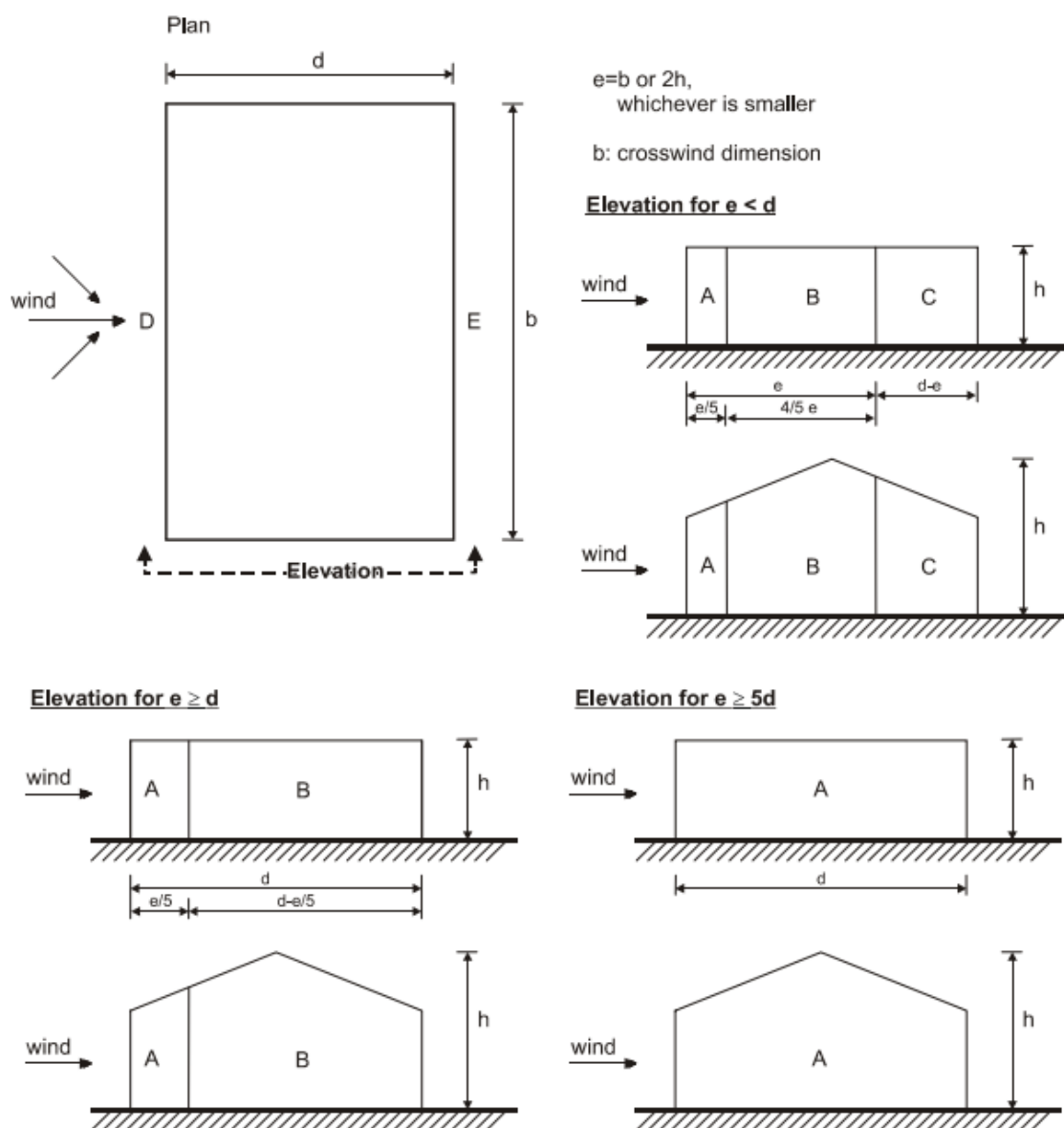


Figura II.1 – Zonas em parede verticais (E.C.1)

- Determinação da pressão exercida pelo vento em superfícies

A pressão,  $w_e$ , é obtida através da expressão II.8:

$$w_e = q_p * c_{pe} \quad (II.8)$$

Nota: segundo o E.C.1 o coeficiente de pressão interior toma como valor mais gravosos entre +0.2 e -0.3, uma vez que o calculo não se considerou justificado.



## ANEXO III – MÉTODO DE CÁLCULO DA AÇÃO DO SISMO



- Determinação da força característica do sismo,  $F_{ek}$ , para elemento rígido

A força sísmica em um determinado elemento rígido, ligado a estrutura é determinado através da seguinte expressão:

$$F_{ek} = (0.4 * C_z * S_{DS} * \gamma_a * M_E) / R_E \quad (\text{III.1})$$

onde:

$C_z$  – Coeficiente sísmico correspondente a um elemento rígido;

$S_{DS}$  – Valor de aceleração do terreno;

$\gamma_a$  – Fator de importância;

$M_E$  – Massa do elemento em estudo;

$R_E$  – Coeficiente de importância do elemento.

