



Projeto de Estabilidade de um Edifício

ARTUR DANIEL MONTEIRO MAGALHÃES

novembro de 2022



Projeto de Estabilidade de um Edifício

ARTUR DANIEL MONTEIRO MAGALHÃES

Outubro de 2022

PROJETO DE ESTABILIDADE DE UM EDIFÍCIO

ARTUR DANIEL MONTEIRO MAGALHÃES

Projeto submetida(o) para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL – RAMO DE ESTRUTURAS

Orientador: Isabel Maria Alvim Teles

OUTUBRO DE 2022

Eu, Artur Daniel Monteiro Magalhães, estudante nº 1131054, do Mestrado em Engenharia Civil do Instituto Superior de Engenharia do Porto, declaro que não fiz plágio nem auto-plágio, pelo que o trabalho intitulado “Projeto de Estabilidade de um Edifício” é original e da minha autoria, não tendo sido usado previamente para qualquer outro fim. Mais declaro que todas as fontes usadas estão citadas, no texto e na bibliografia final, segundo as regras de referência adotadas na instituição.

Porto e ISEP, 2022/10/28

Assinado por: **ARTUR DANIEL MONTEIRO
MAGALHÃES**
Num. de Identificação: 14422012
Data: 2022.11.08 22:45:16+00'00'



ÍNDICE GERAL

Índice Geral	iii
Resumo.....	v
Abstract	vii
Agradecimentos	ix
Índice de Texto	xi
Índice de Figuras.....	xiii
Índice de Tabelas.....	xix
CAPÍTULO 1 Introdução.....	1
CAPÍTULO 2 Arquitetura.....	2
CAPÍTULO 3 Regulamentação e Ações de Projeto	11
CAPÍTULO 4 Modelação	50
CAPÍTULO 5 Considerações Finais.....	97
Referências Bibliográficas	100
Anexos	101
Anexo 1 – Combinações de ações ROBOT.....	102
Anexo 2 – Quadro resumo de armaduras de vigas	103
Anexo 3 – Projeto de Arquitetura	104
Anexo 4 - Projeto de Estruturas	105
Anexo 5 - Relatório geotécnico: sondagens S4 e S5.....	106

RESUMO

O presente documento é referente à realização de um projeto de estabilidade estrutural em betão armado, no âmbito da disciplina DIPRE (Dissertação/ Projeto / Estágio).

O trabalho desenvolvido refere-se a um projeto de estabilidade destinado às futuras instalações da Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Felgueiras do Instituto Politécnico do Porto, localizados em Felgueiras, distrito do Porto, com acessos principais pela Rua Júlio Dinis, pela Rua do Curral e pela Rua Dr. Miguel Baccelar.

A escolha deste tema teve como objetivo a aplicação dos conhecimentos adquiridos ao longo do percurso académico do curso de Engenharia Civil, particularmente os obtidos nas unidades curriculares referentes ao ramo de estruturas. Para complementar esses conhecimentos, e mesmo alargá-los adquirindo novas competências, recorreu-se ao programa de cálculo de elementos finitos *Robot Structural Analysis Professional* e folhas de excel pertencentes ao gabinete de projetos Adão da Fonseca – Engenheiros Consultores, LDA., sob orientação da Engenheira Isabel Maria Alvim Teles.

Com este projeto pretendeu-se encaixar todas as fases de execução de um projeto de estabilidade, desde a análise da arquitetura até à elaboração das peças desenhadas, utilizando os regulamentos nacionais e europeus, nomeadamente o REBAP e os Eurocódigo associados à elaboração de um projeto de estruturas.

As peças desenhadas constituintes do projeto de estabilidade estão apresentadas na secção Anexos deste documento.

Palavras-chave: Projeto de Estabilidade, *Robot Scrtutural Analysis*, REBAP, Eurocódigos.

ABSTRACT

This document refers to the development of a structural stability project in reinforced concrete, as part of the curricular unit DIPRE (Dissertation / Project / Internship).

The work developed refers to a stability project for the future facilities of the Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Felgueiras of the Instituto Politécnico do Porto, located in Felgueiras, Porto, with main accesses by Rua Júlio Dinis, Rua do Curral and Rua Dr. Miguel Baccelar.

The choice of this subject aimed the application of the knowledge acquired throughout the academic path of the Civil Engineering course, particularly those obtained in the curricular units referring to the structures branch. To complement this knowledge, and even to extend it by acquiring new skills, it was used the Robot Structural Analysis Professional software and excel sheets which belong to the project office Adão da Fonseca - Engenheiros Consultores, LDA., under the orientation of the engineer Isabel Maria Alvim Teles.

This project aimed to cover all the stages of the execution of a stability project, from architectural analysis to the execution of the drawings, using the national and European regulations, namely the REBAP and the Eurocode associated with the development of a structural project.

The drawings of the stability project are presented in the Annexes section of this document.

Keywords: Stability project, Robot Sctructural Analysis, REBAP, Eurocodes.

AGRADECIMENTOS

Durante o meu percurso académico foram vários os altos e baixos, momentos bons e maus, experiências únicas e enriquecedoras que me proporcionaram uma experiência de vida pela qual ficarei eternamente grato. A possibilidade de concluir mais esta etapa é um motivo de orgulho, mas que só foi possível pelos vários apoios e incentivos de todas as pessoas que fizeram, e têm feito, parte de um bonito, longo e exaustivo caminho.

Gostaria de agradecer aos meus pais e à minha irmã, que nos bons e maus momentos, tornaram possível a conclusão desta etapa, ficando eternamente grato. É com imenso amor e carinho que lhes dedico este projeto. Às pessoas mais próximas que nos bons, mas principalmente nos momentos de menor ânimo, me deram força para continuar e fechar este capítulo. À Engenheira Isabel Maria Alvim Teles, outrora orientadora do meu projeto de licenciatura e agora orientadora deste projeto, pela paciência, opiniões e críticas construtivas, total colaboração para solucionar todos os problemas e disponibilidade durante todo o projeto. Levo-a como exemplo para o futuro na minha carreira profissional. Ao Engenheiro Barros Oliveira pela total colaboração, simpatia e disponibilidade. A todas as pessoas do ISEP, da Academia do Porto e tantas outras pessoas que ao longo dos últimos anos estiveram presentes na minha vida, levando comigo momentos inesquecíveis de cada um deles.

ÍNDICE DE TEXTO

1.1	Enquadramento	1
2.1	Condicionantes da arquitetura	6
3.1	Regulamentação	11
3.2	Ações de projeto	12
3.2.1	Ações Permanentes	12
3.2.2	Ações variáveis	23
3.2.3	Combinações de ações	44
4.1	Solução estrutural	50
4.2	Materiais estruturais	51
4.3	Análise dos estados limites de utilização	53
4.3.1	Controlo da deformação	53
4.3.2	Fendilhação	56
4.4	Análise dos estados limites últimos	57
4.4.1	Pilares	57
4.4.2	Paredes, viga-parede, paredes de contenção e muro de suporte	66
4.4.3	Vigas	74
4.4.4	Sapatas	78
4.4.5	Lajes	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 - Planta de arquitetura do piso 0.	3
Figura 2-2 - Planta de arquitetura do piso 1.	4
Figura 2-3 - Corte transversal 1.	5
Figura 2-4 - Corte transversal 2.	5
Figura 2-5 - Corte longitudinal.	6
Figura 2-6 - Corte transversal 3.	6
Figura 2-7 - Paredes móveis (planta).	7
Figura 2-8 - Parede móvel (corte).	8
Figura 2-9 - Fachadas - vãos envidraçados (planta).	9
Figura 2-10 - Fachadas - vãos envidraçados (corte).	9
Figura 2-11 - Vigas das fachadas.	10
Figura 3-1 - Peso próprio da estrutura (ROBOT).	13
Figura 3-2 - Restantes cargas permanentes do piso 1 (ROBOT).	14
Figura 3-3 - Restantes cargas permanentes na cobertura (ROBOT).	15
Figura 3-4 - Restantes cargas permanentes no pavimento exterior (ROBOT).	16
Figura 3-5 - Restantes cargas permanentes no corredor de acesso do piso 1 (ROBOT).	17
Figura 3-6 - Restantes cargas permanentes nas I.S. (ROBOT).	19
Figura 3-7 - Cargas lineares das fachadas tipo 1 (ROBOT).	20
Figura 3-8 - Cargas lineares das fachadas tipo 2 (ROBOT).	21
Figura 3-9 - Impulso de terras (ROBOT).	23
Figura 3-10 – NP EN 1991-1-1 2009, Ações em estruturas – Pesos volúmicos, pesos próprios, sobrecargas em edifícios: Categorias de utilização.	24

Figura 3-11 - NP EN 1991-1-1 2009, Ações em estruturas – Pesos volúmicos, pesos próprios, sobrecargas em edifícios: sobrecargas em pavimentos, varandas e escadas de edifícios.....	25
Figura 3-12 - NP EN 1991-1-4, Ações em estruturas - Ações do vento: Representação do coeficiente de exposição $C_e(z)$ para $c_0=1,0$ e $k_1=1,0$	27
Figura 3-13 - NP EN 1991-1-4, Ações em estruturas - Ações do vento: Altura de referência em função de h e b	29
Figura 3-14 - NP EN 1991-1-4, Ações em estruturas - Ações do vento: Zonas de cálculo do C_{pe}	30
Figura 3-15 - Representação esquemática do vento na direção x	30
Figura 3-16 - NP EN 1991-1-4, Ações em estruturas - Ações do vento: Valores recomendados dos coeficientes de pressão exterior.	31
Figura 3-17 - Representação esquemática do vento na direção y	31
Figura 3-18 - Carga do vento na direção $x+$ (ROBOT).....	33
Figura 3-19 - Carga do vento na direção $x-$ (ROBOT).....	33
Figura 3-20 - Carga do vento na direção $y+$ (ROBOT).....	34
Figura 3-21 - Carga do vento na direção $Y-$	35
Figura 3-22 - NP EN 1998-1, Projeto de estruturas para resistência aos sismos – Regras gerais, ações sísmicas e regras para edifícios: Classes de importância para edifícios.....	36
Figura 3-23 - NP EN 1998-1, Projeto de estruturas para resistência aos sismos – Regras gerais, ações sísmicas e regras para edifícios: Coeficientes de importância γ_t	36
Figura 3-24 - NP EN 1998-1, Projeto de estruturas para resistência aos sismos – Regras gerais, ações sísmicas e regras para edifícios: Tipos de terreno.	37
Figura 3-25 - NP EN 1998-1, Projeto de estruturas para resistência aos sismos – Regras gerais, ações sísmicas e regras para edifícios: Valor básico do coeficiente de comportamento, q_0 , para sistemas regulares em altura.	38
Figura 3-26 - Quantificação do coeficiente k_w	39
Figura 3-27 – Magalhães, Daniel – Folha de cálculo excel - Espectros de resposta horizontais para análise elástica.....	41
Figura 3-28 – Magalhães, Daniel – Folha de cálculo excel - Espectros de cálculo para análise elástica.....	42
Figura 3-29 - Ações do projeto.	43

Figura 3-30 - NP EN 1990, Bases para o projeto de estruturas: Valores recomendados para os coeficientes Ψ para edifícios.....	44
Figura 3-31 - Relações consideradas para gerar as combinações automáticas no ROBOT.	45
Figura 3-32 - NP EN 1990, Bases para o projeto de estruturas: Valores de cálculo das ações (EQU) (Conjunto A).....	46
Figura 3-33 - NP EN 1990, Bases para o projeto de estruturas: Valores de cálculo das ações a utilizar na combinação de ações.....	48
Figura 4-1 - NP EN 206-1 2007, Especificação, desempenho, produção e conformidade: Máximo teor de cloretos.	51
Figura 4-2 - NP EN 206-1 2007, Especificação, desempenho, produção e conformidade: Valores limite para a composição e propriedades do betão.	52
Figura 4-3 - <i>Job Preferences</i> no modelo de cálculo.....	53
Figura 4-4 - Deformadas das lajes do piso 1.....	54
Figura 4-5 – Deformadas das lajes da cobertura.....	55
Figura 4-6 - NP EN 1992-1-1, Projeto de estruturas de betão – Regras gerais e regras para edifícios: Valores recomendados de $w_{m\acute{a}x}$	56
Figura 4-7 - Paulo Guedes/Carlos Félix – Estados Limites de Utilização [Outubro 2013]. Disponível nos apontamentos teóricos da Unidade Curricular Betão I.	57
Figura 4-8 - Representação esquemática de ações e seção do pilar.....	59
Figura 4-9 - Exemplo de dimensionamento de pilar.	65
Figura 4-10 - Mapa de resultados da Pa1.1.....	66
Figura 4-11 - Conversão dos resultados através de folha de cálculo excel.....	67
Figura 4-12 - Dimensionamento da Pa1.1.....	67
Figura 4-13 - Procedimento para determinação da envolvente de esforços da VP1.1.	68
Figura 4-14 - Dimensionamento da VP1.1.....	69
Figura 4-15 - Momentos atuantes pelo lado das terras na direção x.	71
Figura 4-16 - Momentos atuantes pelo lado das terras na direção y.	72
Figura 4-17 - Momentos atuantes pelo lado oposto às terras na direção x.	72
Figura 4-18 - Momentos atuantes pelo lado oposto às terras na direção y.	73

Figura 4-19 - Momentos fletores no pórtico V. F4-F16.	77
Figura 4-20 - Esforços transversos no pórtico V. F4-F16.	78
Figura 4-21 - Exemplo de dimensionamento de sapatas.	85
Figura 4-22 - Dimensões e armaduras adotadas em sapatas.	86
Figura 4-23 – Momentos atuantes que permitem calcular as armaduras inferiores na direção X das lajes do piso 1.	87
Figura 4-24 - Momentos atuantes que permitem calcular as armaduras inferiores na direção Y das lajes do piso 1.	88
Figura 4-25 - Momentos atuantes que permitem calcular as armaduras superiores na direção X das lajes do piso 1.	88
Figura 4-26 - Momentos atuantes que permitem calcular as armaduras superiores na direção Y das lajes do piso 1.	89
Figura 4-27 - Esforço transverso atuante das lajes do piso 1.	90
Figura 4-28 - Momentos atuantes que permitem calcular as armaduras inferiores na direção X das lajes do piso 1.	91
Figura 4-29 - Momentos atuantes que permitem calcular as armaduras inferiores na direção Y das lajes do piso 1.	91
Figura 4-30 - Momentos atuantes que permitem calcular as armaduras superiores na direção X das lajes do piso 1.	92
Figura 4-31 - Momentos atuantes que permitem calcular as armaduras superiores na direção Y das lajes do piso 1.	92
Figura 4-32 – Momento para calcular a armadura paralela ao eixo X na laje do piso 1, junto ao pilar P.F7.	93
Figura 4-33 - Momento para calcular a armadura paralela ao eixo Y na laje do piso 1, junto ao pilar P.F7.	94
Figura 5-1 - Modelo 3D ROBOT.	98
Figura 5-2 - Modo de vibração 2.	98

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3-1 – Quantificação das restantes cargas permanentes do piso 1.....	13
Tabela 3-2 - Quantificação das restantes cargas permanentes da cobertura.	15
Tabela 3-3 - Quantificação das restantes cargas permanentes no pavimento exterior.	16
Tabela 3-4 - Quantificação das restantes cargas permanentes no corredor de acesso do piso 1.....	17
Tabela 3-5 - Quantificação das restantes cargas permanentes nas I.S.	18
Tabela 3-6 - Quantificação das cargas lineares das fachadas tipo 1.	19
Tabela 3-7 - Quantificação das cargas lineares das fachadas tipo 2.	20
Tabela 3-8 - Tabela resumo de sobrecargas.....	26
Tabela 3-9 - Tabela resumo das cargas do vento na direção x.	32
Tabela 3-10 - Tabela resumo das cargas do vento na direção y.	34
Tabela 4-1 - Propriedades do aço S500.	51
Tabela 4-2 - Propriedades do betão C30/37.	52
Tabela 4-3 - Deformada das lajes piso 1.	55
Tabela 4-4 - Deformada das lajes da cobertura.	55
Tabela 4-5 - Mapa de resultados dos pilares.	62
Tabela 4-6 - Mapa de resultados otimizado dos pilares.	64
Tabela 4-7 - Tabela resumo de momentos atuantes e solução de armadura adotada.	73
Tabela 4-8 - Quadro resumo de dimensionamento das sapatas dos pilares.	84
Tabela 4-9 - Tipos de nervuras, armadura associada e momentos resistentes.	87
Tabela 4-10 - Tipos de nervuras e estribos associados.	89
Tabela 4-11 - Armaduras, áreas de aço e momentos resistentes.	90
Tabela 4-12 - Quadro de nervuras.....	95

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO

No presente relatório está vertido o projeto de estruturas realizado no âmbito da Unidade Curricular de DIPRE (Dissertação/Projeto/Estágio), do Mestrado de Engenharia Civil do ramo de Estruturas. Este projeto foi desenvolvido sob a orientação e supervisão da Engenheira Isabel Maria Alvim Teles e diz respeito a um projeto de estabilidade de um edifício escolar de dois andares situado na cidade de Felgueiras, distrito do Porto.

O principal objetivo deste projeto será a aplicação prática dos conhecimentos adquiridos ao longo de todo o curso de engenharia civil bem como a aquisição de novas competências e conhecimentos. Assim, pretende-se seguir todas as fases de execução de um projeto de estabilidade, recorrendo a meios informáticos disponíveis no mercado e ferramentas usuais nos gabinetes de Engenharia Civil, tal como é exemplo todas as folhas de cálculo pertencentes ao gabinete de projetos Adão da Fonseca – Engenheiros Consultores, LDA. Todas as peças desenhadas de arquitetura foram fornecidas em formato digital compatível com AutoCad, tendo sido utilizados o programa de modelação e cálculo de estruturas *Robot Strutural Analysis*, cujo funcionamento será descrito ao longo deste trabalho.

A utilização dos programas de cálculo tem um papel fundamental no desempenho da atividade de projetista de estabilidade, pois estes permitem a simulação do comportamento das estruturas, determinando a sua reação às diferentes solicitações e possibilitando o estudo e otimização de soluções estruturais. É também importante referir que as mais recentes atualizações de alguns regulamentos apresentam formulações que devido a sua complexidade só são passíveis de ser implementadas recorrendo a ferramentas informáticas.

Pretende-se também com este trabalho a produção das peças desenhadas do projeto de execução de estabilidade (ver Anexo 4), utilizando as potencialidades dos programas informáticos empregues.

CAPÍTULO 2

ARQUITETURA

O projeto de arquitetura é constituído, na sua totalidade, por 7 edifícios (salas de aula, gabinetes de docentes, biblioteca, auditórios) destinados às futuras instalações da Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Felgueiras do Instituto Politécnico do Porto, localizados em Felgueiras, distrito do Porto, com acessos principais pela Rua Júlio Dinis, pela Rua do Curral e pela Rua Dr. Miguel Bacelar. As suas características urbanísticas contemplam 4104 m² como área de implantação e 10,00m de cêrcea máxima.

O edifício para o qual se desenvolveu o projeto de estabilidade é composto por 2 pisos, um dos quais abaixo da cota da soleira, destinados a salas de aula. Este edifício tem uma área de implantação de 953,23 m² e cêrcea máxima de 10,00m.

Para o desenvolvimento do projeto de estabilidade é fundamental um conhecimento profundo da arquitetura e das suas condicionantes. Para tal, foi realizado um estudo das peças desenhadas do projeto de arquitetura (plantas, alçados e cortes) e memória descritiva e justificativa referentes ao anteprojecto preliminar cedidos pelo Instituto Politécnico do Porto com a autorização do gabinete de projetos Rodrigo Patrício Arquitectos. Estes documentos estavam pormenorizados, permitindo identificar as características dos materiais e as suas especificidades geométricas tais como a constituição das fachadas, paredes interiores, revestimentos e impermeabilizações.

Nas figuras seguintes apresentam-se as plantas, alçados e cortes do projeto de arquitetura que serviram de base para o desenvolvimento do projeto de estabilidade.

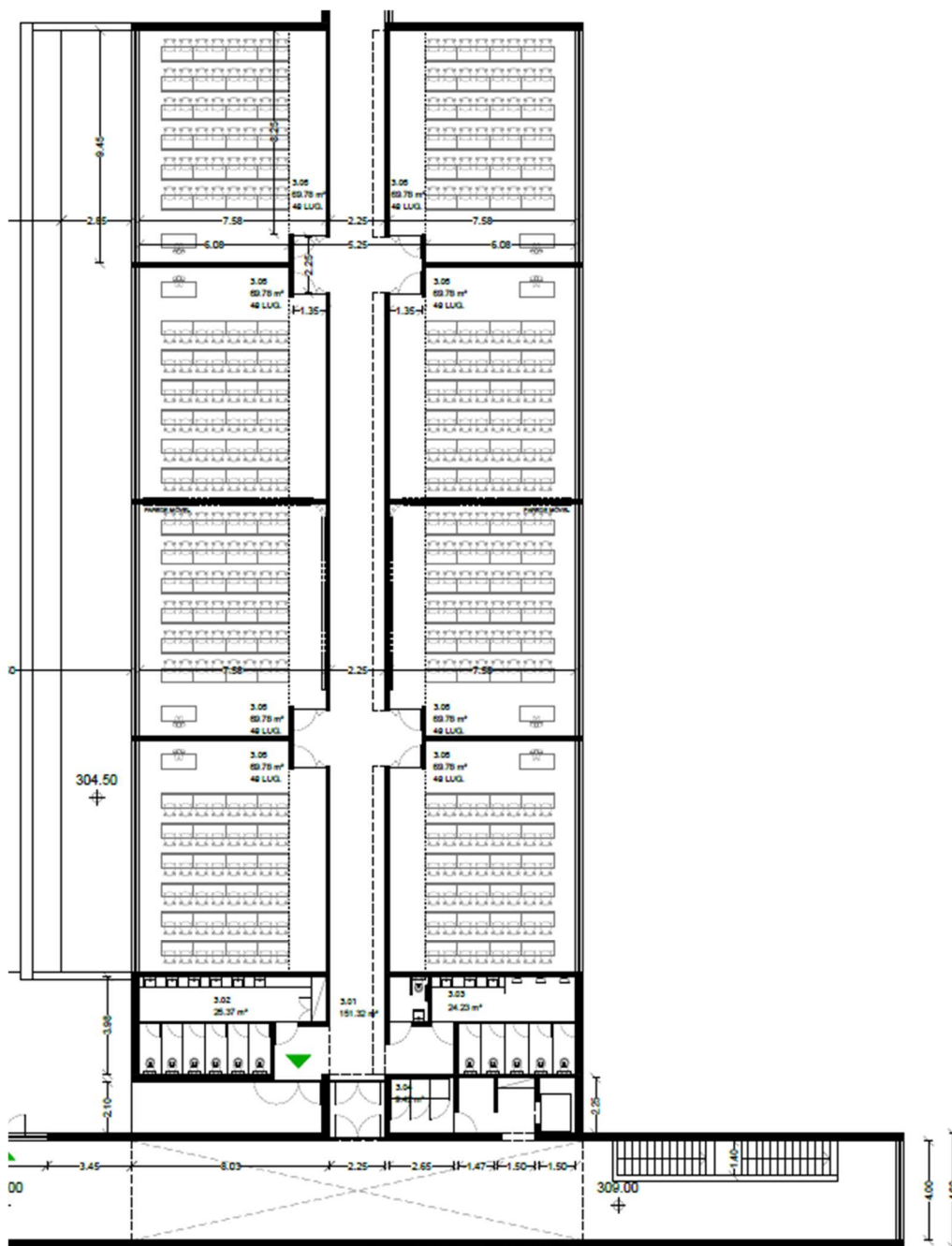


Figura 2-1 - Planta de arquitetura do piso 0.



Figura 2-2 - Planta de arquitetura do piso 1.

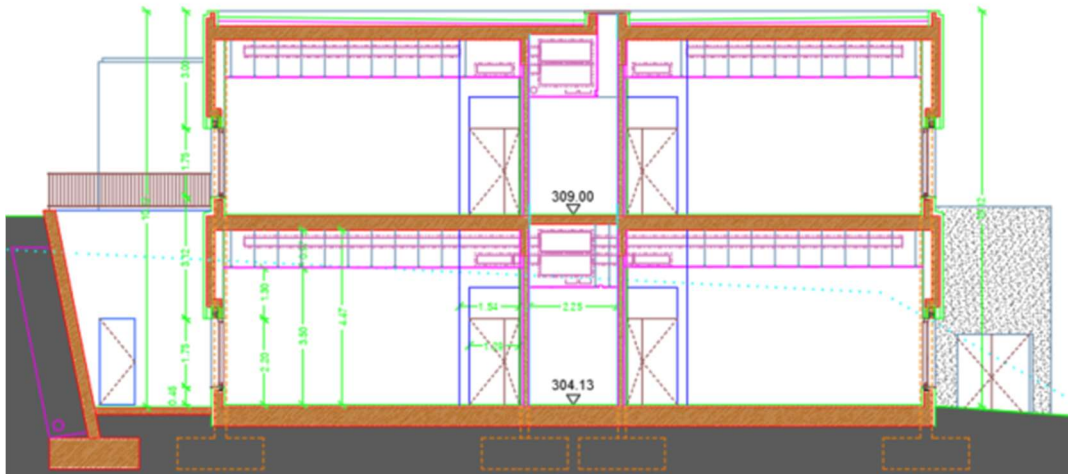


Figura 2-3 - Corte transversal 1.