- Determinação do período de vibração natural do elemento,  $T_{el}$

A identificação de um determinado elemento, como sendo rígidos ou flexíveis, é obtida através da expressão segundo engenheiro Rui Camposinhos, como sendo o período fundamental do elemento:

$$T_{el} = (2 * L^2 / \pi) * \sqrt{m / E * I} \quad (\text{III.2})$$

onde:

L – Vão do elemento;

m – Massa do elemento em função da espessura e unidade de comprimento;

E – Módulo de elasticidade;

I – Momento de inercia da seção transversal do elemento:

$$I = b * h^3 / 12 = b * e^3 / 12 \quad (\text{III.3})$$

Desse modo,

- Painel Rígido se  $T_{el} < 0.06s$ ;

- Painel Flexível se  $T_{el} \geq 0.06s$ .

(III.4)

- Determinação do coeficiente sísmico,  $C_r(z)$  para um elemento rígido

Para edifícios de tamanho reduzido (numero de pisos inferior a 8), como no presente caso, o coeficiente sísmico é obtido através da seguinte expressão:

$$C_r(z) = 1 + \frac{z}{h} * (C_N - 1) \quad (\text{III.5})$$

onde:

$z$  – Altura ao centro de gravidade do elemento;

$h$  – Altura do edifício;

$C_N$  – Coeficiente de aceleração ao nível médio da cobertura do edifício:

$$C_N = b * \sqrt{1 + 1.03 * R_1^2} \geq 1 \quad (\text{III.6})$$

onde:

$b$  – Valor correspondente ao produto do fator de participação de primeiro modo de participação pelo coeficiente de forma do primeiro modo, ao nível da cobertura;

$R_1^2$  – O valor de aceleração espectral normalizada para o período fundamental de vibração;

sendo que,

$$b = \frac{(3 * N)}{(2 * N + 1)} \quad (\text{III.7})$$

onde:

$N$  – Número de pisos;

e a aceleração espectral obtido pela seguinte expressão:

$$R_1 = S_a / 0.4 * S_{DS} \quad (\text{III.8})$$

onde:

$S_a$  – Aceleração espectral de resposta;

$S_{DS}$  – Valor da aceleração do terreno, equivale ao valor correspondente de  $T_{bd} = 0$ .

Tendo em conta o E.C.8 os valores de aceleração espectral de resposta e o respetivo valor de aceleração do terreno podem ser determinados de seguinte modo:

- Identificar o tipo de sismo e a respetiva aceleração máxima de referência,  $a_{gR}$ :

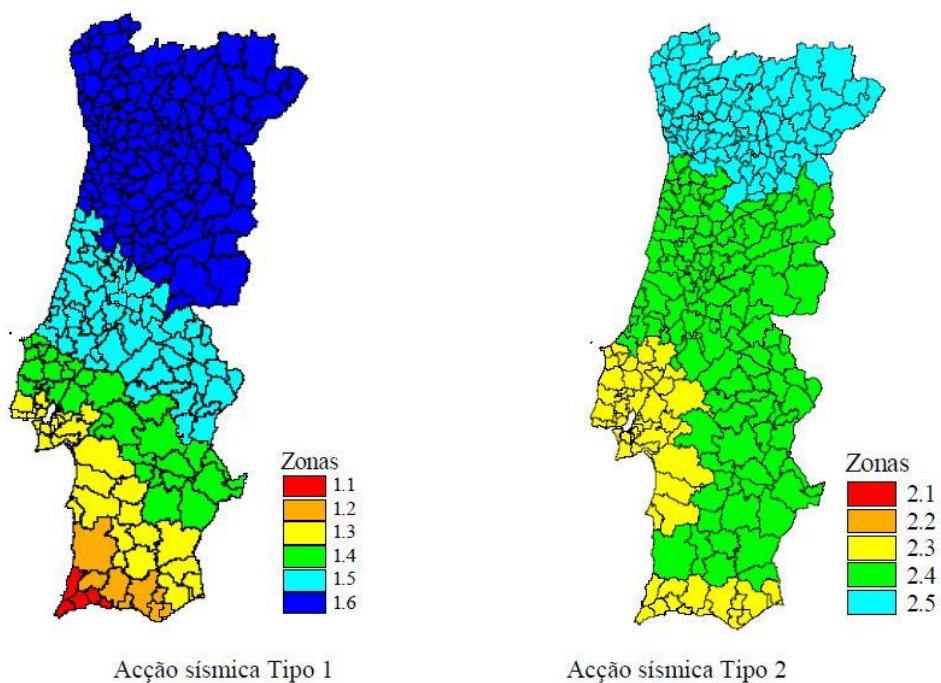


Figura III.2: Ação sísmica Tipo 1 e Tipo 2

Tabela III.5 : Aceleração máxima de referência,  $a_{gR}$

Ação sísmica Tipo 1		Ação sísmica Tipo 2	
Zona Sísmica	$a_{gR} (m/s^2)$	Zona Sísmica	$a_{gR} (m/s^2)$
1.1	2.5	2.1	2.5
1.2	2.0	2.2	2.0
1.3	1.5	2.3	1.7
1.4	1.0	2.4	1.1
1.5	0.6	2.5	0.8
1.6	0.35	-	-