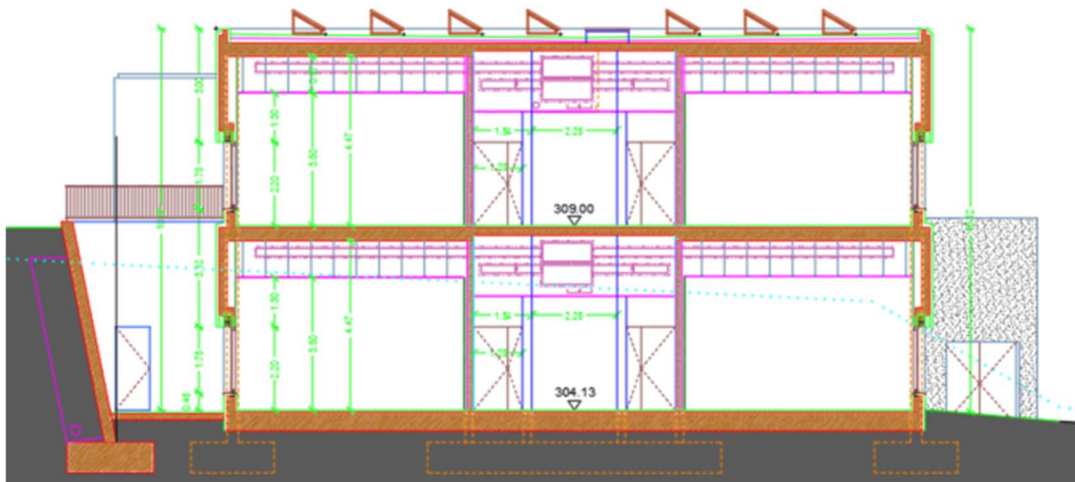


Figura 2-4 - Corte transversal 2.

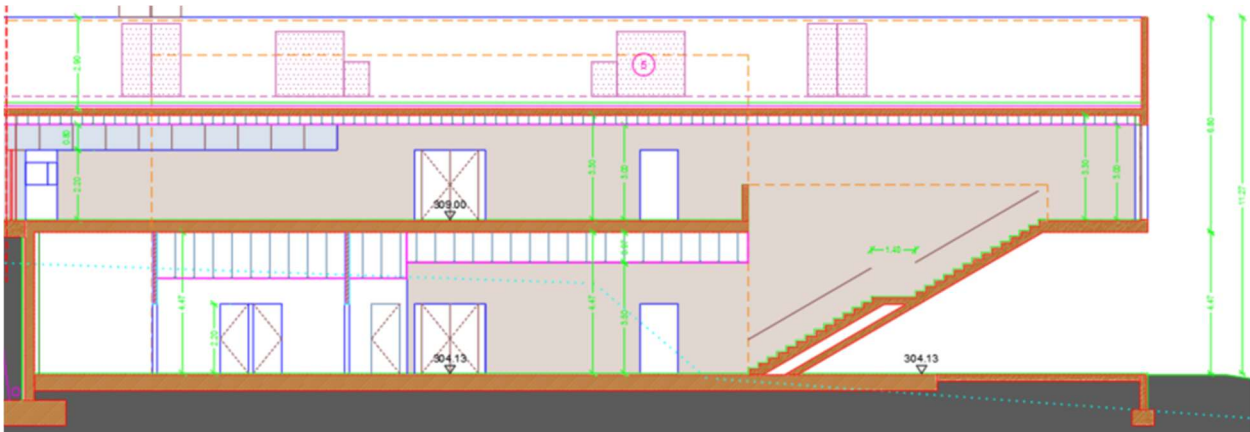


Figura 2-5 - Corte longitudinal.

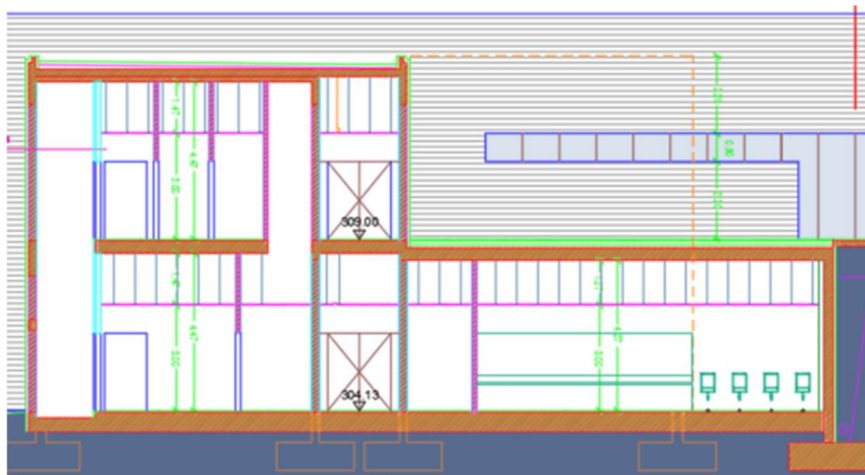


Figura 2-6 - Corte transversal 3.

2.1 CONDICIONANTES DA ARQUITETURA

O projeto de estabilidade deve ter como ponto de partida o respeito pela arquitetura, adaptando-se da melhor forma possível evitando alterações ao preconizado no projeto de arquitetura. Após a análise das peças desenhadas identificaram-se características do projeto de arquitetura que influenciam o projeto de estabilidade.

O edifício em estudo apresenta uma configuração e simetria que proporciona a existência de espaços amplos que condiciona, desde logo, a posição dos elementos estruturais verticais (pilares). Esta configuração da arquitetura prevê que o projeto de estruturas contemple pilares em zonas de paredes,

de forma que fiquem embebidos nas mesmas. As paredes exteriores apresentam amplas superfícies envidraçadas que, à priori, levará a uma solução estrutural de elementos horizontais (vigas) e verticais que permitam vencer grandes vãos.

A cota definida no projeto de arquitetura para os tetos falsos (3,00m) será também uma condicionante, no que diz respeito à altura máxima a considerar para os elementos estruturais horizontais.

Abaixo elencam-se os condicionalismos tidos em conta para o dimensionamento estrutural:

- **Paredes móveis** – as vigas, no alinhamento das paredes móveis, não poderão ultrapassar uma altura de 1,30m. No entanto, o condicionante será a cota do teto falso definida na arquitetura, limitando as vigas a uma altura máxima de 1,20m.

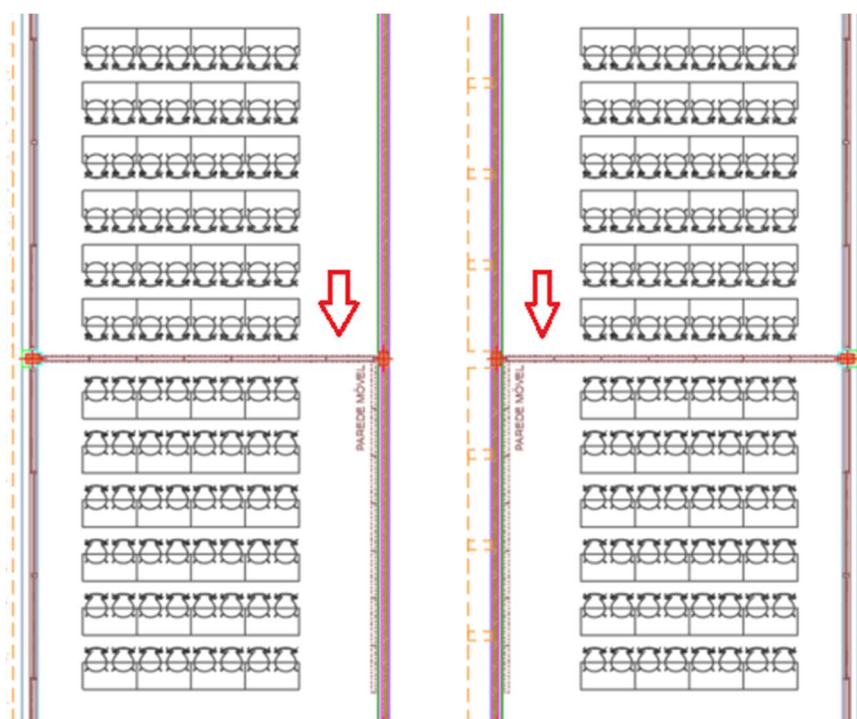


Figura 2-7 - Paredes móveis (planta).

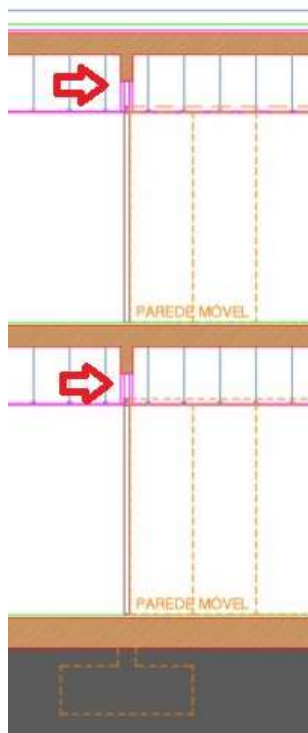


Figura 2-8 - Parede móvel (corte).

- **Fachadas (vãos envidraçados)** – as paredes exteriores apresentam amplos vãos envidraçados entre cada dois pilares. Esta configuração limitará ambas as dimensões dos pilares de forma a cumprir o preconizado no projeto de arquitetura, prevendo-se que estes fiquem embebidos nas paredes e não colidam com o comprimento previsto para as paredes móveis.

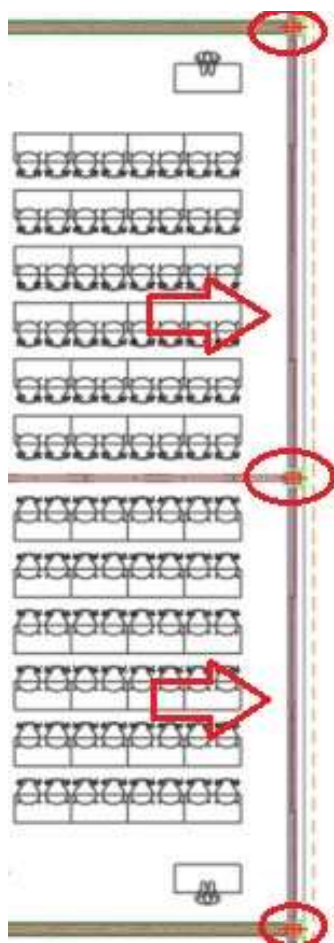


Figura 2-9 - Fachadas - vãos envidraçados (planta).

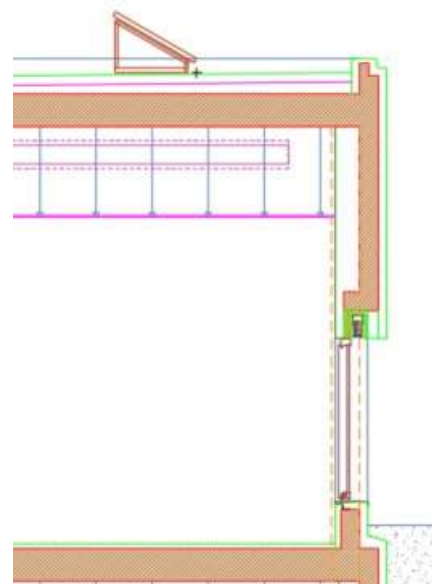


Figura 2-10 - Fachadas - vãos envidraçados (corte).

- **Vigas das fachadas** – as vigas das fachadas encontram-se fora do alinhamento dos pilares e dadas as suas dimensões para dimensionamento (0,20m x 2,32m) deverá ter-se em atenção a excentricidade em torno do eixo YY em vigas e, conseqüentemente, em pilares.

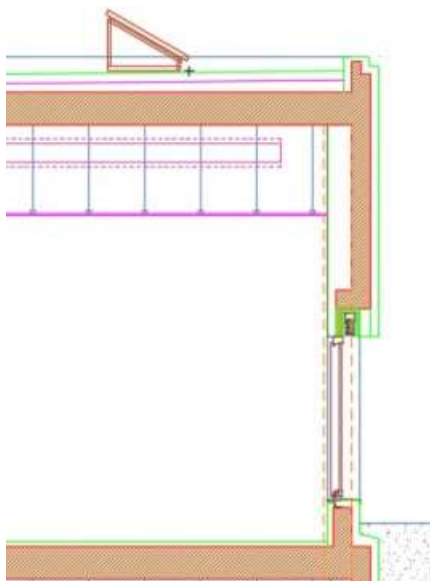


Figura 2-11 - Vigas das fachadas.

CAPÍTULO 3

REGULAMENTAÇÃO E AÇÕES DE PROJETO

3.1 REGULAMENTAÇÃO

Para a determinação de ações, combinações, dimensionamento e verificações de segurança neste projeto de estabilidade adotaram-se as disposições regulamentares definidas em normas portuguesas e europeias, nomeadamente:

- NP EN 1990, 2009, EC0 – Eurocódigo 0: Bases para o projeto de estruturas;
- NP EN 1991-1-1, 2009, EC1 – Eurocódigo 1: Ações em estruturas;
 - Parte 1-1: Ações gerais – Pesos volúmicos, pesos próprios, sobrecarga em edifícios;
 - Parte 1-4: Ações gerais – Ação do vento;
- NP EN 1992-1-1, 2010, EC2 – Eurocódigo 2: Projeto de estruturas de betão armado;
- NP EN 1997-1, 2010, EC7 – Eurocódigo 7: Projeto geotécnico;
- NP EN 1998-1, 2010, EC8 – Eurocódigo 8: Projeto de estruturas para resistência aos sismos;
 - Parte 1: Regras gerais, ações sísmicas e regras para edifícios;
- Regulamentação de Segurança e Ações para Estruturas de Edifícios e Pontes;

3.2 AÇÕES DE PROJETO

O Eurocódigo 0 define uma ação como sendo um conjunto de forças aplicadas à estrutura (ações diretas) ou um conjunto de deformações ou acelerações impostas, tais como variações de temperatura ou humidade, assentamentos diferenciais ou sismos (ações indiretas).

As ações são ainda classificadas no seu artigo 4.1.1 de acordo com o tempo de atuação, da seguinte forma:

- Ação permanente (G) – está presente em toda a vida da estrutura, tais como o seu peso próprio e restantes cargas permanentes;
- Ação variável (Q) – apresenta variações no seu período de atuação podendo estar no seu valor máximo, ou não, como é o caso das sobrecargas, vento e neve;
- Ação acidental (A) – ocorre num curto espaço de tempo, por exemplo um choque ou explosão.

3.2.1 Ações Permanentes

3.2.1.1 Peso próprio

O peso próprio das paredes em betão armado é assumido automaticamente pelos programas de cálculo Robot Structural Analysis. Relativamente às lajes nervuradas é necessário definir o peso próprio aquando da sua introdução nos modelos de cálculo com base nos documentos técnicos disponibilizados pela Fercanorte.

A introdução do peso próprio é feita de forma automática pelo ROBOT, tendo em conta a geometria dos elementos e o peso volúmico dos materiais constituintes.

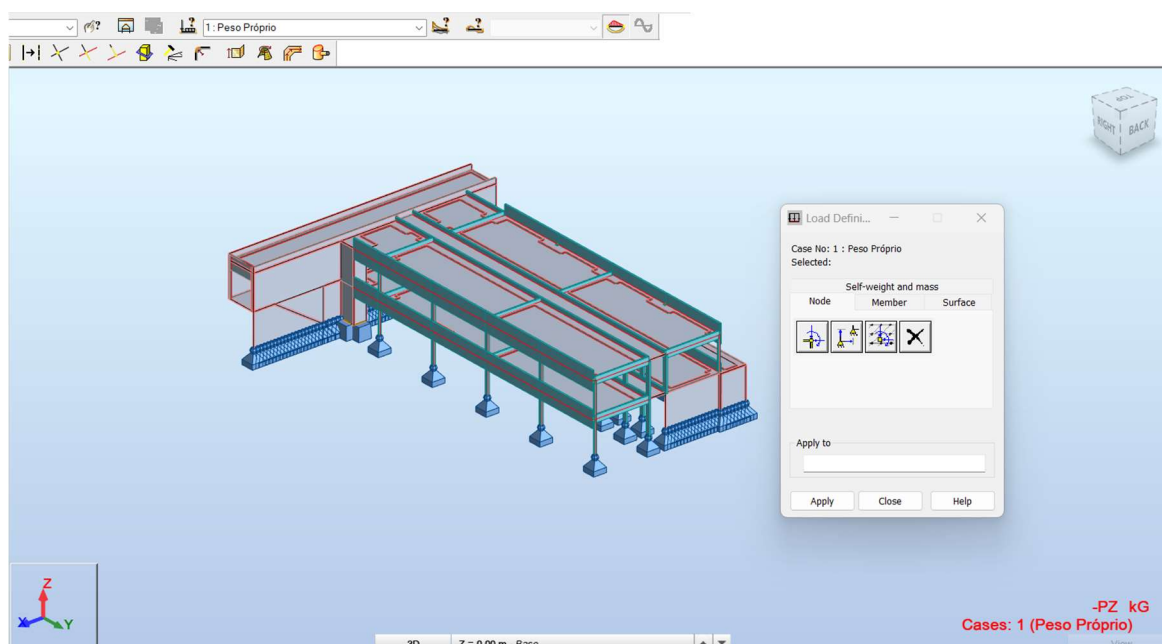


Figura 3-1 - Peso próprio da estrutura (ROBOT).

3.2.1.2 Restantes cargas permanentes

De seguida apresentam-se as restantes cargas permanentes consideradas neste projeto e a sua quantificação de acordo com os elementos apresentados nas peças escritas do projeto de arquitetura.

- **Laje piso 1**

Tabela 3-1 – Quantificação das restantes cargas permanentes do piso 1.

Material	Espessura (m)	Carga (kN/m ²)
Teto falso (madeira mineralizada)	-----	0,25
Isolamento acústico	0,05	0,02
Betão leve	0,04	0,48
Pavimento vinílico	0,003	0,036
Paredes divisórias em alvenaria de tijolo revestidas com gesso cartonado*	0,25	3,06
Total		3,846
Total considerado para programa de cálculo ROBOT		4,00

* Considerando a alínea c) do artigo 15º do Regulamento de Segurança e Ações para Estruturas de Edifícios e Pontes, para o qual se transcreve: “Em edifícios cujos pavimentos possuam constituição que garanta uma distribuição eficaz das cargas, o peso das paredes divisórias poderá assimilar-se a uma carga permanente uniformemente distribuída em todo o pavimento, com valores característicos por metro quadrado obtidos pelas percentagens seguintes do peso de uma faixa de parede com o comprimento de 1m e com altura igual à altura da parede:

Pavimentos considerados nas alíneas b) e c) de 35.1.1 30%”

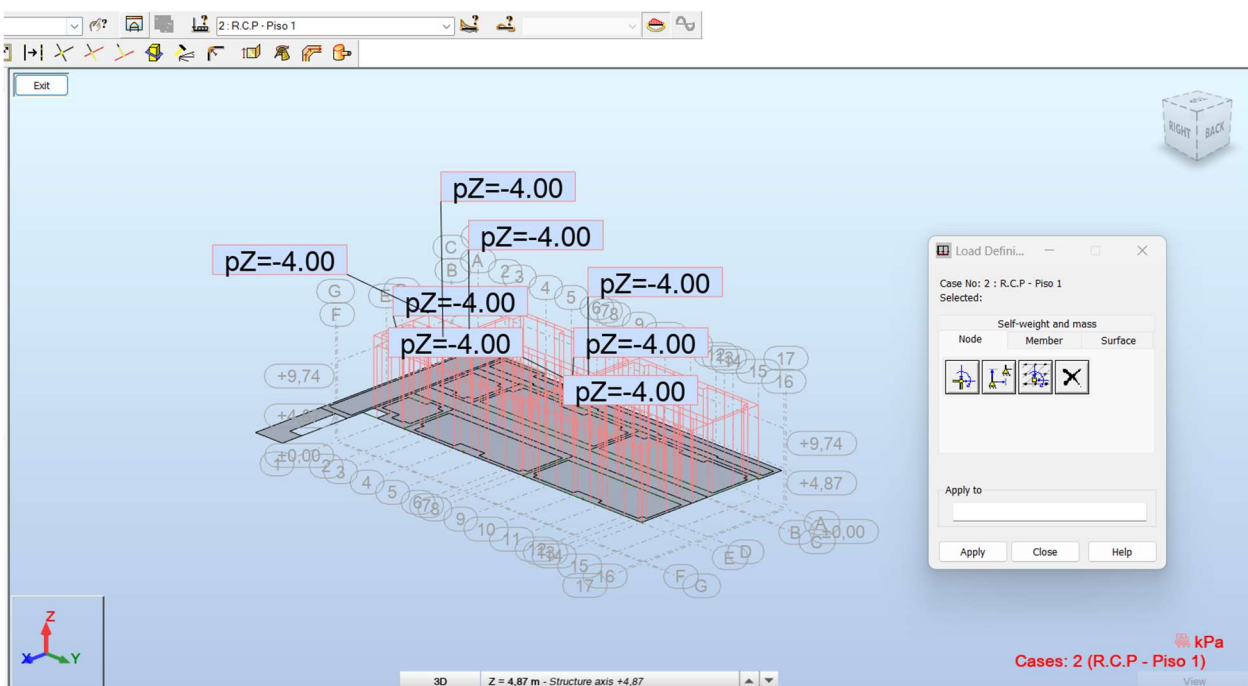


Figura 3-2 - Restantes cargas permanentes do piso 1 (ROBOT).

- Laje da cobertura (não acessível)

Tabela 3-2 - Quantificação das restantes cargas permanentes da cobertura.

Material	Espessura (m)	Carga (kN/m ²)
Teto falso (madeira mineralizada)	-----	0,25
Isolamento acústico	0,05	0,02
Cobertura invertida composta por camadas de isolamento, impermeabilização, betão de regularização, geotêxtil e godo	0,20	3,50
Total		3,77
Total considerado para programa de cálculo ROBOT		4,00

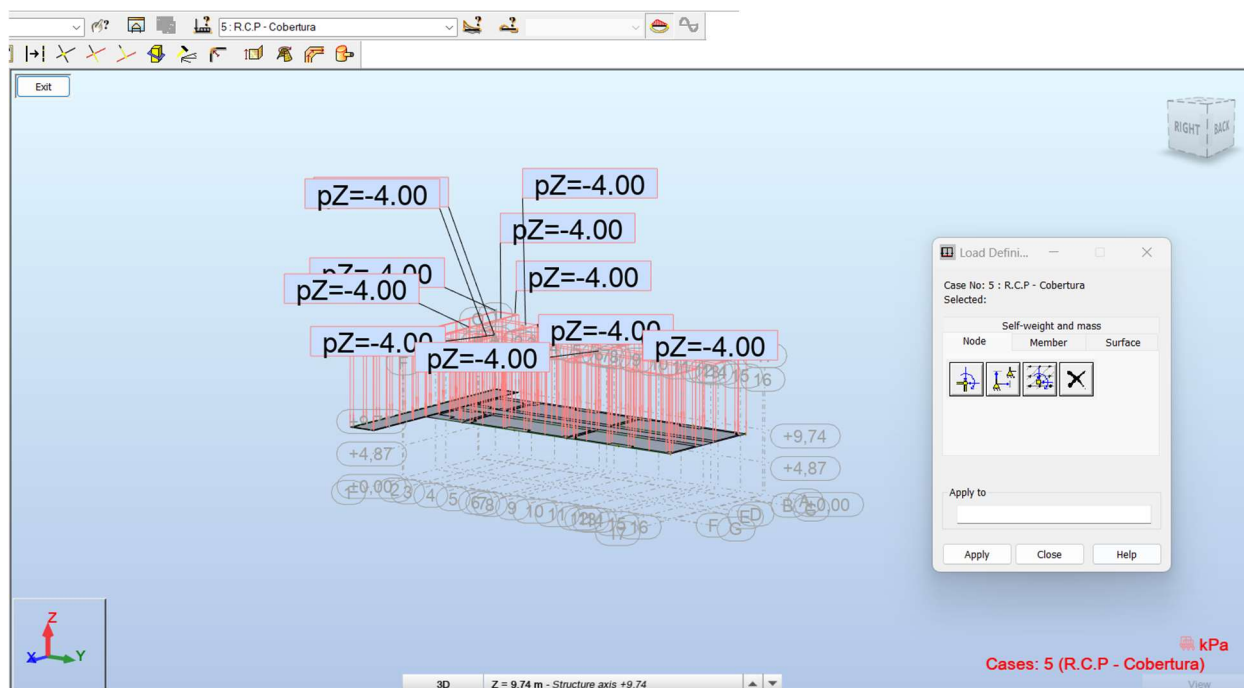


Figura 3-3 - Restantes cargas permanentes na cobertura (ROBOT).

- Pavimento exterior (varanda)

Tabela 3-3 - Quantificação das restantes cargas permanentes no pavimento exterior.

Material	Espessura (m)	Carga (kN/m ²)
Teto falso	----	0,25
Isolamento acústico	0,05	0,02
Revestimento cerâmico + telas + impermeabilizações	0,03	2,00
Total		2,27
Total considerado para programa de cálculo ROBOT		2,50

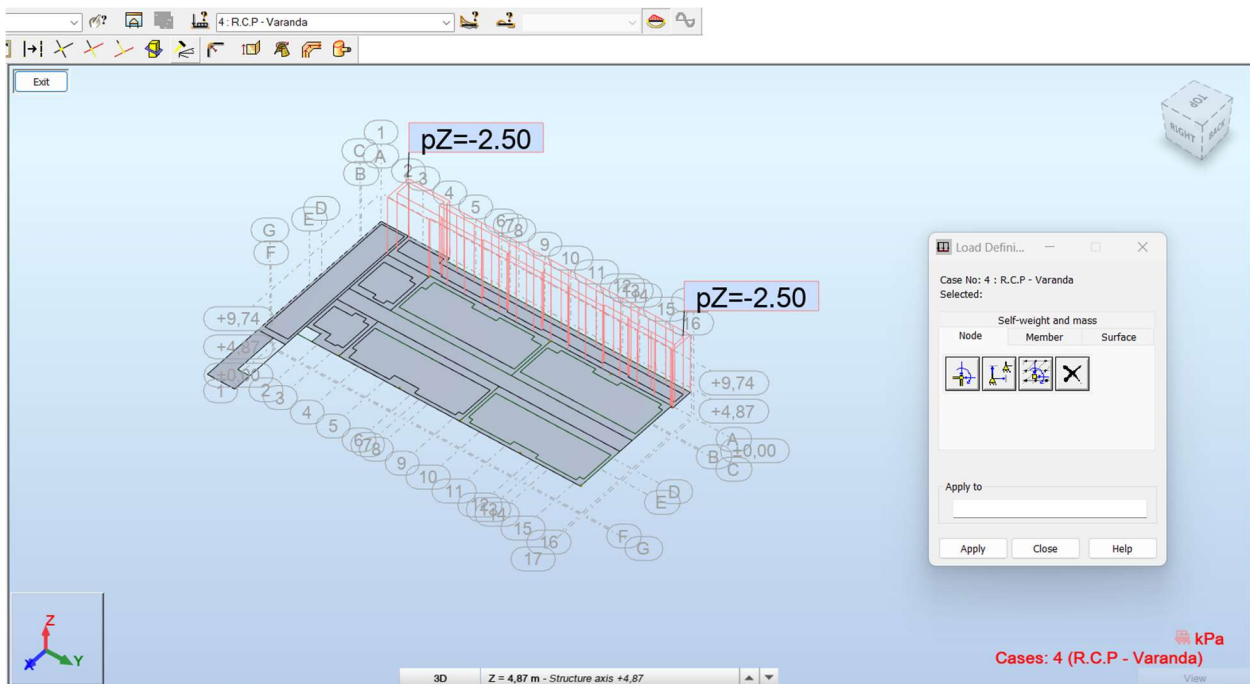


Figura 3-4 - Restantes cargas permanentes no pavimento exterior (ROBOT).

- Corredor de acesso (piso 1)

Tabela 3-4 - Quantificação das restantes cargas permanentes no corredor de acesso do piso 1.

Material	Espessura (m)	Carga (kN/m ²)
Teto falso (madeira mineralizada)	-----	0,25
Isolamento acústico	0,05	0,02
Betão leve	0,04	0,48
Pavimento vinílico	0,003	0,036
Total		0,786
Total considerado para programa de cálculo ROBOT		1,00

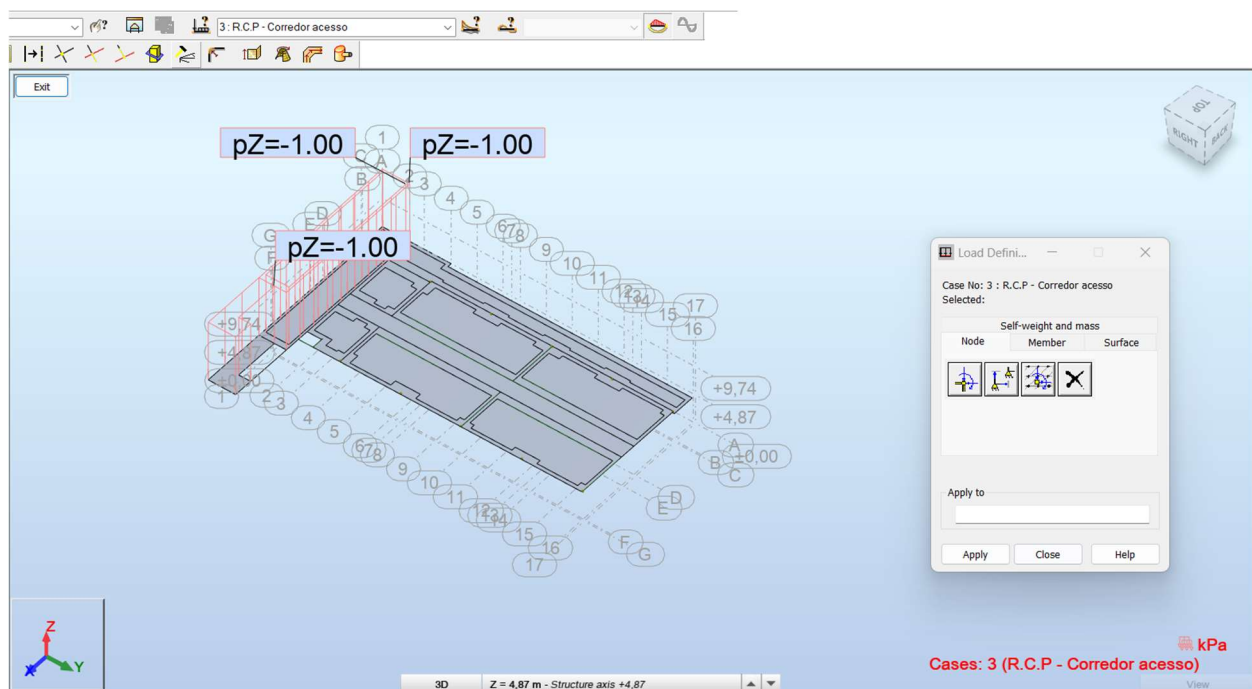


Figura 3-5 - Restantes cargas permanentes no corredor de acesso do piso 1 (ROBOT).

- Instalações sanitárias

Tabela 3-5 - Quantificação das restantes cargas permanentes nas I.S.

Material	Espessura (m)	Carga (kN/m ²)
Gesso cartonado	-----	0,25
Isolamento acústico	0,05	0,02
Betão leve	0,15	1,80
Pavimento vinílico	0,003	0,036
Paredes divisórias em alvenaria de tijolo*	0,15	2,847
Total		4,95
Total considerado para programa de cálculo ROBOT		5,20

* Considerando a alínea c) do artigo 15º do Regulamento de Segurança e Ações para Estruturas de Edifícios e Pontes, para o qual se transcreve: “Em edifícios cujos pavimentos possuam constituição que garanta uma distribuição eficaz das cargas, o peso das paredes divisórias poderá assimilar-se a uma carga permanente uniformemente distribuída em todo o pavimento, com valores característicos por metro quadrado obtidos pelas percentagens seguintes do peso de uma faixa de parede com o comprimento de 1m e com altura igual à altura da parede:

Pavimentos considerados nas alíneas b) e c) de 35.1.1 30%”

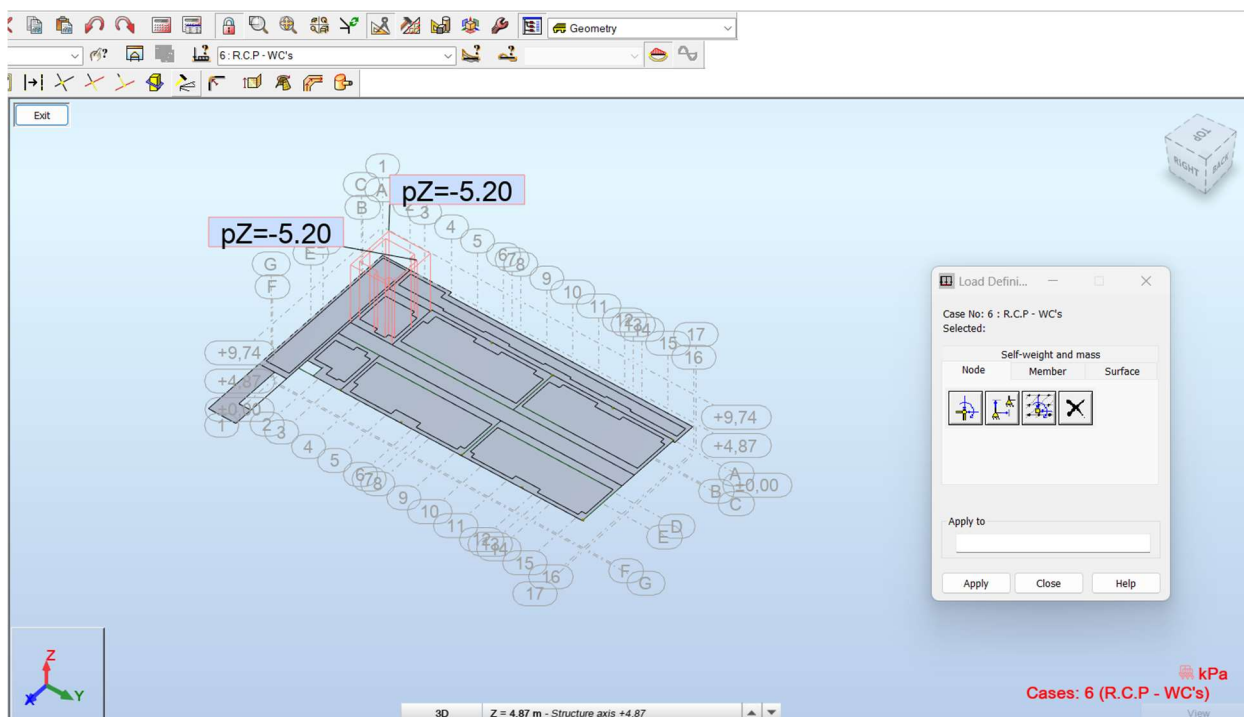


Figura 3-6 - Restantes cargas permanentes nas I.S. (ROBOT).

- Fachadas

Tabela 3-6 - Quantificação das cargas lineares das fachadas tipo 1.

Material – Fachada tipo 1	Altura (m)	Espessura (m)	Carga (kN/m)
Alvenaria de tijolo térmico	4,52	0,20	11,30
Gesso cartonado	4,52	0,07	0,95
Isolamento acústico	4,52	0,05	0,09
Total			12,34
Total considerado para programa de cálculo ROBOT			12,50

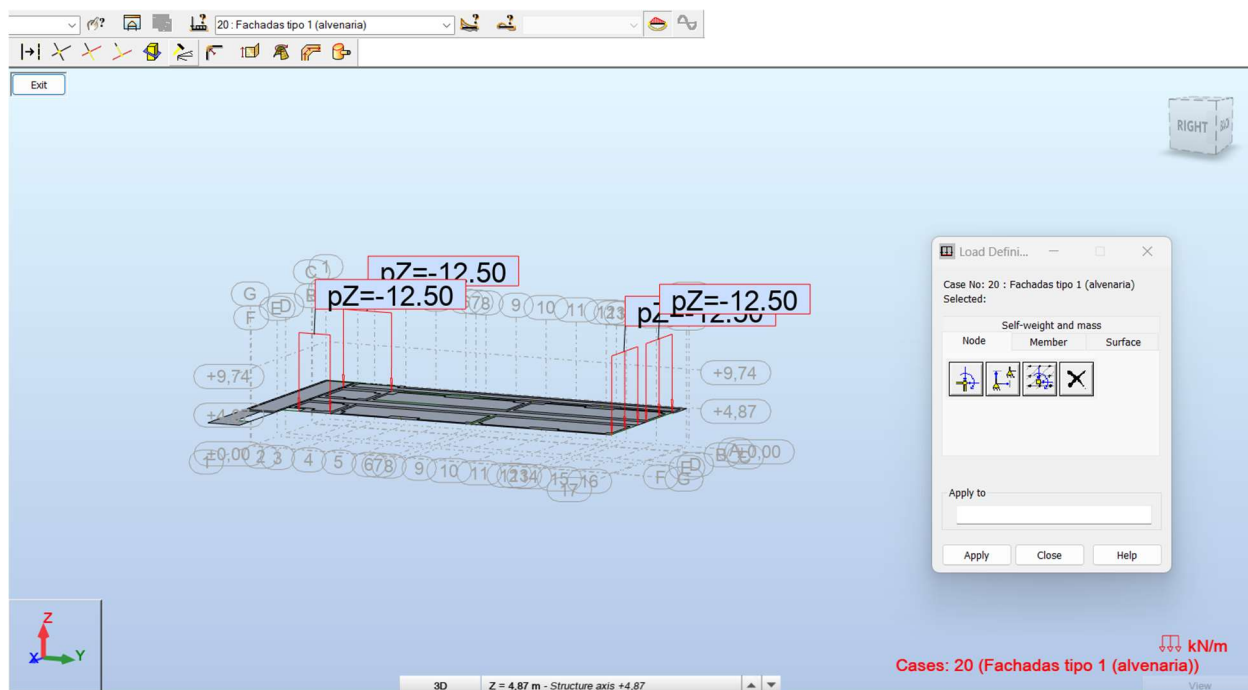


Figura 3-7 - Cargas lineares das fachadas tipo 1 (ROBOT).

Tabela 3-7 - Quantificação das cargas lineares das fachadas tipo 2.

Material – Fachada tipo 2	Altura (m)	Carga (kN/m)
Caixilharia em alumínio com vidro e alvenaria de tijolo	4,52	4,00
Gesso cartonado	4,52	0,95
Isolamento acústico	4,52	0,09
Total		5,04
Total considerado para programa de cálculo ROBOT		5,50

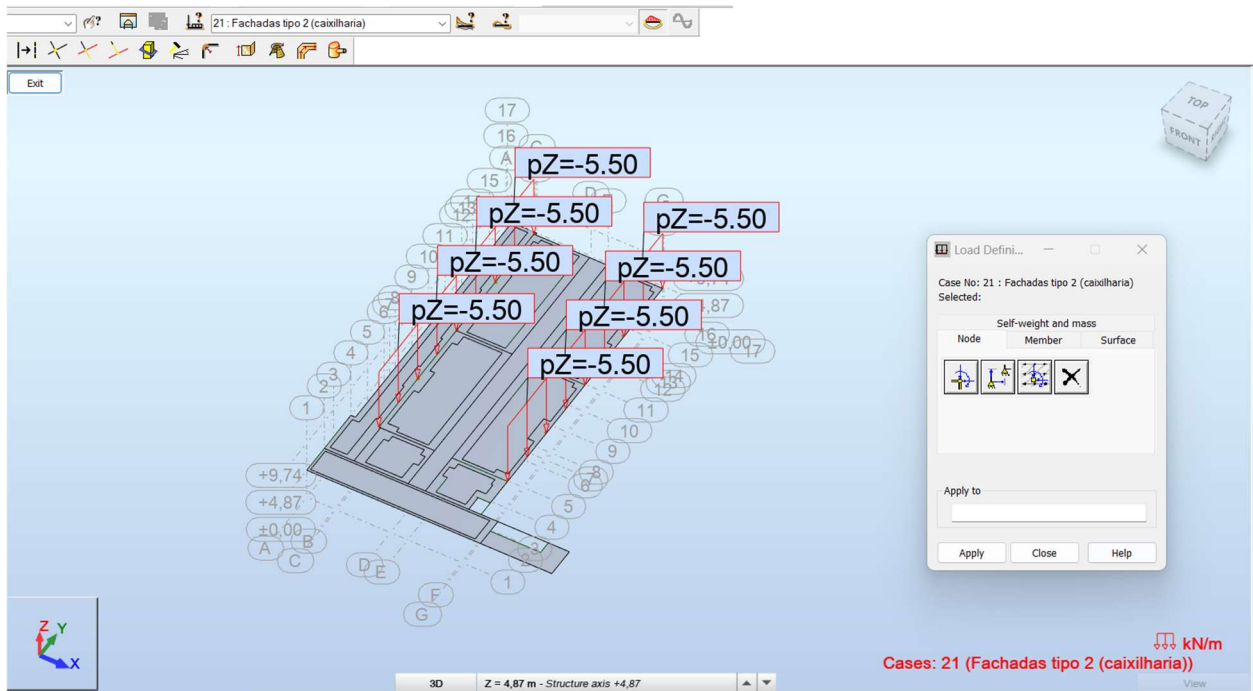


Figura 3-8 - Cargas lineares das fachadas tipo 2 (ROBOT).

3.2.1.3 Impulso de terras

Verifica-se em projeto um muro de suporte e paredes de contenção sujeitos aos impulsos das terras. A ação correspondente ao impulso das terras foi calculada pelas seguintes expressões:

$$k_0 = 1 - \sin \phi' \quad (3.1)$$

onde:

k_0 – coeficiente de impulso em repouso

ϕ' – ângulo de atrito

$$k_0 = 1 - \sin 30 = 0,50$$

$$\sigma_v = \sigma'_v + \mu \quad (3.2)$$

CAPÍTULO 3

onde:

σ_v – tensão vertical total

σ'_v – tensão vertical efetiva

μ – tensão da água (igual a zero, considerando drenagem de todos os muros)

$$\sigma'_v = (\gamma - \gamma_w) * h \quad (3.3)$$

onde:

γ - peso volúmico das terras

γ_w - peso volúmica da água

h - altura das terras

$$\sigma'_v = (19 - 0) * 4,87 = 92,53 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_v = 92,53 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma'_h = k_0 * \sigma_v \quad (3.4)$$

onde:

σ'_h - tensão horizontal efetiva

$$\sigma'_h = 0,50 * 92,53 = 46,265 \text{ kN/m}^2$$

Adotou-se o valor de 46,50 kN/m² para o impulso das terras.

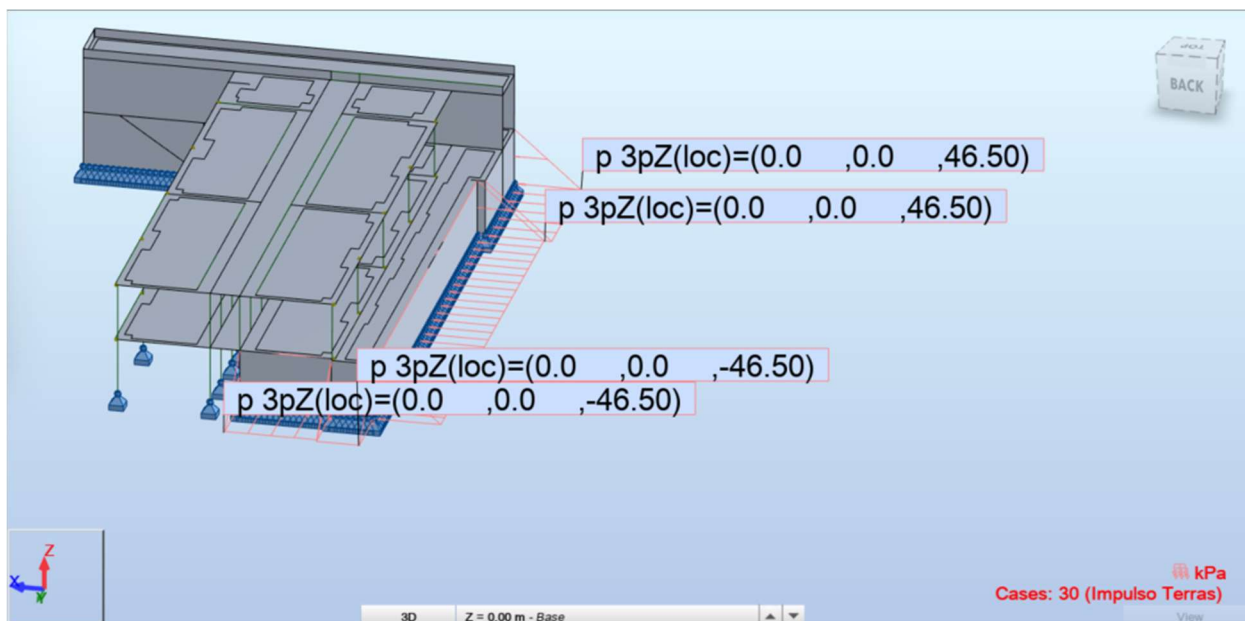


Figura 3-9 - Impulso de terras (ROBOT).

3.2.2 Ações variáveis

Tendo em conta que as ações variáveis são aquelas que apresentam variação da intensidade ao longo do tempo, neste projeto consideraram-se as sobrecargas que representam as ações provocadas pela utilização do edifício, a ação do vento e do sismo.

3.2.2.1 Sobrecarga

Os valores das sobrecargas quantificam-se de acordo com os critérios e regras definidas no Eurocódigo 1 parte 1-1, no qual se distinguem as utilizações dos pavimentos e coberturas em diferentes categorias e respetivos valores de sobrecarga.

Categoria	Utilização específica	Exemplos
A	Actividades domésticas e residenciais	Salas em edifícios de habitação; quartos e enfermarias de hospitais; quartos de hotéis, cozinhas e lavabos.
B	Escritórios	
C	Locais de reunião (com excepção das utilizações correspondentes às categorias A, B e D) ¹⁾	<p>C1: Zonas com mesas, etc.; por exemplo, em escolas, cafés, restaurantes, salões de jantar, salas de leitura, recepções.</p> <p>C2: Zonas com assentos fixos; por exemplo, em igrejas, teatros ou cinemas, salas de conferências, salas de aulas, salas de reunião, salas de espera.</p> <p>C3: Zonas sem obstáculos para a movimentação de pessoas; por exemplo, em museus, salas de exposição, etc. e em acessos de edifícios públicos e administrativos, hotéis, hospitais, e em átrios de entrada de estações de comboio.</p> <p>C4: Zonas em que são possíveis actividades físicas; por exemplo, salões de dança, ginásios, palcos.</p> <p>C5: Zonas de possível acolhimento de multidões; por exemplo, edifícios para eventos públicos, tais como salas de concertos, salas para actividades desportivas incluindo bancadas, terraços e zonas de acesso; plataformas ferroviárias.</p>
D	Actividades comerciais	<p>D1: Zonas de lojas em geral.</p> <p>D2: Zonas de grandes armazéns.</p>
<p><i>1) Chama-se a atenção para 6.3.1.1(2), em particular para C4 e C5. Ver a EN 1990 quando for necessário considerar efeitos dinâmicos. Para a Categoria E, ver o Quadro 6.3.</i></p> <p><i>NOTA 1: Dependendo das utilizações previstas, as zonas que seriam normalmente classificadas como C2, C3 e C4 poderão ser classificadas como C5 por decisão do dono de obra e/ou do Anexo Nacional.</i></p> <p><i>NOTA 2: O Anexo Nacional poderá estabelecer subcategorias para A, B, C1 a C5, D1 e D2.</i></p> <p><i>NOTA 3: Ver 6.3.2 para zonas de armazenamento ou de actividades industriais.</i></p>		

Categoria	Utilização específica
H	Coberturas não acessíveis, excepto para operações de manutenção e reparação correntes
I	Coberturas acessíveis com utilizações definidas nas Categorias A a G
K	Coberturas acessíveis para utilizações especiais, tais como aterragem de helicópteros

Figura 3-10 – NP EN 1991-1-1 2009, Ações em estruturas – Pesos volúmicos, pesos próprios, sobrecargas em edifícios: Categorias de utilização.