- Identificação do parâmetro  $S$ , coeficiente do solo segundo o Anexo Nacional NA, E.C.8:

Tabela III.6 – Coeficiente do solo

$$\begin{aligned}
 \text{se: } a_{gR} \leq 1 & \quad \text{então } S = S_{max} \\
 \text{se: } 1 \leq a_{gR} \leq 4 & \quad \text{então } S = S_{max} - \frac{S_{max} - 1}{3} * (a_{gR} - 1) \\
 \text{se: } a_{gR} \geq 4 & \quad \text{então } S = 1.0
 \end{aligned}
 \tag{III.8}$$

- Identificação do espectro de resposta elástica horizontal:

De modo a determinar a aceleração espectral de resposta e o valor da aceleração do terreno, segue-se a identificação do período de vibração natural do edifício,  $T_{bd}$  e o respetivo espectro de resposta elástica vertical.

$$T_{bd} = 0.054 * h \text{ – para pórticos sem enchimento;}$$

$$T_{bd} = 0.034 * h \text{ – para pórticos com preenchimento parcial;} \tag{III.9}$$

$$T_{bd} = 0.025 * h \text{ – para pórticos com preenchimento completo.}$$

Assim, o respetivo espectro de resposta elástica horizontal segundo o E.C8 é definido pelas seguintes expressões:

$$\begin{aligned}
 0 \leq T_{bd} \leq T_B : S_e(T_{bd}) &= a_g * S * [1 + T_{bd}/T_B * (\eta * 2.5 - 1)] \\
 T_B \leq T_{bd} \leq T_C : S_e(T_{bd}) &= a_g * S * 2.5 \\
 T_C \leq T_{bd} \leq T_D : S_e(T_{bd}) &= a_g * S * \eta * 2.5 * (T_C/T_{bd}) \\
 T_D \leq T_{bd} \leq 4s : S_e(T_{bd}) &= a_g * S * \eta * 2.5 * (T_C * T_D / T_{bd}^2)
 \end{aligned}
 \tag{III.10}$$

onde:

$\eta$  – Valor do coeficiente de correção do amortecimento, obtido através da seguinte expressão:

$$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \geq 0.55 \tag{III.11}$$

onde:

$\xi$  – Valor de amortecimento viscoso; para a maioria dos edifícios é de 5%.

- Identificar o tipo de terreno consoante E.C. 8, caracterizados pelas características geotécnicas, gráficas, pela velocidade média das ondas de corte  $v_{s,30}$ , o número de pancadas necessárias para atingir a penetração de 30 cm,  $N_{SPT}$  e valor da coesão não drenada,  $c_u$ :

Tabela III.7: Tipo de terreno

Tipo de terreno	Caraterísticas do terreno	Parâmetros		
		$v_{s,30}$ (m/s)	$N_{SPT}$	$c_u$ (kPa)
A	Rocha ou outro material de tipo rochoso	> 800	-	-
B	Depósitos de areia muito compacta, de argila muito rija	360 – 800	> 50	> 250
C	Depósitos de areia compacta, de argila rija com a espessura ate centenas de metros	180 – 360	15 – 50	70 – 250
D	Depósitos de solos não coesivos de compactidade media-baixa	< 180	< 15	< 70
E	Perfil de solo com um estrato aluvionar superficial			
(...)				

- Identificar do espectro de resposta elástica horizontal e dos valores recomendados, correspondente a ação sísmica tipo 1 e 2

Tabela III.8: Valores recomendados correspondentes ao espectro de resposta sísmica de tipo 1

Tipo de terreno	$S_{max}$	$T_B(s)$	$T_C(s)$	$T_D(s)$
A	1.0	0.1	0.6	2.0
B	1.35	0.1	0.6	2.0
C	1.6	0.1	0.6	2.0
D	2.0	0.1	0.8	2.0
E	1.8	0.1	0.6	2.0

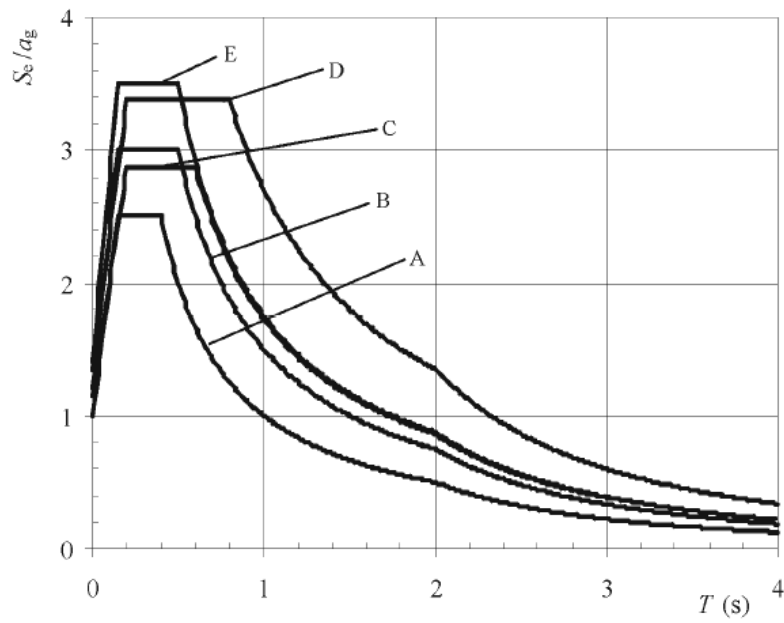


Figura III.3: Espectro de resposta elástica de tipo 1

Tabela III.9: Valores recomendados correspondentes ao espectro de resposta sísmica de tipo 2