Categorias de zonas carregadas	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]
Categoria A		
- Pavimentos	1,5 a <u>2,0</u>	<u>2,0</u> a 3,0
- Escadas	<u>2,0</u> a 4,0	<u>2,0</u> a 4,0
- Varandas	<u>2,5</u> a 4,0	<u>2,0</u> a 3,0
Categoria B	2,0 a <u>3,0</u>	1,5 a <u>4,5</u>
Categoria C		
- C1	2,0 a <u>3,0</u>	3,0 a <u>4,0</u>
- C2	3,0 a <u>4,0</u>	2,5 a 7,0 (<u>4,0</u>)
- C3	3,0 a <u>5,0</u>	<u>4,0</u> a 7,0
- C4	4,5 a <u>5,0</u>	3,5 a <u>7,0</u>
- C5	<u>5,0</u> a 7,5	3,5 a <u>4,5</u>
Categoria D		
- D1	<u>4,0</u> a 5,0	3,5 a 7,0 (<u>4,0</u>)
- D2	4,0 a <u>5,0</u>	3,5 a <u>7,0</u>

Cobertura	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]
Categoria H	q_k	Q_k
<p><i>NOTA 1:</i> Para a Categoria H, q_k poderá ser escolhido na gama 0,0 kN/m² a 1,0 kN/m² e Q_k na gama 0,9 kN a 1,5 kN. Quando se indica uma gama de valores, os valores a adoptar poderão ser definidos no Anexo Nacional. Os valores recomendados são: $q_k = 0,4$ kN/m², $Q_k = 1,0$ kN.</p> <p><i>NOTA 2:</i> q_k poderá ser alterado pelo Anexo Nacional, em função da inclinação da cobertura.</p> <p><i>NOTA 3:</i> Poderá admitir-se que q_k actua sobre uma área A, a qual poderá ser definida no Anexo Nacional. O valor recomendado para A é 10 m², numa gama entre zero e a área total da cobertura.</p> <p><i>NOTA 4:</i> Ver também 3.3.2(1).</p>		

Figura 3-11 - NP EN 1991-1-1 2009, Ações em estruturas – Pesos volúmicos, pesos próprios, sobrecargas em edifícios: sobrecargas em pavimentos, varandas e escadas de edifícios.

O edifício em análise será destinado a educação no piso 0 e piso 1 pelo que será considerada a categoria C de utilização e subcategoria C2. Para a cobertura não acessível, exceto para operações de manutenção e reparações correntes, será considerada a categoria H de utilização. Para as escadas o Eurocódigo 1 parte 1-1 define que se deve adotar uma sobrecarga uniformemente distribuída idêntica à do pavimento adjacente com um mínimo de 3,0 kN/m².

Tabela 3-8 - Tabela resumo de sobrecargas.

Zona	Categoria	Sobrecarga
Piso 1	C (subcategoria C2)	4,0 kN/m ²
Cobertura	H	0,40 kN/m ²
Pavimento exterior (varanda)	C	4,0 kN/m ²
Escadas	C	4,0 kN/m ²

3.2.2.2 Vento

A quantificação da ação do vento foi realizada de acordo com as disposições do Eurocódigo 1-4. Em primeiro lugar, e de acordo com a alínea b) do artigo NA.2.3, calculou-se o valor da velocidade de referência do vento. O regulamento considera o país dividido em duas zonas, Zona A e Zona B. O edifício em estudo situa-se no concelho de Felgueiras, distrito do Porto, enquadrando-se, portanto, na Zona A - *“generalidade do território, exceto as regiões pertencentes à zona B”* para a qual é definido o valor de 27,0 m/s como velocidade de referência da velocidade do vento (v_b). O valor recomendado pelo Eurocódigo para os coeficientes de direção (C_{dir}) e sazão (C_{season}) é de 1,0 estando este valor sujeito a alterações de acordo com os anexos nacionais de cada país. Posto isto, podemos concluir que o valor de referência da velocidade do vento é igual ao valor básico da velocidade de referência do vento, ou seja, $v_b = V_{b,0}$.

$$v_b = C_{dir} * C_{season} * V_{b,0} \quad (3.5)$$

$$v_b = 1,0 * 1,0 * 27,0$$

$$v_b = 27,0 \text{ m/s}$$

v_b – valor de referência da velocidade do vento, definido em função da direção do vento e da época do ano a uma altura de 10m acima da superfície de um terreno de categoria II;

C_{dir} – coeficiente de direção;

C_{season} – coeficiente de sazão;

$V_{b,0}$ – valor básico da velocidade de referência do vento.

De seguida, calculou-se o valor da pressão dinâmica de referência.

$$q_b = \frac{1}{2} * \rho * V_b^2 \quad (3.6)$$

$$q_b = \frac{1}{2} * 1,25 * 27,0^2$$

$$q_b = 455,625 \text{ Pa}$$

q_b – pressão dinâmica de referência

ρ – massa volúmica de ar, a qual depende da altitude, da temperatura e da pressão atmosférica para a região, sendo o valor recomendado de 1,25 kg/m³;

v_b – valor de referência da velocidade do vento, definido em função da direção do vento e da época do ano a uma altura de 10m acima da superfície de um terreno de categoria II;

Afetando a pressão dinâmica de referência (q_b) pelo coeficiente de exposição ($C_e(z)$), fator que depende da altura do edifício e da categoria do terreno, obteve-se o valor da pressão dinâmica de pico (q_p). O edifício tem uma cêrcea máxima de 10,0m e situa-se num terreno de categoria III “Zona com uma cobertura regular de vegetação ou edifícios, ou com obstáculos isolados com separações entre si de, no máximo, 20 vezes a sua altura”. Pela análise do gráfico da figura 4.2. do Eurocódigo, o qual abaixo se replica, obtêm-se um valor de 1,70 para o coeficiente de exposição.

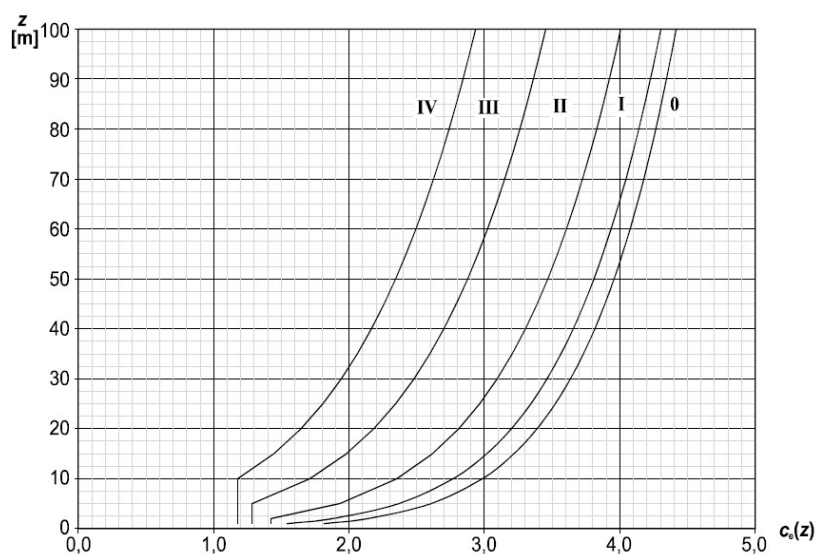


Figura 3-12 - NP EN 1991-1-4, Ações em estruturas - Ações do vento: Representação do coeficiente de exposição $C_e(z)$ para $c_0=1,0$ e $k_1=1,0$.

$$q_p = q_b * C_e(z) \quad (3.7)$$

$$q_p = 455,625 * 1,70$$

$$q_p = 774,563 \text{ Pa}$$

$$q_p = 0,775 \text{ kPa}$$

q_p – *pressão dinâmica de pico*

q_b – *pressão dinâmica de referência*

$C_e(z)$ – *coeficiente de exposição*

De seguida, calcularam-se as pressões exteriores e ação do vento. O edifício, em planta, tem dimensões 18,30m por 45,07m e altura de 10,00m. A relação entre a altura e o comprimento da fachada influencia o valor da pressão dinâmica de referência. No caso em estudo, ambos os comprimentos das fachadas são superiores à altura do edifício, o que resulta numa pressão constante em toda a altura.

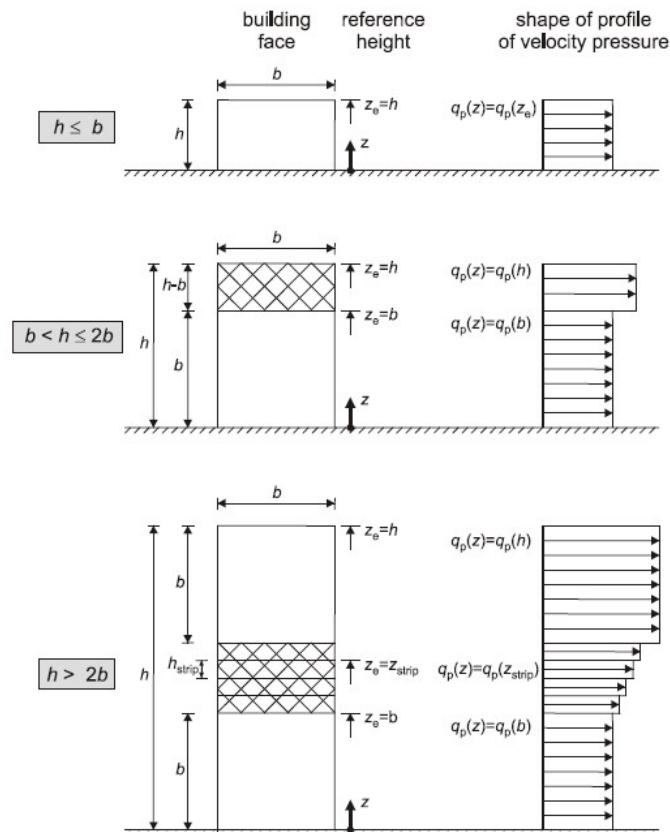


Figura 3-13 - NP EN 1991-1-4, Ações em estruturas - Ações do vento: Altura de referência em função de h e b .

Os coeficientes de pressão exterior dependem das dimensões da fachada ou do elemento carregado. Os coeficientes são fornecidos para elementos de 1 m^2 e de 10 m^2 . O coeficiente para elementos de 1 m^2 é representado por $C_{pe,1}$ (coeficientes locais) e por $C_{pe,10}$ (coeficientes globais). Dado que o vento será calculado para as fachadas exteriores, tendo elas áreas superiores a 10 m^2 , foram utilizados os coeficientes globais. Para o cálculo dos coeficientes globais foi necessário determinar primeiro a localização das zonas de cálculo.

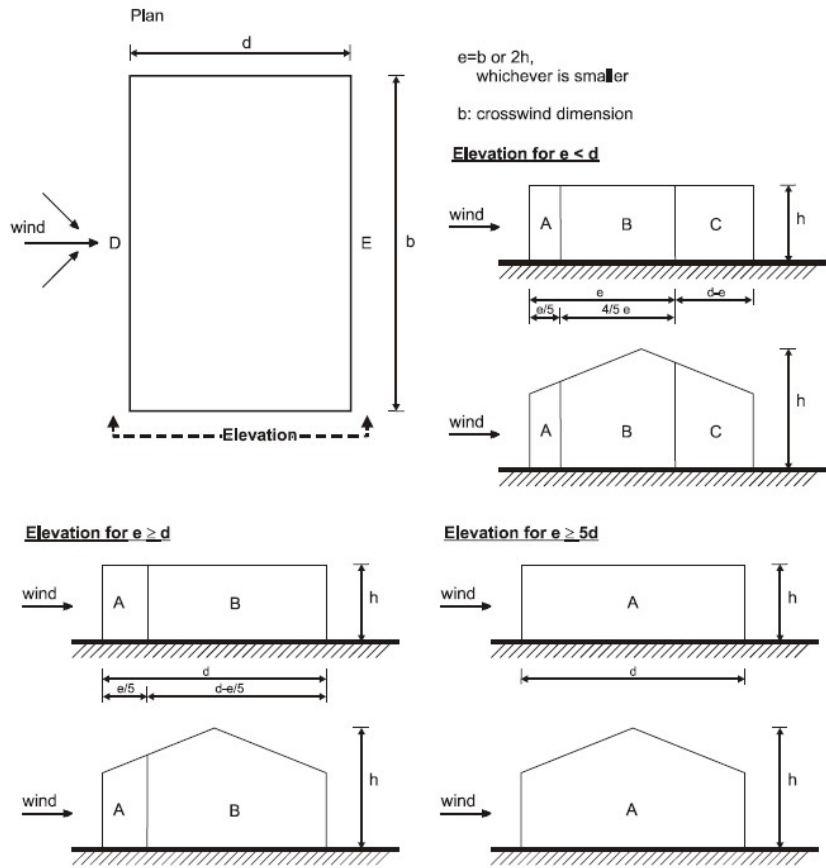


Figura 3-14 - NP EN 1991-1-4, Ações em estruturas - Ações do vento: Zonas de cálculo do C_{pe} .

- Vento na direção x

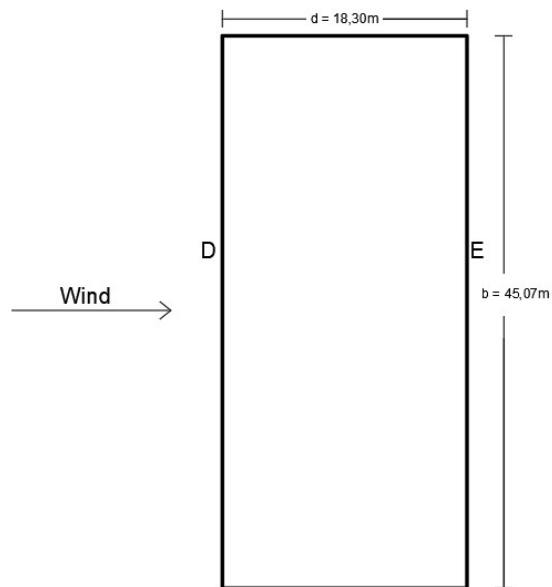


Figura 3-15 - Representação esquemática do vento na direção x.

$e = 2 * 10,00 = 20,00m \vee e = 45,07m$, ou seja:

$e = 20,00m$ e Elevation $e > d$

$\frac{h}{d} = \frac{10,00}{18,30} = 0,55$

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	

Figura 3-16 - NP EN 1991-1-4, Ações em estruturas - Ações do vento: Valores recomendados dos coeficientes de pressão exterior.

$C_{pe,10}$ fachada D = +0,76

$C_{pe,10}$ fachada E = -0,38

$C_{pe,10} = 0,76 + 0,38 = 1,14$ (soma vetorial)

$w_{e,x} = 1,14 * 0,775$

$w_{e,x} = 0,884 \text{ kN/m}^2$

• Vento na direção y

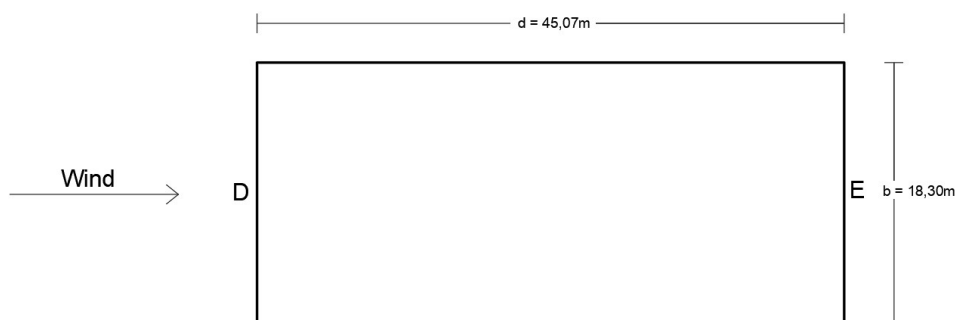


Figura 3-17 - Representação esquemática do vento na direção y.

CAPÍTULO 3

$$e = 2 * 10,00 = 20,00m \vee e = 18,30m , ou seja:$$

$$e = 18,30m \text{ e Elevation } e < d$$

$$\frac{h}{d} = \frac{10,00}{45,07} = 0,22$$

$$Cp_{e,10} \text{ fachada D} = +0,70$$

$$Cp_{e,10} \text{ fachada E} = -0,30$$

$$Cp_{e,10} = 0,70 + 0,30 = 1,00 \text{ (soma vetorial)}$$

$$w_{e,y} = 1,00 * 0,775$$

$$w_{e,y} = 0,775kN/m^2$$

Estas ações foram introduzidas no programa de cálculo Robot Structural Analysis recorrendo a cargas lineares aplicadas ao nível da laje do piso 1 da cobertura.

Tabela 3-9 - Tabela resumo das cargas do vento na direção x.

Direção do vento	Laje	$w_{e,x} (kN/m^2)$	Altura (m)	Carga (kN/m)
Vento X+	Piso 1	0,884	4,87	4,31
	Cobertura		2,435	2,16
Vento X-	Piso 1		4,87	-4,31
	Cobertura		2,435	-2,16

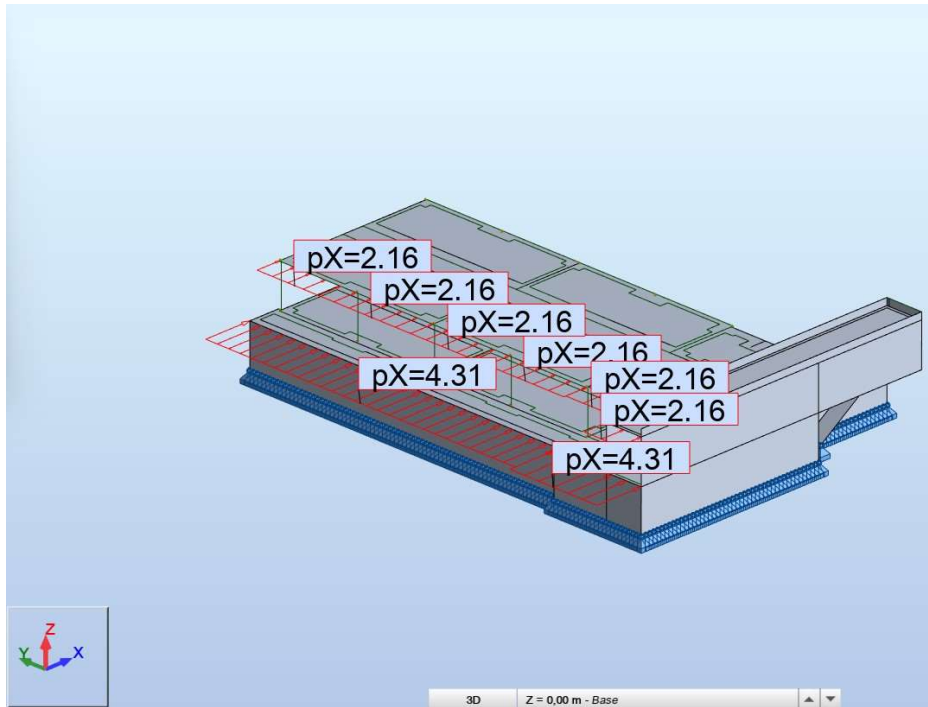


Figura 3-18 - Carga do vento na direção x+ (ROBOT).

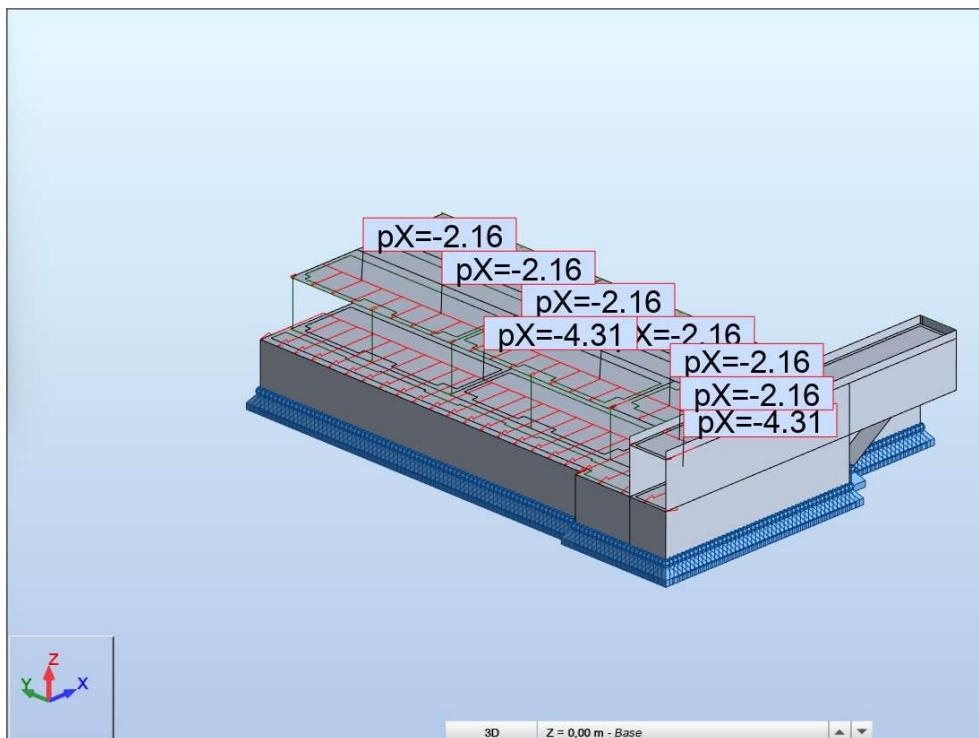


Figura 3-19 - Carga do vento na direção x- (ROBOT).

Tabela 3-10 - Tabela resumo das cargas do vento na direção y.

Direção do vento	Laje	$w_{e,y}$ (kN/m ²)	Altura (m)	Carga (kN/m ²)
Vento Y+	Piso 1	0,775	4,87	3,77
	Cobertura		2,435	1,89
Vento Y-	Piso 1		4,87	-3,77
	Cobertura		2,435	-1,89

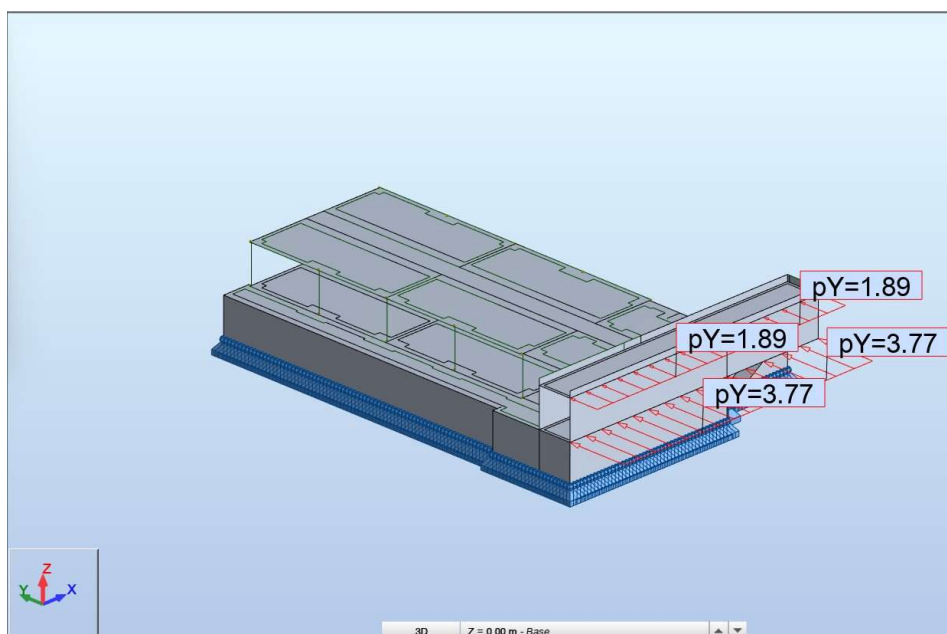


Figura 3-20 - Carga do vento na direção y+ (ROBOT).

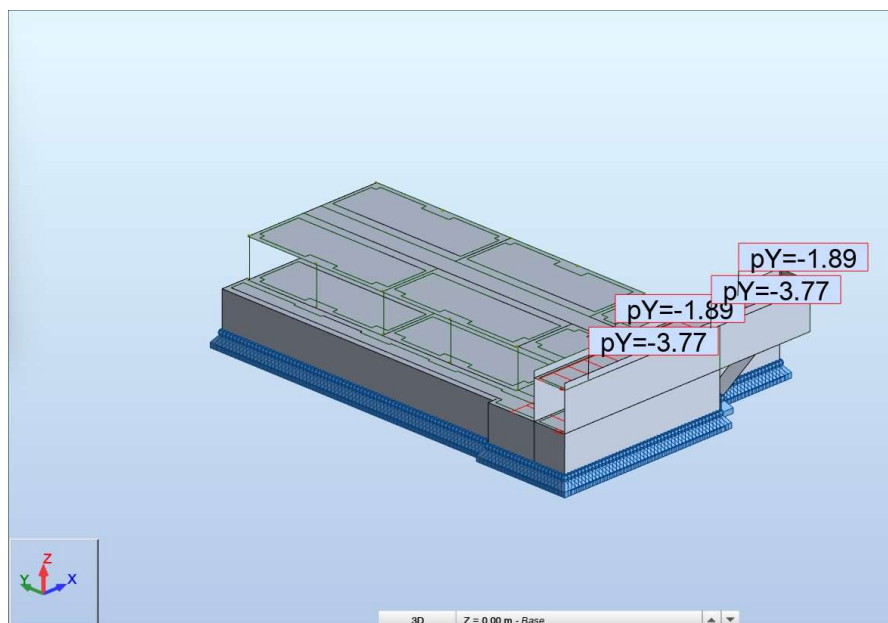


Figura 3-21 - Carga do vento na direção Y-.

3.2.2.3 Ação sísmica

Portugal Continental encontra-se localizado numa zona de média sismicidade, caracterizada pela ocorrência de sismos de grande magnitude, embora com grandes distâncias epicentrais e muito espaçados no tempo, em conjunto com ocorrências locais de magnitude mais reduzida, mas com menores períodos de retorno. A história portuguesa é rica em relatos sobre sismos ocorridos no nosso território, sendo o mais importante o sismo de 1 de Novembro de 1755, sismo que afetou em especial a zona de Lisboa, a costa alentejana e o Algarve.

O estudo da ação sísmica consiste numa análise que tem em conta as três direções x, y e z. No entanto, o estudo da ação sísmica na direção z é muitas vezes desprezável, apenas sendo importante quando na estrutura existem elementos em consola que poderão entrar em ressonância ou pilares a apoiar em vigas. Para o caso em estudo apenas foram tidas em conta as direções x e y.

Os edifícios são classificados de acordo com requisito de não colapso assim como a limitação de danos, em função das consequências do colapso em termos de vidas humanas, da sua importância para a segurança pública e para a proteção civil imediatamente após o sismo e das consequências sociais e económicas do colapso. Desta análise resultam quatro classes de edifícios e obras de engenharia civil, sendo que para o edifício em estudo, tratando-se de um edifício escolar, é considerada a classe de importância III.

Classe de importância	Edifícios
I	Edifícios de importância menor para a segurança pública, como por exemplo edifícios agrícolas, etc.
II	Edifícios correntes, não pertencentes às outras categorias.
III	Edifícios cuja resistência sísmica é importante tendo em vista as consequências associadas ao colapso, como por exemplo escolas, salas de reunião, instituições culturais, etc.
IV	Edifícios cuja integridade em caso de sismo é de importância vital para a protecção civil, como por exemplo hospitais, quartéis de bombeiros, centrais eléctricas, etc.

Figura 3-22 - NP EN 1998-1, Projeto de estruturas para resistência aos sismos – Regras gerais, ações sísmicas e regras para edifícios: Classes de importância para edifícios.

Classe de Importância	Acção sísmica Tipo 1	Acção sísmica Tipo 2	
		Continente	Açores
I	0,65	0,75	0,85
II	1,00	1,00	1,00
III	1,45	1,25	1,15
IV	1,95	1,50	1,35

Figura 3-23 - NP EN 1998-1, Projeto de estruturas para resistência aos sismos – Regras gerais, ações sísmicas e regras para edifícios: Coeficientes de importância γ_t .

De modo a obter uma caracterização detalhada das reais condições hidrogeológicas existentes no subsolo, e de modo a permitir a conceção e desenvolvimento das soluções mais adequadas, foi possível ter acesso ao relatório de prospeção geológica e geotécnica, do qual se conclui que o terreno é do tipo D.

Tipo de terreno	Descrição do perfil estratigráfico	Parâmetros		
		$v_{s,30}$ (m/s)	N_{SPT} (palcadas/30 cm)	c_u (kPa)
A	Rocha ou outra formação geológica de tipo rochoso, que inclua, no máximo, 5 m de material mais fraco à superfície	> 800	–	–
B	Depósitos de areia muito compacta, de seixo (cascalho) ou de argila muito rija, com uma espessura de, pelo menos, várias dezenas de metros, caracterizados por um aumento gradual das propriedades mecânicas com a profundidade	360 – 800	> 50	> 250
C	Depósitos profundos de areia compacta ou medianamente compacta, de seixo (cascalho) ou de argila rija com uma espessura entre várias dezenas e muitas centenas de metros	180 – 360	15 - 50	70 - 250
D	Depósitos de solos não coesivos de compactidade baixa a média (com ou sem alguns estratos de solos coesivos moles), ou de solos predominantemente coesivos de consistência mole a dura	< 180	< 15	< 70
E	Perfil de solo com um estrato aluvionar superficial com valores de v_s do tipo C ou D e uma espessura entre cerca de 5 m e 20 m, situado sobre um estrato mais rígido com $v_s > 800$ m/s			
S_1	Depósitos constituídos ou contendo um estrato com pelo menos 10 m de espessura de argilas ou siltes moles com um elevado índice de plasticidade ($PI > 40$) e um elevado teor de água	< 100 (indicativo)	–	10 - 20
S_2	Depósitos de solos com potencial de liquefação, de argilas sensíveis ou qualquer outro perfil de terreno não incluído nos tipos A – E ou S_1			

Figura 3-24 - NP EN 1998-1, Projeto de estruturas para resistência aos sismos – Regras gerais, ações sísmicas e regras para edifícios: Tipos de terreno.

A estrutura resistente do edifício será constituída por pórticos em betão armado, sendo os pisos realizados com lajes maciças de betão armado e lajes nervuradas (fungiblocos), de espessura constante (0,35m) e suficiente para que possam ser consideradas como diafragmas rígidos. Em termos geométricos, os 2 pisos desenvolvem-se com pé-direito constante igual a 4.87m, sendo as dimensões em planta de cada piso de 49.50m x 18.30m. Do ponto de vista do funcionamento estrutural, foram previstos pórticos constituídos por pilares e vigas em betão armado C30/37. Os pilares foram considerados simplesmente apoiados na base, encontrando-se orientados de forma a mobilizar a inércia em torno do seu eixo forte (YY) e, desta forma, respeitar a arquitetura preconizada. De seguida, apresentam-se os dados de cálculo para a ação sísmica, de acordo com o Eurocódigo 8 parte 1.

DADOS ESTRUTURAIS

Local da obra (Município):	Felgueiras		
Tipo de Terreno: (Quadro 3.1)	D	Descrição:	Depósitos de solos não coesivos de compacidade baixa a média (com ou sem alguns estratos de solos coesivos moles), ou de solos predominantemente coesivos de consistência mole a dura.
Classe de importância: (Quadro 4.3)	III	Descrição:	Edifícios cuja resistência sísmica é importante tendo em vista as consequências associadas ao colapso, como por exemplo escolas, salas de reunião, instituições culturais, etc.
Coefficiente de amortecimento:	5,0%		
Coefficiente de comportamento (q) (Artigo 5.2.2.2)	3,90	Nota:	$q = q_0 * k_w \geq 1,5$
q_0	valor básico do coeficiente de comportamento, função do tipo do sistema estrutural e da sua regularidade em altura		
k_w	Coeficiente que reflete o modo de rotura predominante nos sistemas estruturais de paredes		

Classificada a tipologia estrutural como “sistema porticado, sistema misto, sistema de paredes acopladas” o valor de q_0 é definido por:

$$q_0 = 3,0 \times \frac{\alpha_u}{\alpha_1} \tag{3.8}$$

Tipo estrutural	DCM	DCH
Sistema porticado, sistema misto, sistema de paredes acopladas	$3,0\alpha_w/\alpha_1$	$4,5\alpha_w/\alpha_1$
Sistema de paredes não acopladas	3,0	$4,0\alpha_w/\alpha_1$
Sistema torsionalmente flexível	2,0	3,0
Sistema de pêndulo invertido	1,5	2,0

Figura 3-25 - NP EN 1998-1, Projeto de estruturas para resistência aos sismos – Regras gerais, ações sísmicas e regras para edifícios: Valor básico do coeficiente de comportamento, q_0 , para sistemas regulares em altura.

Em que, para a relação $\frac{\alpha_u}{\alpha_1}$, se considera “edifícios de vários pisos, pórticos ou sistemas mistos equivalentes a pórticos com vários tramos”, obtendo-se o valor da relação de 1,3.

Para o coeficiente k_w considera-se um sistema porticado ou sistema misto equivalente a pórtico, obtendo-se o valor de 1,00.

$$k_w = \left\{ \begin{array}{l} 1,00, \text{ para sistemas porticados ou sistemas mistos equivalentes a pórticos} \\ (1 + \alpha_0) / 3 \leq 1, \text{ mas não inferior a } 0,5, \text{ para sistemas de paredes, sistemas} \\ \text{equivalentes a paredes e sistemas torsionalmente flexíveis} \end{array} \right\}$$

Figura 3-26 - Quantificação do coeficiente k_w .

Resultando assim um valor para o coeficiente de comportamento de:

$$q = q_0 \times k_w \quad (3.9)$$

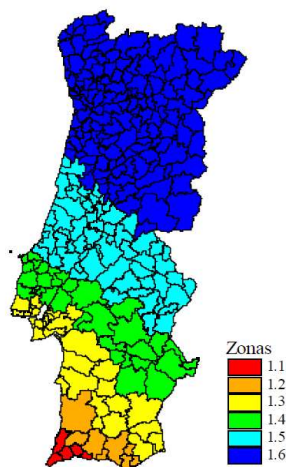
$$q = 3,0 \times 1,3 \times 1,0$$

$$q = 3,90 \geq 1,50$$

ESPETROS DE RESPOSTA HORIZONTAIS PARA ANÁLISE ELÁSTICA

AÇÃO SÍSMICA TIPO 1 - Sismo de magnitude moderada e pequena distância focal

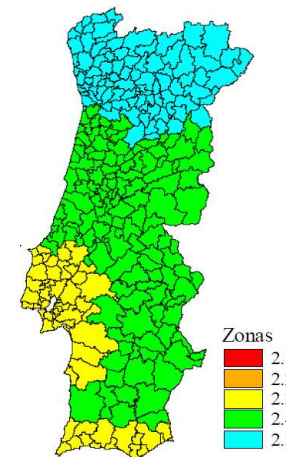
Zona sísmica	1,60	(Quadro NA.I ou ANEXO NA.I)
agr	0,35	(Anexo NA.I)
Yt	1,45	(Quadro NA.II)
ag	0,05	(Nota 3 Artigo 3.2.1)
S	2,00	(NA-3.2.2.2(2)P)
Smax	2,00	(Quadro NA-3.2)
TB	0,10	(Quadro NA-3.2)
TC	0,80	(Quadro NA-3.2)
TD	2,00	(Quadro NA-3.2)
η	1,00	(Fórmula 3.6)
β	0,20	(Nota 3.2.2.5(4))



Acção sísmica Tipo 1

AÇÃO SÍSMICA TIPO 2 - Sismo de magnitude elevada e grande distância focal

Zona sísmica	2,50	(Quadro NA.I ou ANEXO NA.I)
agr	0,80	(Anexo NA.I)
Yt	1,25	(Quadro NA.II)
ag	0,10	(Nota 3 Artigo 3.2.1)
S	2,00	(NA-3.2.2.2(2)P)
Smax	2,00	(Quadro NA-3.3)
TB	0,10	(Quadro NA-3.3)
TC	0,30	(Quadro NA-3.3)
TD	2,00	(Quadro NA-3.3)
η	1,00	(Fórmula 3.6)
β	0,20	(Nota 3.2.2.5(4))



Acção sísmica Tipo 2

Nomenclatura

Aceleração máxima de referência - agr

Coefficiente de importância - Yt

Valor de cálculo da aceleração à superfície de um terreno do tipo A - ag

Coefficiente de solo - S

Limite inferior do período no patamar de aceleração espectral constante - TB

Limite superior do período no patamar de aceleração espectral constante - TC

Limite superior do período no patamar de aceleração espectral constante - TD

Coefficiente de correção do amortecimento - η

Espectro de resposta elástica - Se

Limite inferior dos valores do espectro de cálculo horizontal - β

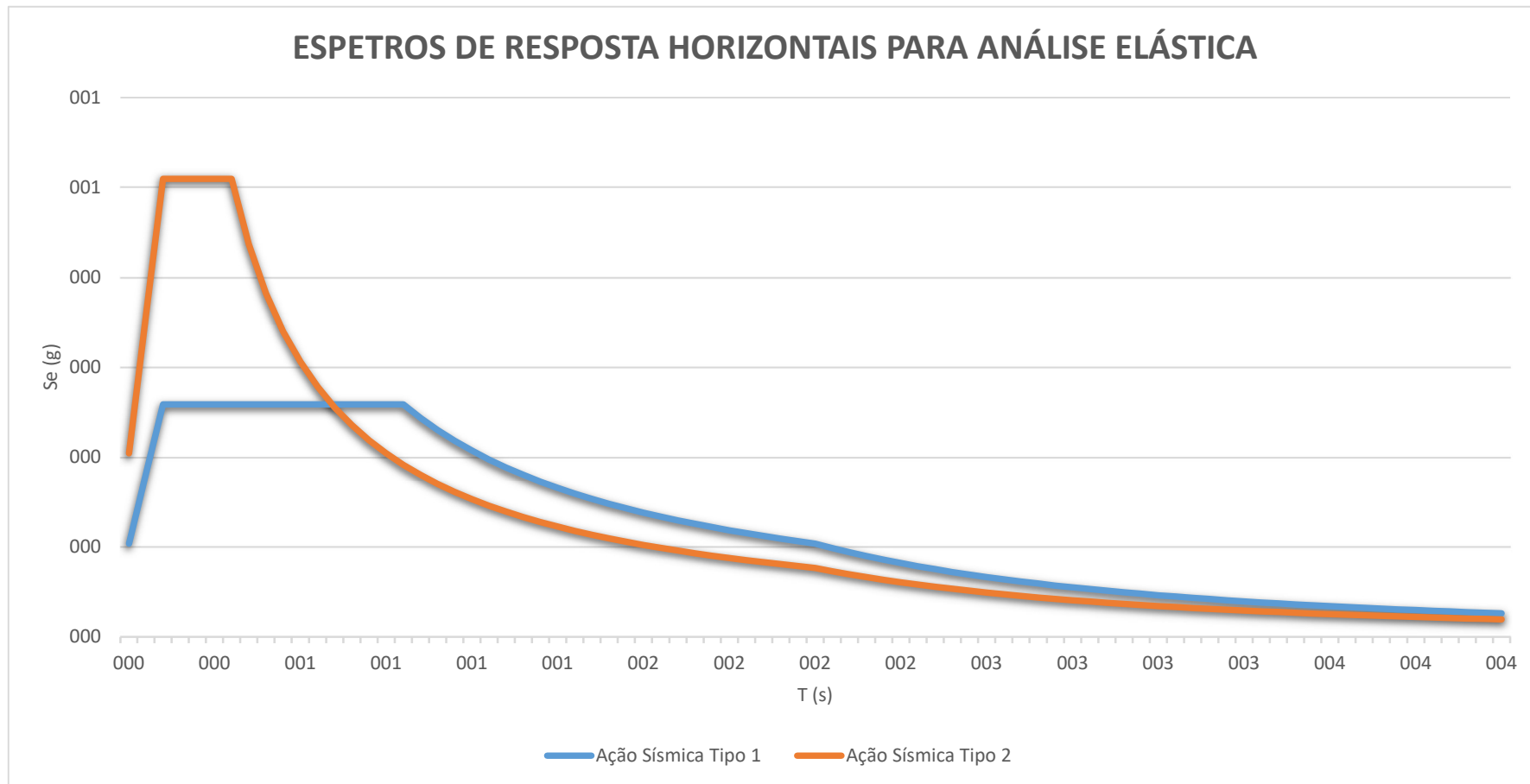


Figura 3-27 – Magalhães, Daniel – Folha de cálculo excel - Espectros de resposta horizontais para análise elástica.

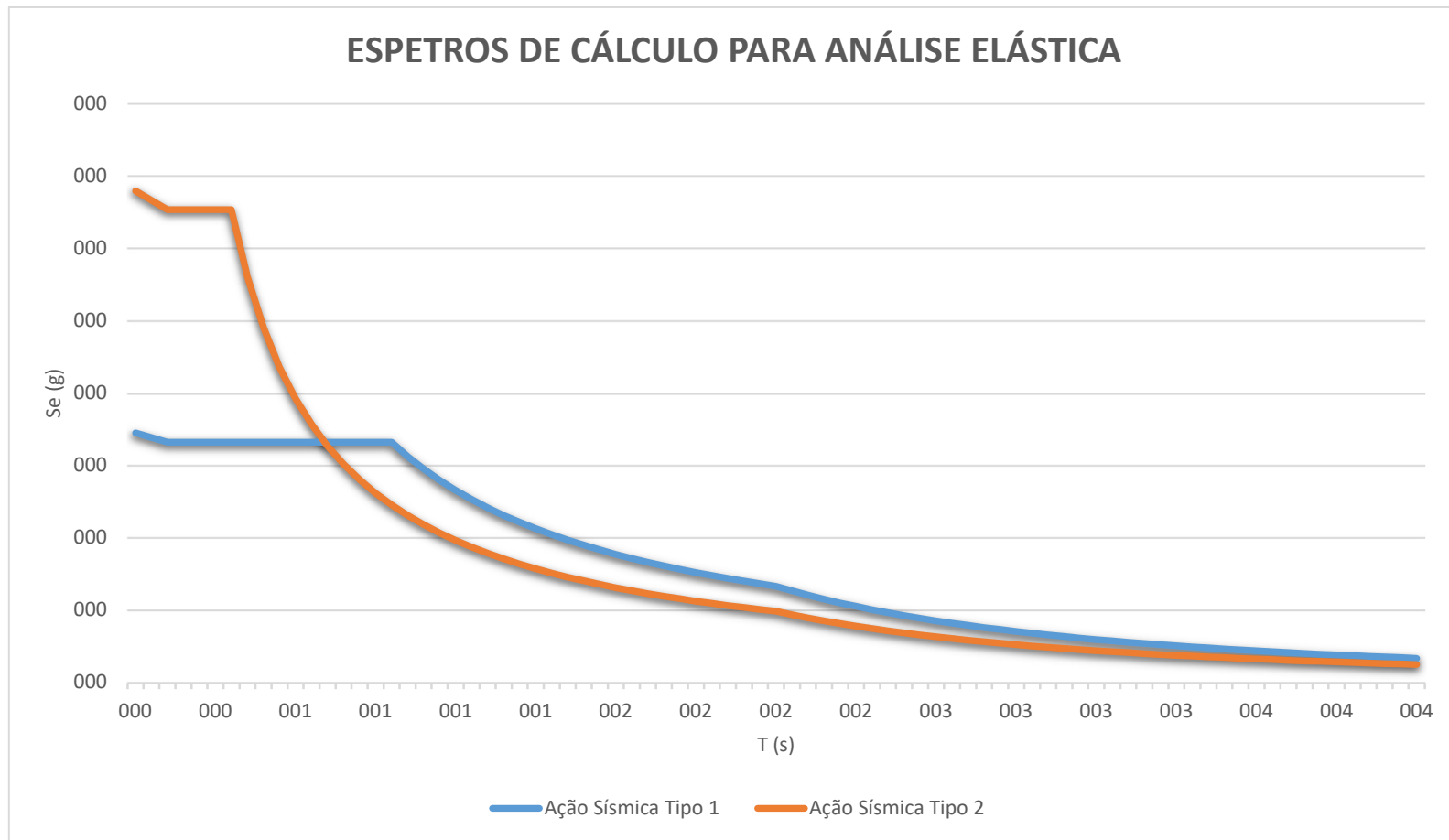


Figura 3-28 – Magalhães, Daniel – Folha de cálculo excel - Espectros de cálculo para análise elástica.

Case	Label	Case name	Nature	Analysis type
1	DL1	Peso Próprio	Structural	Static - Linear
2	DL2	R.C.P - Piso 1	Non-structural	Static - Linear
3	DL3	R.C.P - Corredor acesso	Non-structural	Static - Linear
4	DL4	R.C.P - Varanda	Non-structural	Static - Linear
5	DL5	R.C.P - Cobertura	Non-structural	Static - Linear
6	DL6	R.C.P - WC's	Non-structural	Static - Linear
20	DL20	Fachadas tipo 1 (alvenaria)	Non-structural	Static - Linear
21	DL21	Fachadas tipo 2 (caixilharia)	Non-structural	Static - Linear
30	DL9	Impulso Terras	Non-structural	Static - Linear
50	LL1	Sobrecarga - Piso 1 (Geral)	Category C	Static - Linear
51	LL51	Sobrecarga - Cobertura	Category H	Static - Linear
52	LL52	Sobrecarga - Varanda	Category C	Static - Linear
53	LL53	Sobrecarga - Escadas	Category C	Static - Linear
100	LL100	Vento X+	wind	Static - Linear
101	LL101	Vento X-	wind	Static - Linear
102	LL102	Vento Y+	wind	Static - Linear
103	LL103	Vento Y-	wind	Static - Linear
180	MOD180	Modal		Modal
181	SEI_X181	Sismo-Tipo-1 Direction_X	seismic	Seismic-EC 8
182	SEI_Y182	Sismo-Tipo-1 Direction_Y	seismic	Seismic-EC 8
183	SPE_NEW183	1 * X 0.3 * Y	seismic	Linear Combination
184	SPE_NEW184	1 * X -0.3 * Y	seismic	Linear Combination
185	SPE_NEW185	0.3 * X 1 * Y	seismic	Linear Combination
186	SPE_NEW186	0.3 * X -1 * Y	seismic	Linear Combination
187	SEI_X187	Sismo-Tipo-2 Direction_X	seismic	Seismic-EC 8
188	SEI_Y188	Sismo-Tipo-2 Direction_Y	seismic	Seismic-EC 8
189	SPE_NEW189	1 * X 0.3 * Y	seismic	Linear Combination
190	SPE_NEW190	1 * X -0.3 * Y	seismic	Linear Combination
191	SPE_NEW191	0.3 * X 1 * Y	seismic	Linear Combination
192	SPE_NEW192	0.3 * X -1 * Y	seismic	Linear Combination

Figura 3-29 - Ações do projeto.

3.2.3 Combinações de ações

Estados limites são aqueles para além dos quais a estrutura deixa de satisfazer os critérios de projeto relevantes. O Eurocódigo 0 (NP EN 1990) estabelece os princípios e requisitos de utilização e de durabilidade das estruturas e descreve as bases para o seu projeto e verificação. Para cada caso de carga, os valores de cálculo dos efeitos das ações devem ser determinados combinando os valores das ações que se consideram poder ocorrer simultaneamente.

O Eurocódigo 0 define os valores recomendados para os coeficientes ψ para edifícios no Anexo A1. Estes coeficientes serão adotados para a categoria correspondente, tanto para Estado Limite Últimos como para Estados Limite de Utilização.

Acção	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Sobrecargas em edifícios (ver a EN 1991-1-1)			
Categoria A: zonas de habitação	0,7	0,5	0,3
Categoria B: zonas de escritórios	0,7	0,5	0,3
Categoria C: zonas de reunião de pessoas	0,7	0,7	0,6
Categoria D: zonas comerciais	0,7	0,7	0,6
Categoria E: zonas de armazenamento	1,0	0,9	0,8
Categoria F: zonas de tráfego, peso dos veículos ≤ 30 kN	0,7	0,7	0,6
Categoria G: zonas de tráfego, 30 kN < peso dos veículos ≤ 160 kN	0,7	0,5	0,3
Categoria H: coberturas	0	0	0
Acção da neve em edifícios (ver a EN 1991-1-3) ^{*)}			
– Finlândia, Islândia, Noruega, Suécia	0,70	0,50	0,20
– Restantes Estados-Membros do CEN, para obras localizadas à altitude $H > 1000$ m acima do nível do mar	0,70	0,50	0,20
– Restantes Estados-Membros do CEN, para obras localizadas à altitude $H \leq 1000$ m acima do nível do mar	0,50	0,20	0
Acção do vento em edifícios (ver a EN 1991-1-4)	0,6	0,2	0
Temperatura (excepto incêndio) em edifícios (ver a EN 1991-1-5)	0,6	0,5	0
<i>NOTA: Os valores de ψ poderão ser definidos no Anexo Nacional. *) Para os países não mencionados, considerar as condições locais relevantes.</i>			

Figura 3-30 - NP EN 1990, Bases para o projeto de estruturas: Valores recomendados para os coeficientes Ψ para edifícios.

No modelo de cálculo ROBOT as combinações de ações (ULS, SLS e ACC) foram inseridas através do processo automático. Para tal, foram definidos grupos para ações permanentes, sobrecargas e vento (foi

indicado que as ações do vento não podem ser analisadas conjuntamente) e posteriormente as respetivas relações por forma a que sejam geradas automaticamente as várias combinações de ações.