Tipo de terreno	$S_{max}$	$T_B(s)$	$T_c(s)$	$T_D(s)$
A	1.0	0.1	0.25	2.0
B	1.35	0.1	0.25	2.0
C	1.6	0.1	0.25	2.0
D	2.0	0.1	0.30	2.0
E	1.8	0.1	0.25	2.0

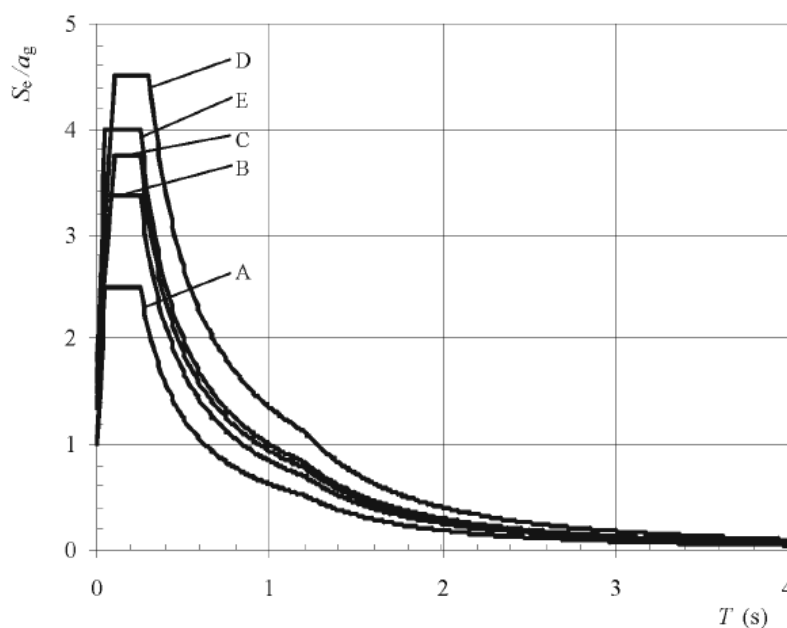


Figura 6.4: Espectro de resposta elástica de tipo 2

- Determinação da força característica do sismo,  $F_{ek}$  para elemento flexível

Segundo o engenheiro Rui Camposinhos a força característica do sismo para um elemento flexível é idêntica a exposto para um elemento rígido, tendo como diferença de o seu coeficiente sísmico se denominar coeficiente espectral, ou seja, o efeito do movimento na base do edifício é agravado pelo fator de amplificação,  $A$ .

$$F_{ek} = (0.4 * C_{Fz} * S_{DS} * \gamma_E * M_E) / R_E \quad (\text{III.12})$$

onde:

$C_{Fz}$  – Coeficiente sísmico correspondente a um elemento flexível, mais propriamente denominado como coeficiente espectral;

- Determinação do coeficiente espectral,  $C_{Fz}$ :

Determinado pelo coeficiente espectral de modo idêntico a um elemento rígido, sendo agravado pelo fator de amplificação aplicado ao movimento da base do edifício,  $A$ , obtido aplicando a expressão III.13

$$C_{Fz} = C_{Rz} * A \geq 1.0 \quad (\text{III.13})$$

## ANEXO

a onde:

$C_{Rz}$  – Coeficiente sísmico correspondente a um elemento rígido;

$A$  – Fator de amplificação;

ii. Determinação do coeficiente espectral,  $A$ :

O fator de amplificação depende de fatores como direcionados para a vibração natural do edifício e pode ser determinado aplicando uma das expressões, q12312

$$A = 1; \quad \text{para } T_{el} < 0.06$$

$$A = 1 + \frac{T_{el} - 0.06}{T_m - 0.06} * (A_m - 1); \quad \text{para } 0.06 \leq T_{el} < T_m \quad (\text{III.14})$$

$$A = A_m; \quad \text{para } T_m \leq T_{el} < T_{bd}$$

$$A = A_m * e^{-2.5*(T_{el}-T_{bd})} \geq 1; \quad \text{para } T_{el} \geq T_{bd}$$

a onde:

$A_m$  – Fator de amplificação, dependendo do coeficiente de amortecimento;

$T_m$  – Valor de período que depende do edifício e do elemento em estudo;

iii. Determinação do fator de amplificação,  $A_m$ :

Fator determinado em função do coeficiente de amortecimento,  $\xi$ , definido tendo em conta o período fundamental do edifício.

$$3 \leq A_m = \frac{4.6}{T_{bd}^{0.3}} \leq 6; \quad \text{para } \xi = 5 \% \quad (\text{III.15})$$

iv. Determinação do valor de período  $T_m$ :

$$T_m = \frac{T_{bd}}{2 * (N - m) + \sqrt{N}} \quad (\text{III.16})$$

a onde:

$N$  – Numero de pisos do edifício;

$m$  – Numero do piso a onde o elemento em estudo se encontra.