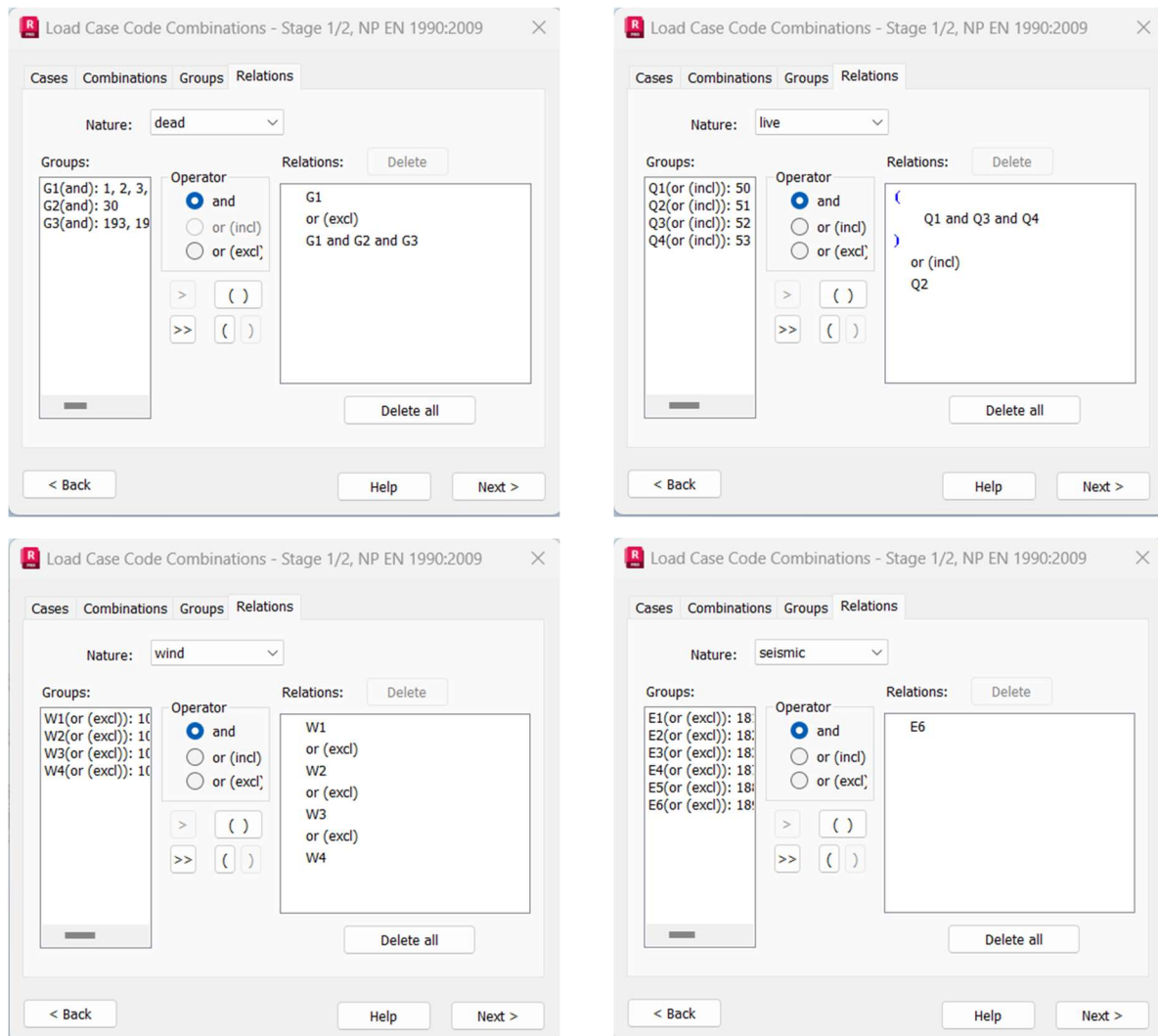


Figura 3-31 - Relações consideradas para gerar as combinações automáticas no ROBOT.

3.2.3.1 Estados Limite Último

O Estado Limite Último corresponde ao estado no qual a estrutura já não pode ser utilizada uma vez que atinge a sua máxima capacidade resistente e constitui um risco à segurança, podendo colapsar. O dimensionamento da estrutura é, então, feito para o Estado Limite Último e a expressão utilizada corresponde à combinação fundamental descrita no Eurocódigo 0:

$$E_d = \gamma_{G,j} * G_{k,j} + \gamma_{Q,1} * Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} * \psi_{G,j} * Q_{k,i} \tag{3.9}$$

Situações de projecto persistentes e transitórias	Acções permanentes		Acção variável de base da combinação *)	Acções variáveis acompanhantes	
	Desfavoráveis	Favoráveis		Principais (caso existam)	Outras
(Expressão 6.10)	$\gamma_{G,j,sup} G_{k,j,sup}$	$\gamma_{G,j,inf} G_{k,j,inf}$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{G,i} Q_{k,i}$
<p>*) As acções variáveis são as consideradas no Quadro A1.1.</p> <p>NOTA 1: Os valores de γ poderão ser definidos no Anexo Nacional. O conjunto de valores recomendados para γ é: $\gamma_{G,j,sup} = 1,10$ $\gamma_{G,j,inf} = 0,90$ $\gamma_{Q,1} = 1,50$ nos casos desfavoráveis (0 nos casos favoráveis) $\gamma_{Q,i} = 1,50$ nos casos desfavoráveis (0 nos casos favoráveis)</p> <p>NOTA 2: Nos casos em que a verificação do equilíbrio estático também envolva a resistência dos elementos estruturais, como alternativa às duas verificações separadas baseadas nos Quadros A1.2(A) e A1.2(B) poderá ser adoptada uma verificação combinada, caso o Anexo Nacional o permita, baseada no Quadro A1.2(A) e com o seguinte conjunto de valores recomendados, que poderão ser alterados nesse Anexo: $\gamma_{G,j,sup} = 1,35$ $\gamma_{G,j,inf} = 1,15$ $\gamma_{Q,1} = 1,50$ nos casos desfavoráveis (0 nos casos favoráveis) $\gamma_{Q,i} = 1,50$ nos casos desfavoráveis (0 nos casos favoráveis) desde que a aplicação de $\gamma_{G,j,inf} = 1,00$, tanto às parcelas favoráveis como desfavoráveis das acções permanentes, não produza um efeito mais desfavorável.</p>					

Figura 3-32 - NP EN 1990, Bases para o projeto de estruturas: Valores de cálculo das ações (EQU) (Conjunto A).

Foram, então, determinadas as combinações para o Estado Limite Último tendo em conta os coeficientes de segurança, considerando duas situações de cálculo, dependendo da ação variável a considerar como ação base.

- **Considerando a sobrecarga como ação base:**

$$ELU = 1,35 * \left(\sum \text{Cargas Permanentes} \right) + 1,50 * \left\{ \begin{matrix} \sum \text{Sobrecargas} \\ \sum \text{Sobrecargas} \end{matrix} \right. + 1,50 * \psi_1 * \begin{cases} \text{Vento X} \\ \text{Vento Y} \end{cases} \tag{3.10}$$

$$ELU = 1,00 * \left(\sum \text{Cargas Permanentes} \right) + 1,50 * \left\{ \begin{matrix} \sum \text{Sobrecargas} \\ \sum \text{Sobrecargas} \end{matrix} \right. + 1,50 * \psi_1 * \begin{cases} \text{Vento X} \\ \text{Vento Y} \end{cases} \tag{3.11}$$

- **Considerando o vento como ação base:**

$$ELU = 1,35 * \left(\sum Cargas\ Permanentes \right) + 1,50 * 1,00 * \left\{ \begin{array}{l} \sum Sobrecargas \\ \sum Sobrecargas \end{array} \right. + 1,50 * \begin{cases} Vento\ X \\ Vento\ Y \end{cases} \quad (3.12)$$

$$ELU = 1,00 * \left(\sum Cargas\ Permanentes \right) + 1,50 * 1,00 * \left\{ \begin{array}{l} \sum Sobrecargas \\ \sum Sobrecargas \end{array} \right. + 1,50 * \begin{cases} Vento\ X \\ Vento\ Y \end{cases} \quad (3.13)$$

Para cada caso de vento foi considerada uma ação positiva e negativa, de pressão e sucção, respetivamente, de forma a obter-se a situação mais desfavorável.

3.2.3.2 Estado Limite de Deformação

Os Estados Limites de Utilização são critérios de segurança que estão relacionados ao conforto para os utilizadores, durabilidade da estrutura, aparência e boa utilização de um modo geral. A deformação que ocorre nas estruturas deve ser limitada de acordo com o Eurocódigo 1 (NP EN 1992-1-1), para a combinação de ações quase-permanente.

$$E_d(caraterística) = G_{k,j} + \psi_{0,i} * Q_{k,i} \quad (3.14)$$

$$E_d(frequente) = G_{k,j} + \psi_{2,i} * Q_{k,i} \quad (3.15)$$

$$E_d(quase - permanete) = G_{k,j} + \psi_{2,i} * Q_{k,i} \quad (3.16)$$

Combinação	Acções permanentes G_d		Acções variáveis Q_d	
	Desfavoráveis	Favoráveis	De base da combinação	Outras
Característica	$G_{kj,sup}$	$G_{kj,inf}$	$Q_{k,1}$	$\psi_{0,i} Q_{k,i}$
Frequente	$G_{kj,sup}$	$G_{kj,inf}$	$\psi_{1,1} Q_{k,1}$	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$
Quase-permanente	$G_{kj,sup}$	$G_{kj,inf}$	$\psi_{2,1} Q_{k,1}$	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$

Figura 3-33 - NP EN 1990, Bases para o projeto de estruturas: Valores de cálculo das acções a utilizar na combinação de acções.

Foram, então, determinadas as combinações para o Estado Limite Último tendo em conta os coeficientes de segurança.

$$ELU = \left(\sum \text{Cargas Permanentes} \right) + \psi_{2,i} * \left\{ \begin{array}{l} \sum \text{Sobrecargas} \\ \sum \text{Sobrecargas} \end{array} \right. + \psi_{2,i} * \begin{cases} \text{Vento } X \\ \text{Vento } Y \end{cases} \quad (3.14)$$

As combinações de acções definidas no modelo de cálculo podem ser consultadas no anexo 1.

CAPÍTULO 4

MODELAÇÃO

4.1 SOLUÇÃO ESTRUTURAL

A solução estrutural adotada relaciona-se intimamente com o espaço arquitetónico, tendo-se procurado soluções que, face às condicionantes da envolvente e da natureza dos espaços, conduzissem aos custos de construção mais económicos e a um bom comportamento do edifício face às cargas aplicadas.

O material estrutural utilizado é essencialmente o betão armado, considerando-se, efetivamente, ser este o material mais adequado à execução da obra. O baixo custo de manutenção (que acarreta menores custos de exploração da unidade), associado à tradição construtiva que este material tem em Portugal, tornam a sua utilização a melhor solução técnica e económica.

A estrutura será realizada em lajes nervuradas - fungiblocos ou em lajes maciças, todas com 0,35m de espessura, que apoiam em vigas que, por sua vez apoiam sobre uma malha de pilares, também em betão armado. As paredes de contenção e os núcleos em betão armado dotam o edifício da necessária rigidez e resistência face às acções horizontais.

Numa primeira modelação adotou-se a malha de pilares e respetivas seções previstas no projeto de arquitetura, prevendo-se desde logo que as seções poderiam ser insuficientes para resistir às cargas instaladas na estrutura. Para as vigas e paredes estruturais adotaram-se, também, as geometrias e respetivos posicionamentos previstos no projeto de arquitetura. Nesta fase foram tidas em conta as condicionantes já descritas no capítulo 2.1, em que para as vigas das fachadas foram introduzidos *Rigids Links* entre vigas e pilares.

4.2 MATERIAIS ESTRUTURAIS

O caso em estudo é relativo a um edifício escolar, tendo sido considerado um tempo de vida útil de projeto de 50 anos, que corresponde a uma classe estrutural S4 conforme definido no quadro 2.1 do artigo 2.3 do Eurocódigo 0. Adotaram-se armaduras de aço S500 NR SD. Dado que os elementos estruturais poderão ser sujeitos a esforços que originam a plastificação das armaduras nas zonas críticas, impõe-se a utilização de aço de alta ductilidade, ou seja, aço da classe C.

Tabela 4-1 - Propriedades do aço S500.

f_{yd}	435 MPa
E_s	200 GPa
ϵ_{yd}	$2,175 \times 10^{-3}$

De acordo com o relatório geotécnico disponibilizado, verificou-se que a estrutura se encontra sujeita a dois tipos de ambientes:

- Fundações, elementos enterrados e pavimentos térreos: ambiente ligeiramente agressivo (classe XA1) e ambiente húmido, raramente seco (classe XC2);
- Restantes elementos estruturais: ambiente ciclicamente húmido e seco (classe XC4);

De forma a permitir uma adequada betonagem e compactação dos elementos adotou-se uma classe de abaixamento igual ou superior S4 para todos os elementos e impôs-se uma granulometria máxima de 20 mm para os agregados. Quanto ao teor máximo de cloretos no betão adotou-se a classe CI 0,40.

Utilização do betão	Classe do teor de cloretos ^{a)}	Máximo teor de Cl ⁻ por massa de cimento ^{b)}
Sem armaduras de aço ou outros metais embebidos, com exceção de dispositivos de elevação resistentes à corrosão	CI 1,0	1,0 %
Com armaduras de aço ou outros metais embebidos	CI 0,20	0,20 %
	CI 0,40	0,40 %
Com aço de pré-esforço	CI 0,10	0,10 %
	CI 0,20	0,20 %

^{a)} Para um uso específico do betão, a classe a aplicar depende das disposições válidas no local de utilização do betão ^{**}.

^{b)} Quando forem utilizadas adições do tipo II e quando estas forem consideradas para a dosagem de cimento, o teor de cloretos é expresso em percentagem de íões cloreto por massa de cimento mais massa total das adições consideradas.

Figura 4-1 - NP EN 206-1 2007, Especificação, desempenho, produção e conformidade: Máximo teor de cloretos.

	Classes de exposição																	
	Sem risco de corrosão ou ataque	Corrosão induzida por										Ataque pelo gelo/degelo				Ambientes químicos agressivos		
		carbonatação				Cloretos provenientes												
		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2
Máxima razão A/C	—	0,65	0,60	0,55	0,50	0,50	0,45	0,45	0,55	0,55	0,45	0,55	0,55	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45
Mínima classe de resistência	C12/15	C20/25	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45	C35/45	C30/37	C30/37	C35/45	C30/37	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45
Mínima dosagem de cimento (kg/m ³)	—	260	280	280	300	300	320	340	300	300	320	300	300	320	340	300	320	360
Mínimo teor de ar (%)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4,0 ^a	4,0 ^a	4,0 ^a	—	—	—
Outros requisitos												Agregados conformes com a EN 12620:2002 com suficiente resistência ao gelo/degelo				Cimento resistente aos sulfatos		

^a Se o betão não tiver ar incorporado, convém que o seu desempenho seja avaliado com um método de ensaio apropriado, tendo como referência um betão cuja resistência ao gelo/degelo, para a classe de exposição aplicável, se encontre estabelecida

^b Quando o SO_4^{2-} conduzir às classes de exposição XA2 e XA3, é essencial utilizar cimento resistente aos sulfatos. Se o cimento estiver classificado quanto à resistência aos sulfatos, convém utilizar cimento de moderada ou elevada resistência aos sulfatos na classe de exposição XA2 (e quando aplicável na XA1) e cimento de elevada resistência aos sulfatos na classe de exposição XA3

Figura 4-2 - NP EN 206-1 2007, Especificação, desempenho, produção e conformidade: Valores limite para a composição e propriedades do betão.

Definiu-se, então, um betão C30/37 com as características apresentadas na Figura 4.1. A estrutura será composta por dois tipos de betão:

- Fundações, elementos enterrados e pavimentos térreos: C30/37; XA1 e XC2; D20; Cl 0,40; S4
- Restantes elementos estruturais: C30/37; XC4; D20; Cl 0,40; S4

Tabela 4-2 - Propriedades do betão C30/37.

f_{cd}	20 MPa
f_{ctm}	2,9 MPa
E_s	33 GPa

No ROBOT as características dos materiais são definidas no menu Tools » Job Preferences de acordo com a regulamentação selecionada que, para o caso em estudo, definiram-se as Normas Europeias (Eurocódigos) para análise da estrutura.

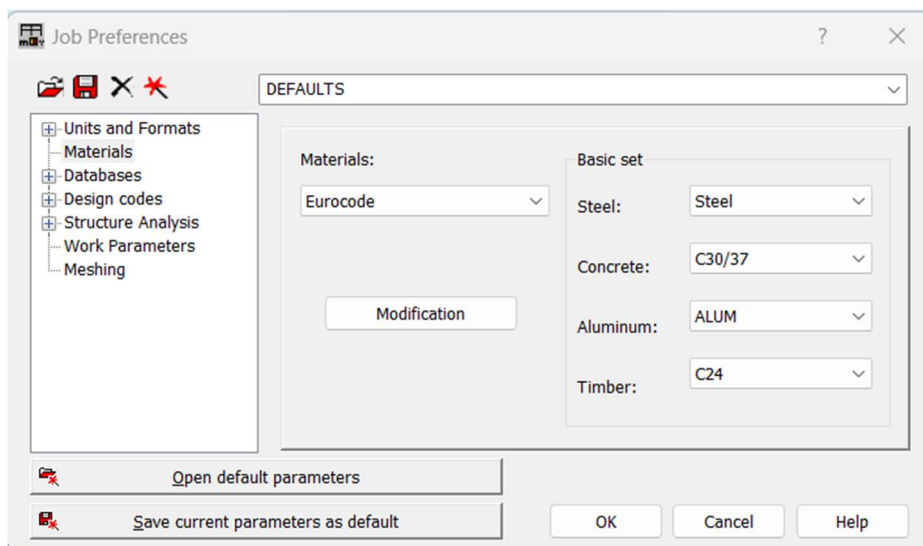


Figura 4-3 - Job Preferences no modelo de cálculo.

4.3 ANÁLISE DOS ESTADOS LIMITES DE UTILIZAÇÃO

4.3.1 Controlo da deformação

A deformação de um elemento não deve ser fator de mau funcionamento da estrutura, devendo ser estabelecidos valores limite apropriados, tendo em conta a natureza da estrutura, acabamento, divisórias, vãos envidraçados, revestimentos e a função da estrutura para a qual ela é projetada.

Em situações de coberturas planas, como é o caso em estudo, devem limitar-se as deformações de forma a evitar a acumulação de águas pluviais e, desta forma, assegurar o seu correto funcionamento.

Para a combinação de ações quase permanentes são definidos no Eurocódigo 2 dois possíveis valores para os limites da flecha de um elemento:

$$\frac{L}{250}, \text{ para flechas a tempo infinito} \quad (4.1)$$

“(4) O aspecto e as condições de utilização da estrutura podem ser alterados quando a flecha calculada de uma viga, laje ou consola sujeitas a acções quase-permanentes for superior a vão/250. A flecha é calculada em relação aos apoios. Poderá prever-se uma contra-flecha para compensar parcial ou totalmente as deformações, mas, em geral, qualquer contra-flecha não deve ser superior a vão/250.”

$$\frac{L}{500}, \text{ para flechas instantâneas e tempo infinito} \tag{4.2}$$

“(5) As flechas susceptíveis de danificar partes adjacentes à estrutura devem ser limitadas. Para as flechas que ocorram depois da construção, o limite vão/500 é normalmente adequado para as acções quase-permanentes. Poderão ser adoptados outros limites em função da sensibilidade dos elementos adjacentes.”

Para a verificação recorreu-se ao modelo de cálculo para avaliação das flechas instantâneas, as quais foram comparadas com os limites definidos no Eurocódigo 2. Para a verificação das flechas a tempo infinito majoraram-se as flechas instantâneas por um fator igual a 3,00. Este procedimento considera um fator entre 2,50 e 3,00, sendo um processo simplificado que, normalmente, está pelo lado da segurança.

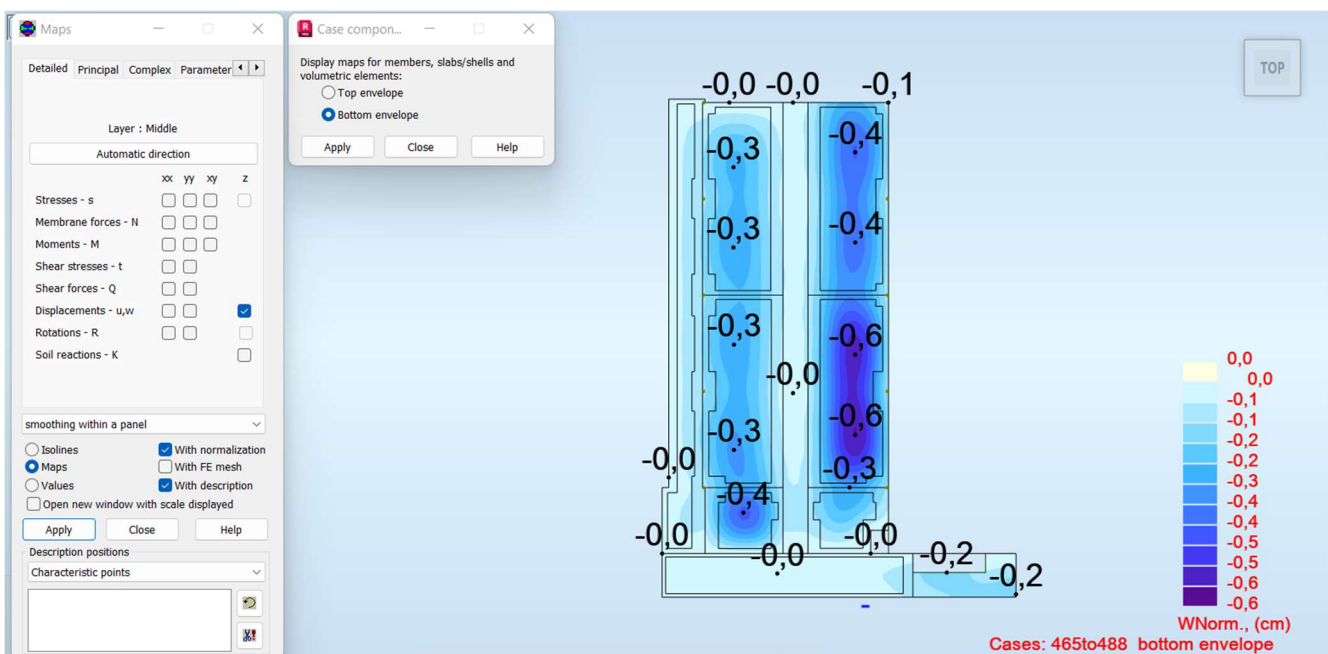


Figura 4-4 - Deformadas das lajes do piso 1.

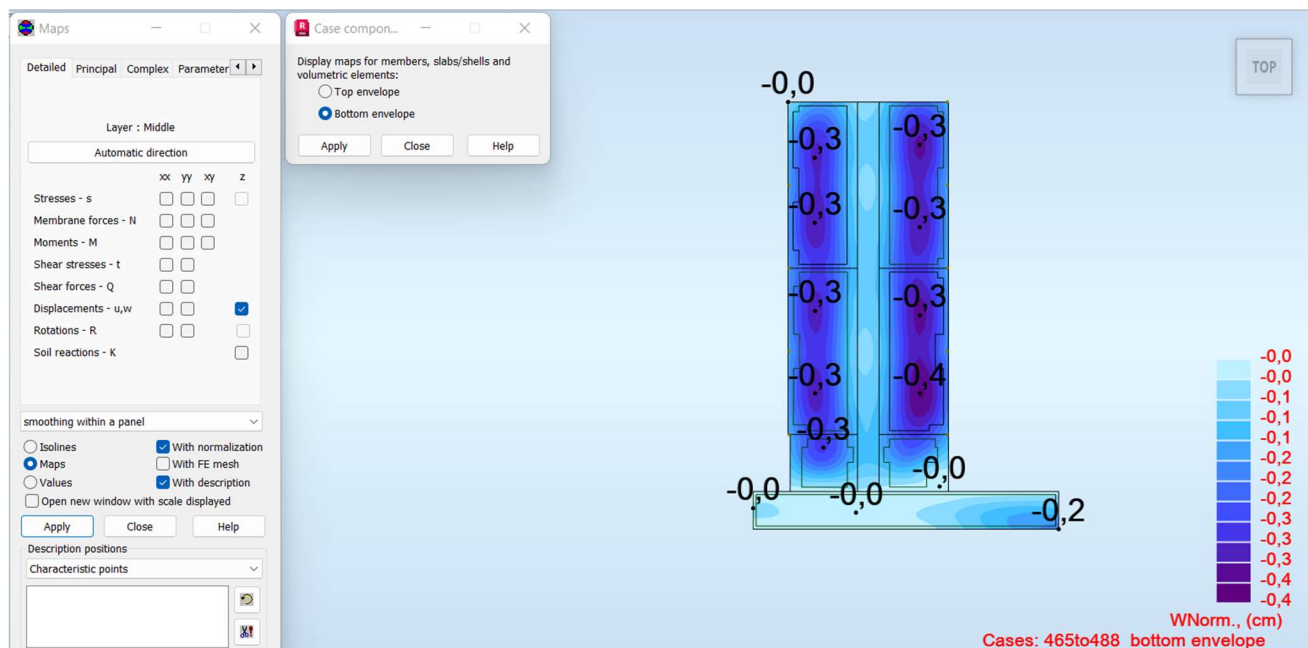


Figura 4-5 – Deformadas das lajes da cobertura.

Tabela 4-3 - Deformada das lajes piso 1.

Deformada – Lajes piso 1			
Limites Eurocódigo 2		Modelo de cálculo Flecha instantânea	Modelo de cálculo Flecha tempo infinito
$\frac{L}{250}$	$\frac{L}{500}$		
$\frac{8,04\text{ m}}{250} = 0,03216\text{m} = 3,216\text{cm}$	$\frac{8,04\text{ m}}{500} = 0,01608\text{m} = 1,608\text{cm}$	0,60cm	1,80cm

Tabela 4-4 - Deformada das lajes da cobertura.

Deformada – Lajes cobertura			
Limites Eurocódigo 2		Modelo de cálculo Flecha instantânea	Modelo de cálculo Flecha tempo infinito
$\frac{L}{250}$	$\frac{L}{500}$		
$\frac{8,04\text{ m}}{250} = 0,03216\text{m} = 3,216\text{cm}$	$\frac{8,04\text{ m}}{500} = 0,01608\text{m} = 1,608\text{cm}$	0,40cm	1,20cm

Da análise ao modelo estrutural em ROBOT, podemos concluir que as flechas a tempo infinito respeitam os limites regulamentares.

4.3.2 Fendilhação

Segundo o Eurocódigo 2 a fendilhação deve ser limitada de modo que não prejudique o correto funcionamento ou durabilidade da estrutura. A fendilhação é um processo normal em estruturas de betão armado sujeitas a esforços de flexão, transverso, torção ou tração que podem resultar de ações diretas ou coação ou de deformações impostas. A largura de fendas (w_k) não deverá exceder a largura máxima de fendas ($w_{m\acute{a}x}$), de acordo com o artigo 7.3 do Eurocódigo 2, tendo em conta a função e natureza da estrutura.

Classe de Exposição	Elementos de betão armado e elementos de betão pré-esforçado com armaduras não aderentes	Elementos de betão pré-esforçado com armaduras aderentes
	Combinação de acções quase-permanente	Combinação de acções frequente
X0, XC1	0,4 ¹	0,2
XC2, XC3, XC4	0,3	0,2 ²
XD1, XD2, XS1, XS2, XS3		Descompressão
<p>Nota 1: Para as classes de exposição X0 e XC1, a largura de fendas não tem influência sobre a durabilidade e este limite é estabelecido para garantir um aspecto aceitável. Na ausência de especificações no que respeita ao aspecto, este limite pode ser reduzido.</p> <p>Nota 2: Para estas classes de exposição deve verificar-se, ainda, a descompressão para a combinação quase-permanente de acções.</p>		

Figura 4-6 - NP EN 1992-1-1, Projeto de estruturas de betão – Regras gerais e regras para edifícios:

Valores recomendados de $w_{m\acute{a}x}$.

Para o caso em estudo, definiu-se como classe de exposição XC4 que conduz a um valor de $w_{m\acute{a}x}$ de 0,3mm. Com base nos quadros 7.2N e 7.3N do Eurocódigo 2 (controlo da fendilhação sem cálculo direto) e uma vez que em todos os elementos estruturais se utilizam espaçamentos de 0,125m e 0,15m podemos afirmar que a fendilhação está verificada.

Tensão no aço (MPa)	Diâmetros máximos dos varões (mm)			Espaçamento máximo dos varões (mm)		
	$w_k=0.4$ mm	$w_k=0.3$ mm	$w_k=0.2$ mm	$w_k=0.4$ mm	$w_k=0.3$ mm	$w_k=0.2$ mm
160	40	32	25	300	300	200
200	32	25	16	300	250	150
240	20	16	12	250	200	100
280	16	12	8	200	150	50
320	12	10	6	150	100	-
360	10	8	5	100	50	-
400	8	6	4	-	-	-
450	6	5	-	-	-	-

Figura 4-7 - Paulo Guedes/Carlos Félix – Estados Limites de Utilização [Outubro 2013]. Disponível nos apontamentos teóricos da Unidade Curricular Betão I.

4.4 ANÁLISE DOS ESTADOS LIMITES ÚLTIMOS

4.4.1 Pilares

O programa de cálculo ROBOT está programado para calcular os elementos à compressão com base nos critérios definidos pelo Eurocódigo 2 e Eurocódigo 8, no entanto, foi utilizada uma folha de cálculo excel cuja metodologia de cálculo é baseada nas regras do REBAP. De notar que ao longo do percurso académico do ISEP para o cálculo de elementos à compressão, nomeadamente pilares, a matéria foi lecionada com base nos critérios definidos pelo REBAP, pelo que abaixo se explana o processo de dimensionamento dos pilares com base no REBAP:

1. Segundo o REBAP, no estudo do efeito de encurvadura é necessário ter em conta a secção crítica dos elementos verticais, que depende se a estrutura é de nós fixos ou de nós móveis. Para estruturas de nós fixos o efeito das excentricidades deve ser considerado aproximadamente a meia altura do pilar, pois as extremidades estão fixas. Para estruturas de nós móveis a secção crítica é considerada nas secções extremas.
2. Uma estrutura é considerada de nós fixos quando for satisfeita a condição:

$$h_{total} * \frac{\sum N}{\sum EI} \leq \eta \quad (4.3)$$

CAPÍTULO 4

h_{total} – altura total da estrutura acima das fundações

E – módulo de elasticidade do betão

I – momento de inércia dos pilares

$$\eta = \begin{cases} 0,2 + 0,1n, & \text{para } n \leq 4,00 \\ 0,6 & \text{para } n > 4,00 \end{cases}$$

3. A esbelteza de um pilar, para cada uma das direções x e y, é dada pelas seguintes expressões:

$$\lambda_x = \frac{l_{0,x}}{i_y} \quad (4.4)$$

$$\lambda_y = \frac{l_{0,y}}{i_x} \quad (4.5)$$

$l_{0,x}$ – comprimento efetivo de encurvadura na direção x

$l_{0,y}$ – comprimento efetivo de encurvadura na direção y

i_x – raio de giração em x

i_y – raio de giração em y

$$l_{0,x} = \eta * l \quad (4.6)$$

$$l_{0,y} = \eta * l \quad (4.7)$$

η – em geral considera-se igual a 0,9 para estrutura de nós fixos e 1,2 para estrutura de nós móveis

l – comprimento do pilar

$$i_x = \frac{b_x}{\sqrt{12}} \quad (4.8)$$

$$i_y = \frac{b_y}{\sqrt{12}} \quad (4.9)$$

b_x – dimensão do pilar na direção x

b_y – dimensão do pilar na direção y

Nota: Pelo artigo 64º do REBAP os pilares não devem, em caso algum, ter esbelteza superior a 140.

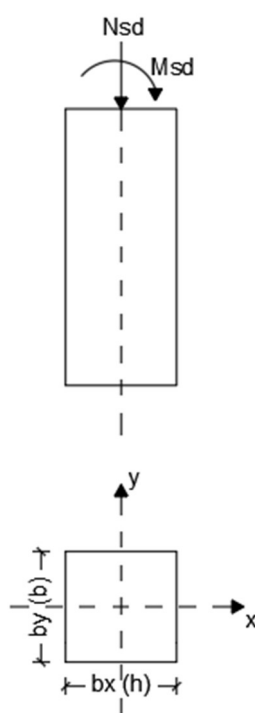


Figura 4-8 - Representação esquemática de ações e seção do pilar.

4. A verificação ao estado limite último de encurvadura poderá ser dispensada caso se verifique uma das seguintes condições:

$$\lambda \leq 35 \quad (4.8)$$

$$\frac{M_{sd}}{N_{sd}} \geq 3,5 * h \quad (4.9)$$

5. Quando necessário considerar-se os efeitos de encurvadura, as excentricidades são calculadas de acordo com as seguintes expressões:

$$e_a \geq \begin{cases} \frac{l_0}{300} \\ 0,02 \end{cases} \quad (4.10)$$

$$e_2 = \frac{1}{r} * \frac{l_0^2}{10} \quad (4.11)$$

e_a – excentricidade acidental

e_2 – excentricidade de 2ª ordem

$$\frac{1}{r} = \frac{5}{h} * 10^{-3} * \eta \quad (4.12)$$

$$\eta \leq \begin{cases} \frac{0,4 * f_{cd} * A_c}{N_{sd}} \\ 1,00 \end{cases} \quad (4.13)$$

h – altura do pilar

A_c – área da seção transversal do pilar

A excentricidade de fluência (e_c) é nula uma vez que se considera que as esbeltezas são inferiores a 70.

6. A armadura dos elementos verticais deve respeitar as seguintes disposições regulamentares:

$$A_{s_{min}} \geq \begin{cases} \frac{0,1 * N_{sd}}{f_{yd}} \\ 0,002 * A_c \end{cases} \quad (4.14)$$

$$A_{s_{max}} \leq 0,04 * A_c \quad (4.15)$$

$$s_{max} = 30cm \quad (4.16)$$

7. Relativamente à armadura transversal dos pilares, esta deve verificar as seguintes disposições regulamentares:

$$\Phi_{cintas} \geq \begin{cases} 6mm \\ \frac{\Phi l}{4} \end{cases} \quad (4.17)$$

$$slt_{max} \geq \begin{cases} 15 * \Phi_{min} \\ lado\ menor \\ 30cm \end{cases} \quad (4.18)$$

Numa primeira modelação, com a malha de pilares e respetivas secções previstas no projeto de arquitetura, conclui-se que as secções dos pilares eram insuficientes para resistir às cargas instaladas na estrutura e as taxas de armadura não permitiam ter uma solução otimizada. Procedeu-se, então, a um redimensionamento e aumento do número de pilares nos pórticos D e E.

De notar que o tramo piso 1 até à cobertura apresenta condicionalismos no que diz respeito a dimensionamento dos pilares, uma vez que neste tramo os esforços são superiores ao tramo inferior (sapata » piso 1) e, desta forma, definiu-se que a armadura se manterá igual para o tramo inferior.

Tabela 4-5 - Mapa de resultados dos pilares.

MAPA DE RESULTADOS - PILARES															
	Nomenclatura	Dimensão		Folha de cálculo (excel)						Dimensão		Folha de cálculo (excel)			
		b	h	As cálculo	Armadura colocada	As, eff	ρ			b	h	As cálculo	Armadura colocada	As, eff	ρ
FUNDAÇÃO » PISO 1	P. F4	0,20	0,30	13,51cm ²	4Ø20 + 2Ø16	16,59cm ²	2,80%	PISO 1 » COBERTURA	0,20	0,30	2,35cm ²	4Ø20	12,57cm ²	2,10%	
	P. F7	0,35	0,35	9,10cm ²	4Ø20	12,57cm ²	1,00%		0,35	0,35	3,15cm ²	4Ø20	12,57cm ²	1,00%	
	P. F10	0,35	0,35	5,29cm ²	4Ø20	12,57cm ²	1,00%		0,35	0,35	5,89cm ²	4Ø20	12,57cm ²	1,00%	
	P. F13	0,35	0,35	4,48cm ²	4Ø20	12,57cm ²	1,00%		0,35	0,35	5,27cm ²	4Ø20	12,57cm ²	1,00%	
	P. F16	0,20	0,30	9,51cm ²	4Ø20 + 2Ø16	16,59cm ²	2,80%		0,20	0,30	5,44cm ²	4Ø20	12,57cm ²	2,10%	
	P. E3	0,30	0,20	3,57cm ²	4Ø16	8,04cm ²	1,30%		0,30	0,20	1,20cm ²	4Ø16	8,04cm ²	1,30%	
	P. E4	0,20	0,60	28,14cm ²	4Ø25 + 6Ø20	38,48cm ²	3,20%		0,20	0,60	35,32cm ²	4Ø25 + 6Ø20	38,48cm ²	3,20%	
	P. E5	Adicionado em novo modelo de cálculo							Adicionado em novo modelo de cálculo						
	P. E6	0,20	0,60	19,85cm ²	10Ø20	31,42cm ²	2,60%		0,20	0,60	23,13cm ²	10Ø20	31,42cm ²	2,60%	
	P. E8	0,20	0,60	17,66cm ²	10Ø20	31,42cm ²	2,60%		0,20	0,60	26,01cm ²	10Ø20	31,42cm ²	2,60%	
	P. E7	Adicionado em novo modelo de cálculo							Adicionado em novo modelo de cálculo						
	P. E10	0,20	0,60	28,16cm ²	10Ø20	31,42cm ²	2,60%		0,20	0,60	24,65cm ²	10Ø20	31,42cm ²	2,60%	
	P. E11	Adicionado em novo modelo de cálculo							Adicionado em novo modelo de cálculo						
	P. E12	0,20	0,60	12,54cm ²	10Ø20	31,42cm ²	2,60%		0,20	0,60	14,40cm ²	10Ø20	31,42cm ²	2,60%	
	P. E14	0,20	0,60	16,96cm ²	10Ø20	31,42cm ²	2,60%		0,20	0,60	23,07cm ²	10Ø20	31,42cm ²	2,60%	
	P. E15	Adicionado em novo modelo de cálculo							Adicionado em novo modelo de cálculo						
	P. E16	0,20	0,60	20,39cm ²	10Ø20	31,42cm ²	2,60%		0,20	0,60	26,64cm ²	10Ø20	31,42cm ²	2,60%	
	P. D2	0,20	0,25	1,00cm ²	4Ø12	4,52cm ²	0,90%		-----	-----	-----	-----	-----	-----	
	P. D3	0,30	0,20	2,97cm ²	4Ø16	8,04cm ²	1,30%		0,30	0,20	1,20cm ²	4Ø16	8,04cm ²	1,30%	
	P. D4	0,20	0,60	18,93cm ²	10Ø20	31,42cm ²	2,60%		0,20	0,60	21,29cm ²	10Ø20	31,42cm ²	2,60%	
	P. D5	Adicionado em novo modelo de cálculo							Adicionado em novo modelo de cálculo						
	P. D6	0,20	0,60	10,69cm ²	10Ø20	31,42cm ²	2,60%		0,20	0,60	24,09cm ²	10Ø20	31,42cm ²	2,60%	
	P. D8	0,20	0,60	8,70cm ²	10Ø20	31,42cm ²	2,60%		0,20	0,60	22,76cm ²	10Ø20	31,42cm ²	2,60%	
	P. D9	Adicionado em novo modelo de cálculo							Adicionado em novo modelo de cálculo						
	P. D10	0,20	0,60	15,76cm ²	10Ø20	31,42cm ²	2,60%		0,20	0,60	12,95cm ²	10Ø20	31,42cm ²	2,60%	
	P. D11	Adicionado em novo modelo de cálculo							Adicionado em novo modelo de cálculo						
	P. D12	0,20	0,60	9,61cm ²	10Ø20	31,42cm ²	2,60%		0,20	0,60	22,95cm ²	10Ø20	31,42cm ²	2,60%	
	P. D14	0,20	0,60	11,74cm ²	10Ø20	31,42cm ²	2,60%		0,20	0,60	24,96cm ²	10Ø20	31,42cm ²	2,60%	
	P. D15	Adicionado em novo modelo de cálculo							Adicionado em novo modelo de cálculo						
	P. D16	-----	-----	-----	-----	-----	-----		0,20	0,60	34,36cm ²	4Ø25 + 6Ø20	38,48cm ²	3,20%	
	P. C3	0,20	0,30	3,25cm ²	4Ø16	8,04cm ²	1,30%		-----	-----	-----	-----	-----	-----	
	P. C4	0,35	0,35	2,74cm ²	4Ø20	12,57cm ²	1,00%		0,35	0,35	2,45cm ²	4Ø20	12,57cm ²	1,00%	
P. C7	0,35	0,35	3,04cm ²	4Ø20	12,57cm ²	1,00%	0,35	0,35	2,45cm ²	4Ø20	12,57cm ²	1,00%			

P. C10	0,35	0,35	3,18cm ²	4Ø20	12,57cm²	1,00%		0,35	0,35	3,97cm ²	4Ø20	12,57cm²	1,00%
P. C13	0,35	0,35	3,01cm ²	4Ø20	12,57cm²	1,00%		0,35	0,35	4,64cm ²	4Ø20	12,57cm²	1,00%
P. C16	-----	-----	-----	-----	-----	-----		0,20	0,30	4,28cm ²	4Ø20	12,57cm²	2,10%

Tabela 4-6 - Mapa de resultados otimizado dos pilares.

MAPA DE RESULTADOS OTIMIZADO - PILARES																		
Nomenclatura	Dimensão		Resultados ROBOT			Folha de cálculo (excel)				b	h	Resultados ROBOT			Folha de cálculo (excel)			
	b	h	Armadura	As, eff	ρ	As cálculo	Armadura colocada	As, eff	ρ			As cálculo	Armadura colocada	As, eff	ρ			
FUNDAÇÃO » PISO 1	P. F4	0,20	0,30				11,36cm ²	4Ø20 + 2Ø16	16,59cm ²	2,80%					1,20cm ²	4Ø20	12,57cm ²	2,10%
	P.F7	0,35	0,35	4Ø16	8,04cm ²	0,66%	8,83cm ²	4Ø20	12,57cm ²	1,00%					2,45cm ²	4Ø20	12,57cm ²	1,00%
	P. F10	0,35	0,35				4,28cm ²	4Ø20	12,57cm ²	1,00%					4,50cm ²	4Ø20	12,57cm ²	1,00%
	P. F13	0,35	0,35				3,65cm ²	4Ø20	12,57cm ²	1,00%					4,21cm ²	4Ø20	12,57cm ²	1,00%
	P. F16	0,20	0,30				9,07cm ²	4Ø20 + 2Ø16	16,59cm ²	2,80%					4,92cm ²	4Ø20	12,57cm ²	2,10%
	P. E3	0,30	0,20				4,29cm ²	4Ø16	8,04cm ²	1,30%					1,20cm ²	4Ø16	8,04cm ²	1,30%
	P. E4	0,20	0,60				8,74cm ²	4Ø20 + 6Ø16	24,63cm ²	2,10%					12,92cm ²	4Ø20 + 6Ø16	24,63cm ²	2,10%
	P. E5	0,20	0,60				6,96cm ²	4Ø20 + 6Ø16	24,63cm ²	2,10%					14,67cm ²	4Ø20 + 6Ø16	24,63cm ²	2,10%
	P. E6	0,20	0,60				5,65cm ²	4Ø20 + 6Ø16	24,63cm ²	2,10%					16,11cm ²	4Ø20 + 6Ø16	24,63cm ²	2,10%
	P. E8	0,20	0,60	14Ø12	15,83cm ²	1,32%	5,97cm ²	4Ø20 + 6Ø16	24,63cm ²	2,10%					15,80cm ²	4Ø20 + 6Ø16	24,63cm ²	2,10%
	P. E9	0,20	0,60				6,72cm ²	4Ø20 + 6Ø16	24,63cm ²	2,10%					14,22cm ²	4Ø20 + 6Ø16	24,63cm ²	2,10%
	P. E10	0,20	0,60	22Ø12	24,88cm ²	2,07%	7,28cm ²	4Ø20 + 6Ø16	24,63cm ²	2,10%					13,96cm ²	4Ø20 + 6Ø16	24,63cm ²	2,10%
	P. E11	0,20	0,60				5,16cm ²	4Ø20 + 6Ø16	24,63cm ²	2,10%					15,01cm ²	4Ø20 + 6Ø16	24,63cm ²	2,10%
	P. E12	0,20	0,60				3,53cm ²	4Ø20 + 6Ø16	24,63cm ²	2,10%					15,92cm ²	4Ø20 + 6Ø16	24,63cm ²	2,10%
	P. E14	0,20	0,60				4,23cm ²	4Ø20 + 6Ø16	24,63cm ²	2,10%					16,41cm ²	4Ø20 + 6Ø16	24,63cm ²	2,10%
	P. E15	0,20	0,60				6,03cm ²	4Ø20 + 6Ø16	24,63cm ²	2,10%					14,63cm ²	4Ø20 + 6Ø16	24,63cm ²	2,10%
	P. E16	0,20	0,60				5,16cm ²	4Ø20 + 6Ø16	24,63cm ²	2,10%					18,90cm ²	4Ø20 + 6Ø16	24,63cm ²	2,10%
	P. D2	0,20	0,25				1,00cm ²	4Ø12	4,52cm ²	0,90%					-----	-----	-----	-----
	P. D3	0,30	0,20				3,68cm ²	4Ø16	8,04cm ²	1,30%					1,20cm ²	4Ø16	8,04cm ²	1,30%
	P. D4	0,20	0,60				6,67cm ²	4Ø20 + 6Ø16	24,63cm ²	2,10%					13,51cm ²	4Ø20 + 6Ø16	24,63cm ²	2,10%
	P. D5	0,20	0,60				3,49cm ²	4Ø20 + 6Ø16	24,63cm ²	2,10%					15,56cm ²	4Ø20 + 6Ø16	24,63cm ²	2,10%
	P. D6	0,20	0,60				2,40cm ²	4Ø20 + 6Ø16	24,63cm ²	2,10%					16,00cm ²	4Ø20 + 6Ø16	24,63cm ²	2,10%
	P. D8	0,20	0,60				2,40cm ²	4Ø20 + 6Ø16	24,63cm ²	2,10%					15,91cm ²	4Ø20 + 6Ø16	24,63cm ²	2,10%
	P. D9	0,20	0,60	6Ø12	6,79cm ²	0,57%	2,89cm ²	4Ø20 + 6Ø16	24,63cm ²	2,10%					14,95cm ²	4Ø20 + 6Ø16	24,63cm ²	2,10%
P. D10	0,20	0,60				4,09cm ²	4Ø20 + 6Ø16	24,63cm ²	2,10%					13,78cm ²	4Ø20 + 6Ø16	24,63cm ²	2,10%	
P. D11	0,20	0,60				3,05cm ²	4Ø20 + 6Ø16	24,63cm ²	2,10%					15,10cm ²	4Ø20 + 6Ø16	24,63cm ²	2,10%	
P. D12	0,20	0,60				2,40cm ²	4Ø20 + 6Ø16	24,63cm ²	2,10%					16,08cm ²	4Ø20 + 6Ø16	24,63cm ²	2,10%	
P. D14	0,20	0,60				2,40cm ²	4Ø20 + 6Ø16	24,63cm ²	2,10%					16,19cm ²	4Ø20 + 6Ø16	24,63cm ²	2,10%	
P. D15	0,20	0,60	6Ø12	6,79cm ²	0,57%	2,68cm ²	4Ø20 + 6Ø16	24,63cm ²	2,10%					15,88cm ²	4Ø20 + 6Ø16	24,63cm ²	2,10%	
P. D16	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----					19,39cm ²	4Ø20 + 6Ø16	24,63cm ²	2,10%	
P. C3	0,20	0,30				3,25cm ²	4Ø16	8,04cm ²	1,30%					-----	-----	-----	-----	
P. C4	0,35	0,35				2,72cm ²	4Ø16	8,04cm ²	0,70%					2,45cm ²	4Ø16	8,04cm ²	0,70%	
P. C7	0,35	0,35				3,02cm ²	4Ø16	8,04cm ²	0,70%					2,45cm ²	4Ø16	8,04cm ²	0,70%	
P. C10	0,35	0,35	4Ø12	4,52cm ²	0,37%	3,15cm ²	4Ø16	8,04cm ²	0,70%					2,75cm ²	4Ø16	8,04cm ²	0,70%	
P. C13	0,35	0,35				3,00cm ²	4Ø16	8,04cm ²	0,70%					3,71cm ²	4Ø16	8,04cm ²	0,70%	
P. C16	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----					3,79cm ²	4Ø16	8,04cm ²	1,30%	
PISO 1 » COBERTURA		0,20	0,30															
		0,35	0,35															
		0,35	0,35															
		0,35	0,35															
		0,20	0,30	4Ø12	4,52cm ²	0,75%	4,92cm ²	4Ø20	12,57cm ²	2,10%								
		0,30	0,20				1,20cm ²	4Ø16	8,04cm ²	1,30%								
		0,20	0,60				12,92cm ²	4Ø20 + 6Ø16	24,63cm ²	2,10%								
		0,20	0,60				14,67cm ²	4Ø20 + 6Ø16	24,63cm ²	2,10%								
		0,20	0,60				16,11cm ²	4Ø20 + 6Ø16	24,63cm ²	2,10%								
		0,20	0,60	6Ø12	6,79cm ²	0,57%	15,80cm ²	4Ø20 + 6Ø16	24,63cm ²	2,10%								