## ANEXO IV – MÉTODO DE CÁLCULO DOS VIDROS



- Determinação da espessura efetiva,  $t_{ef,w}$  para determinação da flecha máxima

Quando utilizado o método simplificado para determinar o esforço por cisalhamento em vidros laminados é usual a abordagem do conceito da espessura efetiva, aplicando a expressão IV.1

$$t_{ef,w} = \sqrt{\sum_k t_k^3 + 12 * w * (\sum t_k * t_{m,k}^2)} \quad (IV.1)$$

a onde:

$t_k$  – Espessura de cada folha de vidro;

$t_{m,k}$  – Distancia entre o eixo das chapas de vidro a partir do eixo de todo envidraçado em si;

$w$  – Valor do coeficiente para a transferência de esforço de corte, variando entre 0 e 1.

- Determinação da espessura equivalente,  $t_{ef;\sigma;j}$  na determinação da tensão máxima

A determinação da espessura efetiva utilizada para calcular o stresse do numero de camadas das folhas de vidro, quando analisada a tensão máxima no seu estado limite de rotura, aplicando a expressão Q.3.2:

$$t_{ef;\sigma;j} = \sqrt{t_{ef,w}^3 / t_j + 2 * w * t_{m,j}} \quad (IV.2)$$

onde:

$t_j$  – Espessura de cada folha de vidro;

$t_{m,j}$  – Distancia entre o eixo das chapas de vidro a partir do eixo de todo envidraçado em si;

- Determinação do valor de calculo da tensão máxima,  $\sigma_{max}$  e do valor de calculo resistente do vidro,  $f_{g,d}$

$$\sigma_{max} \leq f_{g,d} \quad (IV.3)$$

onde:

$\sigma_{max}$  – tensão máxima devido ao efeito da combinação de ações para o estado limite ultimo;

$f_{g,d}$  – Valor de calculo da tensão resistente do vidro.

a. Determinação do valor de cálculo da tensão máxima,  $\sigma_{max}$

$$\sigma_{max} = k_1 * a^2 / t^2 * p_d \quad (IV.4)$$

a onde:

$k_1$  – Coeficiente de cálculo determinado de acordo com a norma EN 16612:

$$k_1 = \frac{1}{4 * \left[ \frac{1}{z_2^2} + \frac{p^{*2}}{(z_3^2 + (z_4 * p^*)^2)} \right]^{0.5}} \quad (IV.5)$$

com:

$$z_2 = 24 * \left[ 0.0447 + 0.0803 * \left( 1 - \exp \left( -1.17 \left( \frac{1}{\lambda} - 1 \right)^{1.073} \right) \right) \right] \quad (IV.6)$$

$$z_3 = \frac{1}{\lambda} * \left( 4.5 * \left( \frac{1}{\lambda} - 1 \right)^2 + 4.5 \right) \quad (IV.7)$$

$$z_4 = \frac{1}{\lambda} * \left( 0.585 - 0.05 * \left( \frac{1}{\lambda} - 1 \right) \right) \quad (IV.8)$$

sendo que:

$$- \lambda = a/b; \quad (Q3.9)$$

$$- p^* = (A/4 * t^2)^2 * p_d / E \quad (Q3.10)$$

a onde:

a – Menor dimensão do painel;

b – Maior dimensão do painel;

A – Área do painel;

t – Espessura da chapa;

E – Elasticidade do vidro;

$p_d$  – Pressão do vento, sendo o resultado da pressão característica quando agravada pelo fator de combinação de ação ( $\gamma_F = 1.5$ ).

b. Determinação do valor de calculo resistente do vidro,  $f_{g,d}$

A capacidade resistente das chapas de vidro pode ser determinado de acordo com a norma EN 16612, através da seguinte expressão:

$$f_{g,d} = k_{mod} * k_p * f_{gk} / \gamma_{Ma} + k_v * (f_{bk} - f_{gk}) / \gamma_{Mv} \quad (IV.11)$$

a onde:

$f_{gk}$  – Valor característico da resistência a flexão ( $45 \text{ N/mm}^2$ );

$f_{bk}$  – Valor característico da tensão de resistência a flexão do vidro pré-esforçado;

$k_{mod}$  – Fator que depende da duração da carga;

$k_p$  – Fator que depende das condições de acabamento do vidro;

$k_v$  – Fator de reforço em função da posição das chapas quando aplicado o pré-esforço;

$\gamma_{Ma}$  – Coeficiente parcial de segurança para o vidro recozido = 1.8;

$\gamma_{Mv}$  – Coeficiente parcial de segurança para o vidro com superfícies pré-esforçadas;

- Determinação do valor de flecha máxima,  $w_{max}$  tendo em conta o estágio limite ultimo de utilização:

$$w_{max} = k_4 * a^4 / t^3 * w_k / E \quad (IV.12)$$

a onde:

$w_k$  – Pressão característica do vento;

$k_4$  – Coeficiente para calculo da flecha máxima, determinado em conformidade com a norma EN 16612:

$$k_4 = \left[ \left( \left( \frac{1}{z_1^4} + 4 * p^{*2} \right)^{0.5} - \frac{1}{z_1^2} \right) / 2 \right]^{0.5} / 16\lambda^2 p^* \quad (IV.13)$$

sendo que:

$$z_1 = 192(1 - \mu^2)\lambda^2 \left[ 0.00406 + 0.00896 \left( 1 - \exp \left( -1.123 \left( \frac{1}{\lambda} - 1 \right)^{1.097} \right) \right) \right] \quad (IV.14)$$

- Determinação da intensidade do vento para cada um dos painéis do vidro

De acordo com EN 16612 a Figura IV.5 demonstra a atuação dos valores positivos das cargas sobre cada um dos painéis de vidro.

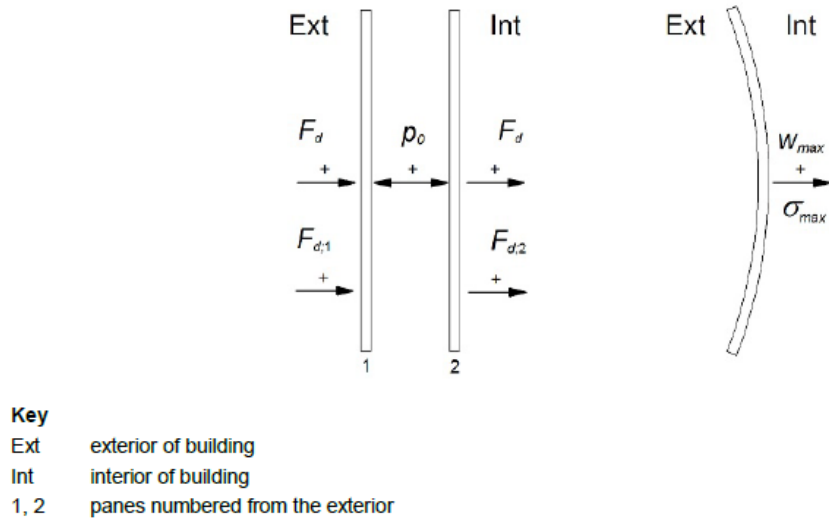


Figura IV.5: Distribuição das ações

- a. No caso de vidro duplo, a distribuição de ações externas, como é o caso do vento, é essencial tendo em conta a rigidez das chapas de vidro. Determinando-se assim a distribuição,  $\delta_1$ , para cada um dos painéis.

$$\delta_1 = \frac{t_1^3}{t_1^3 + t_2^3} \quad (IV.15)$$

$$\delta_2 = \frac{t_2^3}{t_1^3 + t_2^3} = 1 - \delta_1 \quad (IV.16)$$

a onde:

$\delta_1, \delta_2$  – Distribuição da rigidez para o painel 1 e 2 respetivamente;

$t_1, t_2$  – Espessura do painel 1 e 2 respetivamente;

- b. O fato de unidade isolante,  $\theta_1$ , é determinado tendo em conta as cargas externas bem as cargas internas

$$\theta_1 = 1 / \left( 1 + (a/a^*)^4 \right) \quad (\text{IV.17})$$

a onde:

a – Menor dimensão do painel

$a^*$  – Comprimento característico do painel, dependendo da espessura,  $t$  e do espaçamento,  $S$  entre os vidros.

$$a^* = 28.9 \sqrt[4]{St_1^3 t_2^3 / k_5 (t_1^3 + t_2^3)} \quad (\text{IV.18})$$

a onde:

$k_5$  – Coeficiente para o calculo de mudança de volume determinado de acordo com a norma EN 16612:

$$k_5 = \left[ Z_1 / 16\lambda^2 \right] [0.04198 + 0.22 \exp(-6.8(\lambda)^{1.33})] \quad (\text{IV.19})$$

- c. Distribuição de cargas externas e internas

$$P_{d1} = (\delta_1 + \varphi\delta_2)f_{d1} - (1 - \varphi)\delta_1 f_{d2} - \varphi P_0 \quad (\text{IV.20})$$

$$P_{d2} = (1 - \varphi)\delta_2 f_{d2} - (\delta_2 + \varphi\delta_1)f_{d2} + \varphi P_0 \quad (\text{IV.21})$$

a onde:

$(\delta_1 + \varphi\delta_2)f_{d1}$  – Distribuição da carga externa 1 pelo painel 1;

$(1 - \varphi)\delta_1 f_{d2}$  – Distribuição da carga externa 1 pelo painel 2;

$(1 - \varphi)\delta_2 f_{d2}$  – Distribuição da carga externa 2 pelo painel 1;

$(\delta_2 + \varphi\delta_1)f_{d2}$  – Distribuição da carga externa 2 pelo painel 2;

$\varphi P_0$  – Pressão isocórica, ou seja, pressão interior da caixa;

sendo que:

- A pressão isocórica é determinada pela expressão IV.22:

$$P_0 = P_{H;0} + P_{C;0} \quad (\text{IV.22})$$

a onde:

$P_{H;0}$  – Pressão isocórica determinada tendo em conta a diferença de altitude:

$$P_{H;0} = C_H + (H - H_P) \quad (\text{IV.23})$$

com,

$$C_H = 0.012 \text{ kPa}/m \quad (\text{IV.24})$$

$P_{C;0}$  – Pressão isocórica determinada tendo em conta a diferença de temperatura e pressão do ar:

$$P_{C;0} = C_T + (T_C - T_P) - (p_a - p_P) \quad (\text{IV.25})$$

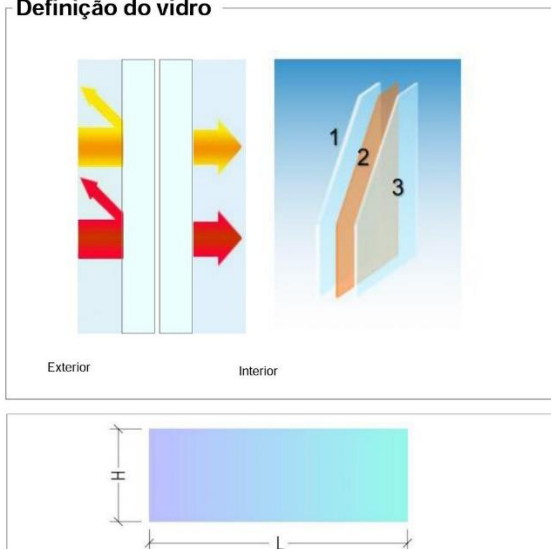
ANEXO V – RESULTADOS DOS ENSAIOS REALIZADOS PELA  
EMPRESA GONFERROLO





Calumen® II 1.3.7  
Setembro de 2017  
Base de dados : SGG Spain

#### Definição do vidro



#### CARACTERÍSTICAS VIDRO

GÁS	ARGON 90% 18,00MM
CAPA	
PRIMEIRO VIDRO (1)	PLANICLEAR 4,00MM
CAPA	
INTERCALAR (2)	PVB STANDARD 0,76 MM
CAPA	
SEGUNDO VIDRO (3)	PLANICLEAR 4,00MM
CAPA	

#### Dimensões de fabrico:

Espessura nominal: **8,76 mm**  
Peso: **17,82 kg/m<sup>2</sup>**

#### Dimensões do painel:

Comprimento (L): **2,19 m**  
Altura (H): **1,70 m**

#### Características da cor:

**Incolor**  
**Reflectante: 97%; com vista clara para exterior**

#### Fatores segurança:

Valor de referência da vibração: **1,22 kN/m<sup>2</sup>**

#### Resistência ao impacto:

Valor de referência ao impacto: **40,50 MPa**

#### Resistência a encurvadura:

Valor de referência a encurvadura: **27,40 mm**



Gonferrolo- Alumínio e  
Pvc  
Estrada Florestal  
3515-300  
Viseu / Portugal

Telefone :  
Fax :  
comercial@gonferrolo.com

00351 232 459  
232 459 571

Calumen II é um software de simulação de cálculo das características do vidro tais como transmissão luminosa, factor solar ou coeficiente de transmissão térmica. Os valores são calculados a título indicativo e sujeitos a alteração, não sendo garantia de performance dos produtos.

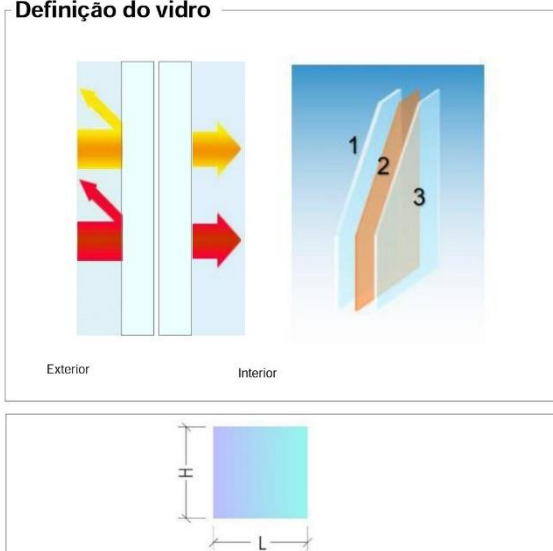
Estes valores são calculados de acordo com as normas EN410-2011 e EN673-2011. As tolerâncias estão definidas de acordo com normas EN 1096-4 ou ISO9050-2003. Contudo, o utilizador deverá verificar a viabilidade dos produtos associados, em particular nas espessuras e cores. Para além disso, é sua responsabilidade a verificação da composição de vidro resultante quanto aos requisitos da regulamentação a nível nacional, local ou regional. Computed values with NFRC-2010 standards are indicative. Please use NFRC certified software for certified values. User must check the feasibility of the associated products, in particular in terms of thickness and color. Furthermore, it is his responsibility to check that the resulting combination of glazing meets regulatory requirements at national, local or regional level.





Calumen® II 1.3.7  
Setembro de 2017  
Base de dados : SGG Spain

#### Definição do vidro



#### CARACTERÍSTICAS VIDRO

GÁS	ARGON 90% 18,00MM
CAPA	
PRIMEIRO VIDRO (1)	PLANICLEAR 4,00MM
CAPA	
INTERCALAR (2)	PVB STANDARD 0,76 MM
CAPA	
SEGUNDO VIDRO (3)	PLANICLEAR 4,00MM
CAPA	

#### Dimensões de fabrico:

Espessura nominal: **8,76 mm**  
Peso: **10,32 kg/m<sup>2</sup>**

#### Dimensões do painel:

Comprimento (L): **0,93 m**  
Altura (H): **0,71 m**

#### Características da cor:

Incolor  
Reflectante: **97%**; com vista clara para exterior

#### Fatores segurança:

Valor de referência da vibração: **0,70 kN/m<sup>2</sup>**

#### Resistência ao impacto:

Valor de referência ao impacto: **24,60 MPa**

#### Resistência a encurvadura:

Valor de referência a encurvadura: **4,78 mm**



Gonferrolo- Alumínio e  
Pvc  
Estrada Florestal  
3515-300  
Viseu / Portugal

Telefone :  
Fax :  
comercial@qonferrolo.com

00351 232 459  
232 459 571

Calumen II é um software de simulação de cálculo das características do vidro tais como transmissão luminosa, factor solar ou coeficiente de transmissão térmica. Os valores são calculados a título indicativo e sujeitos a alteração, não sendo garantia de performance dos produtos.

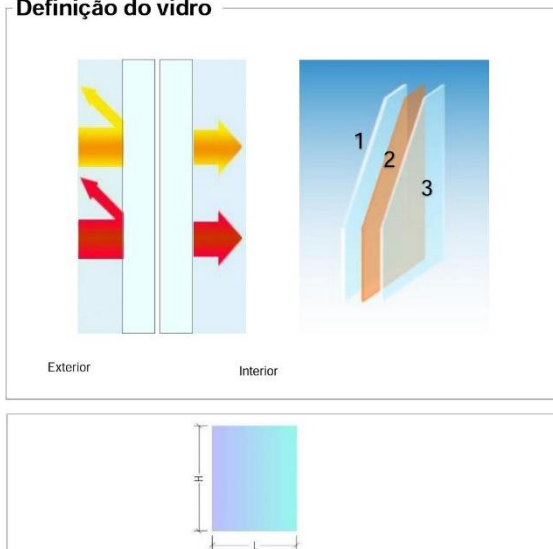
Estes valores são calculados de acordo com as normas EN410-2011 e EN673-2011. As tolerâncias estão definidas de acordo com normas EN 1096-4 ou ISO9050-2003. Contudo, o utilizador deverá verificar a viabilidade dos produtos associados, em particular nas espessuras e cores. Para além disso, é sua responsabilidade a verificação da composição de vidro resultante quanto aos requisitos da regulamentação a nível nacional, local ou regional. Computed values with NFRC-2010 standards are indicative. Please use NFRC certified software for certified values. User must check the feasibility of the associated products, in particular in terms of thickness and color. Furthermore, it is his responsibility to check that the resulting combination of glazing meets regulatory requirements at national, local or regional level.





Calumen® II 1.3.7  
Setembro de 2017  
Base de dados : SGG Spain

### Definição do vidro



### CARACTERÍSTICAS VIDRO

GÁS	ARGON 90% 18,00MM
CAPA	
PRIMEIRO VIDRO (1)	PLANICLEAR 4,00MM
CAPA	
INTERCALAR (2)	PVB STANDARD 0,76 MM
CAPA	
SEGUNDO VIDRO (3)	PLANICLEAR 4,00MM
CAPA	

### Dimensões de fabrico:

Espessura nominal: **8,76 mm**  
Peso: **15,47 kg/m<sup>2</sup>**

### Dimensões do painel:

Comprimento (L): **1,07 m**  
Altura (H): **2,36 m**

### Características da cor:

**Incolor**  
**Reflectante: 97%; com vista clara para exterior**

### Fatores segurança:

Valor de referência da vibração: **1,31 kN/m<sup>2</sup>**

### Resistência ao impacto:

Valor de referência ao impacto: **42,27 MPa**

### Resistência a encurvadura:

Valor de referência a encurvadura: **15,82 mm**



Gonferrolo- Alumínio e  
Pvc  
Estrada Florestal  
3515-300  
Viseu / Portugal

Telefone :  
Fax :  
comercial@gonferrolo.com

00351 232 459  
232 459 571

Calumen II é um software de simulação de cálculo das características do vidro tais como transmissão luminosa, factor solar ou coeficiente de transmissão térmica. Os valores são calculados a título indicativo e sujeitos a alterações, não sendo garantia de performance dos produtos.

Estes valores são calculados de acordo com as normas EN410-2011 e EN673-2011. As tolerâncias estão definidas de acordo com normas EN 1096-4 ou ISO9050-2003. Contudo, o utilizador deverá verificar a viabilidade dos produtos associados, em particular nas espessuras e cores. Para além disso, é sua responsabilidade a verificação da composição de vidro resultante quanto aos requisitos da regulamentação a nível nacional, local ou regional. Computed values with NFRC-2010 standards are indicative. Please use NFRC certified software for certified values. User must check the feasibility of the associated products, in particular in terms of thickness and color. Furthermore, it is his responsibility to check that the resulting combination of glazing meets regulatory requirements at national, local or regional level.