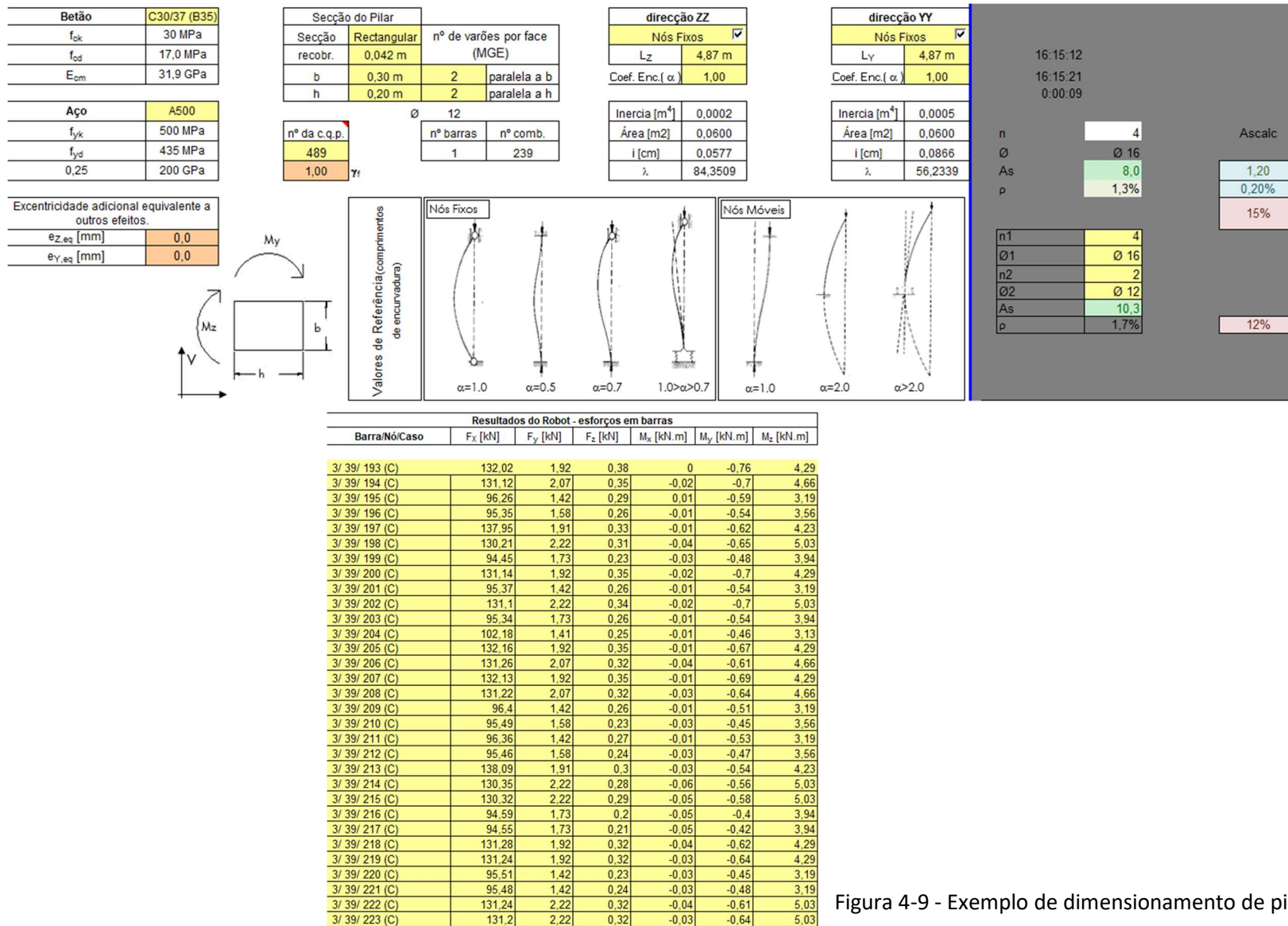


Figura 4-9 - Exemplo de dimensionamento de pilar.

4.4.2 Paredes, viga-parede, paredes de contenção e muro de suporte

4.4.2.1 Paredes

As paredes Pa 1.1 e Pa 1.2 foram dimensionadas como pilares uma vez que funcionam sobretudo à compressão. É descrito abaixo o processo de cálculo para a parede Pa1.1:

1. Cálculo dos integrais de todos os esforços atuantes na parede (momentos fletores, esforços axiais e esforços transversos) no topo e na base da parede através do comando “Reduced Results” no menu “Tables” do ROBOT;

The screenshot displays the ROBOT software interface. On the left, a table titled 'Reduced results for panels' lists various parameters for 44 different panels. The columns include Panel/Cut/Case, NRx (kN), MRz (kNm), TRy (kN), sRo (MPa), sRe (MPa), tR (MPa), TRz (kN), and MRy (kNm). On the right, a dialog box titled 'Reduced results for panels' is open, showing options for 'Cut position' (Vertical cuts, Horizontal cuts) and 'Info - cuts' (Cut length, Panel height). The dialog also indicates that the selected columns will be added to the active table.

Panel/Cut/Case	NRx (kN)	MRz (kNm)	TRy (kN)	sRo (MPa)	sRe (MPa)	tR (MPa)	TRz (kN)	MRy (kNm)
223/ 4475-254/ 193 (C)	-2405.85	-12276.50	319.55	0.16	-1.02	0.06	-91.78	248.88
223/ 4475-254/ 194 (C)	-2403.33	-12725.09	445.99	0.18	-1.04	0.08	-97.65	264.64
223/ 4475-254/ 195 (C)	-1807.22	-8322.80	217.60	0.12	-0.77	0.04	-70.29	196.01
223/ 4475-254/ 196 (C)	-1804.71	-8771.39	344.04	0.15	-0.79	0.06	-76.16	211.77
223/ 4475-254/ 197 (C)	-2308.98	-11392.83	393.24	0.13	-0.96	0.07	-82.88	203.90
223/ 4475-254/ 198 (C)	-2400.82	-13173.68	572.44	0.20	-1.06	0.10	-103.52	280.40
223/ 4475-254/ 199 (C)	-1802.20	-10219.99	470.49	0.17	-0.81	0.08	-82.03	227.53
223/ 4475-254/ 200 (C)	-2397.07	-12695.79	468.41	0.18	-1.04	0.08	-92.41	251.08
223/ 4475-254/ 201 (C)	-1798.44	-9742.09	366.46	0.15	-0.79	0.07	-70.92	198.22
223/ 4475-254/ 202 (C)	-2409.60	-12754.39	423.58	0.18	-1.04	0.08	-102.88	278.19
223/ 4475-254/ 203 (C)	-1810.98	-9800.70	321.62	0.15	-0.80	0.06	-81.40	225.33
223/ 4475-254/ 204 (C)	-1710.35	-8439.13	291.29	0.10	-0.71	0.05	-61.39	151.04
223/ 4475-254/ 205 (C)	-2419.02	-12323.26	314.10	0.16	-1.03	0.06	-91.05	246.62
223/ 4475-254/ 206 (C)	-2416.51	-12771.85	440.54	0.18	-1.05	0.08	-96.92	262.38
223/ 4475-254/ 207 (C)	-2415.60	-12311.13	315.51	0.16	-1.02	0.06	-97.11	247.20
223/ 4475-254/ 208 (C)	-2413.09	-12759.73	441.95	0.18	-1.05	0.08	-97.11	262.96
223/ 4475-254/ 209 (C)	-1820.40	-9369.56	212.14	0.12	-0.78	0.04	-69.57	193.75
223/ 4475-254/ 210 (C)	-1817.88	-9818.15	338.59	0.15	-0.80	0.06	-75.44	209.51
223/ 4475-254/ 211 (C)	-1816.98	-9357.44	213.56	0.12	-0.78	0.04	-69.75	194.34
223/ 4475-254/ 212 (C)	-1814.47	-9806.03	340.00	0.15	-0.80	0.06	-75.62	210.10
223/ 4475-254/ 213 (C)	-2322.15	-11439.59	387.79	0.13	-0.97	0.07	-82.16	201.65
223/ 4475-254/ 214 (C)	-2413.99	-13220.44	566.99	0.20	-1.07	0.10	-102.79	278.14
223/ 4475-254/ 215 (C)	-2410.58	-13208.32	568.40	0.20	-1.07	0.10	-102.98	278.72
223/ 4475-254/ 216 (C)	-1815.37	-10266.75	465.03	0.17	-0.82	0.08	-81.30	225.27
223/ 4475-254/ 217 (C)	-1811.95	-10254.62	466.45	0.17	-0.82	0.08	-81.49	225.86
223/ 4475-254/ 218 (C)	-2410.24	-12742.55	462.96	0.18	-1.04	0.08	-91.69	248.82
223/ 4475-254/ 219 (C)	-2406.82	-12730.42	464.37	0.18	-1.04	0.08	-91.88	249.41
223/ 4475-254/ 220 (C)	-1811.61	-9788.85	361.01	0.15	-0.80	0.07	-70.20	195.96
223/ 4475-254/ 221 (C)	-1808.20	-9776.73	362.42	0.15	-0.79	0.07	-70.39	196.55
223/ 4475-254/ 222 (C)	-2422.77	-12801.15	418.12	0.18	-1.05	0.08	-102.16	275.93
223/ 4475-254/ 223 (C)	-2419.36	-12789.03	419.54	0.18	-1.05	0.08	-102.35	276.52
223/ 4475-254/ 224 (C)	-1824.15	-9847.46	316.17	0.15	-0.80	0.06	-80.67	223.07
223/ 4475-254/ 225 (C)	-1820.73	-9835.33	317.59	0.15	-0.80	0.06	-80.86	223.65
223/ 4475-254/ 226 (C)	-2318.73	-11427.47	389.20	0.13	-0.96	0.07	-82.34	202.23
223/ 4475-254/ 227 (C)	-1723.52	-8485.89	285.84	0.10	-0.72	0.05	-60.67	148.78
223/ 4475-254/ 228 (C)	-1720.11	-8473.77	287.25	0.10	-0.72	0.05	-60.86	149.37
223/ 4475-254/ 229 (C)	-2398.77	-11304.27	277.92	0.11	-0.97	0.05	-83.68	197.39
223/ 4475-254/ 230 (C)	-2396.25	-11752.86	404.37	0.14	-0.99	0.07	-89.55	213.15
223/ 4475-254/ 231 (C)	-1800.14	-8350.57	175.97	0.08	-0.72	0.03	-62.19	144.52

Figura 4-10 - Mapa de resultados da Pa1.1.

2. Através de uma folha de cálculo excel os valores obtidos no ponto anterior são convertidos para forças F_x , F_y , F_z , M_x , M_y e M_z ;

Panel/Cut/Case	NRx (kN)	MRz (kNm)	TRy (kN)	sRo (MPa)	sRe (MPa)	tR (MPa)	TRz (kN)	MRy (kNm)	Cut length (m)	Panel height (m)	Thickness (cm)	Panel/Cut/Case	F_x [kN]	F_y [kN]	F_z [kN]	M_x [kN.m]	M_y [kN.m]	M_z [kN.m]
223/ 4475-254/ 193 (C)	-2404.91	-12267.61	318.1	0.16	-1.02	0.06	-91.43	248.04	22.34	4.87	0.25	223/1/ 193 (C)	2404.91	0	0	0	-12267.61	248.04
223/ 4475-254/ 194 (C)	-2402.41	-12716.72	444.65	0.18	-1.04	0.08	-97.31	263.82	22.34	4.87		223/1/ 194 (C)	2402.41	0	0	0	-12716.72	263.82
223/ 4475-254/ 195 (C)	-1806.51	-9315.94	216.48	0.12	-0.77	0.04	-70.02	195.37	22.34	4.87		223/1/ 195 (C)	1806.51	0	0	0	-9315.94	195.37
223/ 4475-254/ 196 (C)	-1804.01	-9785.04	343.02	0.15	-0.79	0.06	-75.9	211.15	22.34	4.87		223/1/ 196 (C)	1804.01	0	0	0	-9785.04	211.15
223/ 4475-254/ 197 (C)	-2308.11	-11385.04	391.98	0.13	-0.96	0.07	-82.57	203.15	22.34	4.87		223/1/ 197 (C)	2308.11	0	0	0	-11385.04	203.15
223/ 4475-254/ 198 (C)	-2399.9	-13165.82	571.19	0.2	-1.06	0.1	-103.18	279.59	22.34	4.87		223/1/ 198 (C)	2399.9	0	0	0	-13165.82	279.59
223/ 4475-254/ 199 (C)	-1801.5	-10214.14	469.57	0.17	-0.81	0.08	-81.78	226.92	22.34	4.87		223/1/ 199 (C)	1801.5	0	0	0	-10214.14	226.92
223/ 4475-254/ 200 (C)	-2396.15	-12687.86	467.16	0.18	-1.04	0.08	-92.08	250.28	22.34	4.87		223/1/ 200 (C)	2396.15	0	0	0	-12687.86	250.28
223/ 4475-254/ 201 (C)	-1797.75	-9736.18	365.53	0.15	-0.79	0.07	-70.67	197.61	22.34	4.87		223/1/ 201 (C)	1797.75	0	0	0	-9736.18	197.61
223/ 4475-254/ 202 (C)	-2408.66	-12745.58	422.14	0.18	-1.04	0.08	-102.54	277.36	22.34	4.87		223/1/ 202 (C)	2408.66	0	0	0	-12745.58	277.36
223/ 4475-254/ 203 (C)	-1810.26	-9793.9	320.52	0.15	-0.8	0.06	-81.13	224.69	22.34	4.87		223/1/ 203 (C)	1810.26	0	0	0	-9793.9	224.69
223/ 4475-254/ 204 (C)	-1709.71	-8433.36	290.36	0.1	-0.71	0.05	-61.16	150.48	22.34	4.87		223/1/ 204 (C)	1709.71	0	0	0	-8433.36	150.48
223/ 4475-254/ 205 (C)	-2418.03	-12312.17	312.21	0.16	-1.03	0.06	-90.67	245.7	22.34	4.87		223/1/ 205 (C)	2418.03	0	0	0	-12312.17	245.7
223/ 4475-254/ 206 (C)	-2415.53	-12761.27	438.76	0.18	-1.05	0.08	-96.54	261.47	22.34	4.87		223/1/ 206 (C)	2415.53	0	0	0	-12761.27	261.47
223/ 4475-254/ 207 (C)	-2414.63	-12300.62	313.74	0.16	-1.02	0.06	-90.86	246.3	22.34	4.87		223/1/ 207 (C)	2414.63	0	0	0	-12300.62	246.3
223/ 4475-254/ 208 (C)	-2412.13	-12749.72	440.28	0.18	-1.05	0.08	-96.74	262.08	22.34	4.87		223/1/ 208 (C)	2412.13	0	0	0	-12749.72	262.08
223/ 4475-254/ 209 (C)	-1819.63	-9360.49	210.59	0.12	-0.78	0.04	-69.26	193.03	22.34	4.87		223/1/ 209 (C)	1819.63	0	0	0	-9360.49	193.03
223/ 4475-254/ 210 (C)	-1817.13	-9609.6	337.13	0.15	-0.8	0.06	-75.14	206.8	22.34	4.87		223/1/ 210 (C)	1817.13	0	0	0	-9609.6	206.8
223/ 4475-254/ 211 (C)	-1816.23	-9348.94	212.11	0.12	-0.77	0.04	-69.46	193.64	22.34	4.87		223/1/ 211 (C)	1816.23	0	0	0	-9348.94	193.64
223/ 4475-254/ 212 (C)	-1813.73	-9798.04	338.66	0.15	-0.8	0.06	-75.33	209.41	22.34	4.87		223/1/ 212 (C)	1813.73	0	0	0	-9798.04	209.41
223/ 4475-254/ 213 (C)	-2321.24	-11429.59	386.09	0.13	-0.97	0.07	-81.8	200.81	22.34	4.87		223/1/ 213 (C)	2321.24	0	0	0	-11429.59	200.81
223/ 4475-254/ 214 (C)	-2413.02	-13210.38	565.3	0.2	-1.07	0.1	-102.42	277.25	22.34	4.87		223/1/ 214 (C)	2413.02	0	0	0	-13210.38	277.25
223/ 4475-254/ 215 (C)	-2409.62	-13198.82	566.83	0.2	-1.07	0.1	-102.62	277.86	22.34	4.87		223/1/ 215 (C)	2409.62	0	0	0	-13198.82	277.86
223/ 4475-254/ 216 (C)	-1814.62	-10258.7	463.88	0.17	-0.82	0.08	-81.01	224.58	22.34	4.87		223/1/ 216 (C)	1814.62	0	0	0	-10258.7	224.58
223/ 4475-254/ 217 (C)	-1811.22	-10247.15	465.2	0.17	-0.82	0.08	-81.21	225.19	22.34	4.87		223/1/ 217 (C)	1811.22	0	0	0	-10247.15	225.19
223/ 4475-254/ 218 (C)	-2409.27	-12732.41	461.26	0.18	-1.04	0.08	-91.31	247.93	22.34	4.87		223/1/ 218 (C)	2409.27	0	0	0	-12732.41	247.93
223/ 4475-254/ 219 (C)	-2405.87	-12720.86	462.79	0.18	-1.04	0.08	-91.51	248.54	22.34	4.87		223/1/ 219 (C)	2405.87	0	0	0	-12720.86	248.54

Figura 4-11 - Conversão dos resultados através de folha de cálculo excel.

3. Dimensionamento através da folha de cálculo excel. De notar que a dimensão h corresponde ao comprimento da parede e o número de varões, paralela a esta dimensão, resulta da divisão do comprimento da parede pelo espaçamento definido (0,15m para este tipo de elemento estrutural).

<table border="1"> <tr><td>Betão</td><td>C30/37 (B35)</td></tr> <tr><td>f_{ck}</td><td>30 MPa</td></tr> <tr><td>f_{cd}</td><td>17,0 MPa</td></tr> <tr><td>E_{cm}</td><td>31,9 GPa</td></tr> </table>	Betão	C30/37 (B35)	f_{ck}	30 MPa	f_{cd}	17,0 MPa	E_{cm}	31,9 GPa	<table border="1"> <tr><td colspan="3">Secção do Pilar</td></tr> <tr><td>Secção</td><td>Rectangular</td><td>n° de varões por face (MGE)</td></tr> <tr><td>recobr.</td><td>0,042 m</td><td></td></tr> <tr><td>b</td><td>0,25 m</td><td>2 paralela a b</td></tr> <tr><td>h</td><td>22,34 m</td><td>149 paralela a h</td></tr> </table>	Secção do Pilar			Secção	Rectangular	n° de varões por face (MGE)	recobr.	0,042 m		b	0,25 m	2 paralela a b	h	22,34 m	149 paralela a h	<table border="1"> <tr><td colspan="2">direcção ZZ</td></tr> <tr><td>Nós Fixos</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>L_z</td><td>4,87 m</td></tr> <tr><td>Coef. Enc. (α)</td><td>1,00</td></tr> </table>	direcção ZZ		Nós Fixos	<input checked="" type="checkbox"/>	L_z	4,87 m	Coef. Enc. (α)	1,00	<table border="1"> <tr><td colspan="2">direcção YY</td></tr> <tr><td>Nós Fixos</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>L_y</td><td>4,87 m</td></tr> <tr><td>Coef. Enc. (α)</td><td>1,00</td></tr> </table>	direcção YY		Nós Fixos	<input checked="" type="checkbox"/>	L_y	4,87 m	Coef. Enc. (α)	1,00	<table border="1"> <tr><td>n</td><td>298</td><td>Ascalc</td></tr> <tr><td>\emptyset</td><td>\emptyset 12</td><td></td></tr> <tr><td>A_s</td><td>337,0</td><td>113,43</td></tr> <tr><td>ρ</td><td>0,6%</td><td>0,20%</td></tr> </table>	n	298	Ascalc	\emptyset	\emptyset 12		A_s	337,0	113,43	ρ	0,6%	0,20%		
Betão	C30/37 (B35)																																																								
f_{ck}	30 MPa																																																								
f_{cd}	17,0 MPa																																																								
E_{cm}	31,9 GPa																																																								
Secção do Pilar																																																									
Secção	Rectangular	n° de varões por face (MGE)																																																							
recobr.	0,042 m																																																								
b	0,25 m	2 paralela a b																																																							
h	22,34 m	149 paralela a h																																																							
direcção ZZ																																																									
Nós Fixos	<input checked="" type="checkbox"/>																																																								
L_z	4,87 m																																																								
Coef. Enc. (α)	1,00																																																								
direcção YY																																																									
Nós Fixos	<input checked="" type="checkbox"/>																																																								
L_y	4,87 m																																																								
Coef. Enc. (α)	1,00																																																								
n	298	Ascalc																																																							
\emptyset	\emptyset 12																																																								
A_s	337,0	113,43																																																							
ρ	0,6%	0,20%																																																							
<table border="1"> <tr><td>Aço</td><td>A500</td></tr> <tr><td>f_{yk}</td><td>500 MPa</td></tr> <tr><td>f_{yd}</td><td>435 MPa</td></tr> <tr><td>E_s</td><td>200 GPa</td></tr> </table>	Aço	A500	f_{yk}	500 MPa	f_{yd}	435 MPa	E_s	200 GPa	<table border="1"> <tr><td>n° da c. q. p.</td><td>489</td></tr> <tr><td>γ_r</td><td>1,00</td></tr> </table>	n° da c. q. p.	489	γ_r	1,00	<table border="1"> <tr><td>\emptyset</td><td>12</td></tr> <tr><td>n° barras</td><td>2</td></tr> <tr><td>n° comb.</td><td>239</td></tr> </table>	\emptyset	12	n° barras	2	n° comb.	239	<table border="1"> <tr><td>Inercia [m^4]</td><td>232,2781</td></tr> <tr><td>Área [m^2]</td><td>5,5850</td></tr> <tr><td>i [cm]</td><td>6,4490</td></tr> <tr><td>λ</td><td>0,7552</td></tr> </table>	Inercia [m^4]	232,2781	Área [m^2]	5,5850	i [cm]	6,4490	λ	0,7552	<table border="1"> <tr><td>Inercia [m^4]</td><td>0,0291</td></tr> <tr><td>Área [m^2]</td><td>5,5850</td></tr> <tr><td>i [cm]</td><td>0,0722</td></tr> <tr><td>λ</td><td>67,4807</td></tr> </table>	Inercia [m^4]	0,0291	Área [m^2]	5,5850	i [cm]	0,0722	λ	67,4807	<table border="1"> <tr><td>n_1</td><td>149</td><td></td></tr> <tr><td>$\emptyset 1$</td><td>\emptyset 16</td><td></td></tr> <tr><td>n_2</td><td>0</td><td></td></tr> <tr><td>$\emptyset 2$</td><td>\emptyset 16</td><td></td></tr> <tr><td>A_s</td><td>299,6</td><td>38%</td></tr> <tr><td>ρ</td><td>0,5%</td><td></td></tr> </table>	n_1	149		$\emptyset 1$	\emptyset 16		n_2	0		$\emptyset 2$	\emptyset 16		A_s	299,6	38%	ρ	0,5%	
Aço	A500																																																								
f_{yk}	500 MPa																																																								
f_{yd}	435 MPa																																																								
E_s	200 GPa																																																								
n° da c. q. p.	489																																																								
γ_r	1,00																																																								
\emptyset	12																																																								
n° barras	2																																																								
n° comb.	239																																																								
Inercia [m^4]	232,2781																																																								
Área [m^2]	5,5850																																																								
i [cm]	6,4490																																																								
λ	0,7552																																																								
Inercia [m^4]	0,0291																																																								
Área [m^2]	5,5850																																																								
i [cm]	0,0722																																																								
λ	67,4807																																																								
n_1	149																																																								
$\emptyset 1$	\emptyset 16																																																								
n_2	0																																																								
$\emptyset 2$	\emptyset 16																																																								
A_s	299,6	38%																																																							
ρ	0,5%																																																								
<table border="1"> <tr><td colspan="2">Excentricidade adicional equivalente a outros efeitos.</td></tr> <tr><td>$e_{z,eq}$ [mm]</td><td>0,0</td></tr> <tr><td>$e_{y,eq}$ [mm]</td><td>0,0</td></tr> </table>	Excentricidade adicional equivalente a outros efeitos.		$e_{z,eq}$ [mm]	0,0	$e_{y,eq}$ [mm]	0,0																																																			
Excentricidade adicional equivalente a outros efeitos.																																																									
$e_{z,eq}$ [mm]	0,0																																																								
$e_{y,eq}$ [mm]	0,0																																																								

Figura 4-12 - Dimensionamento da Pa.1.1.

4.4.2.2 Viga-parede

A viga parede VP1.1 foi dimensionada como uma viga encastrada, sendo o seu processo de dimensionamento descrito abaixo:

1. Determinar a envolvente de esforços através da tabela “Reduced Results”;

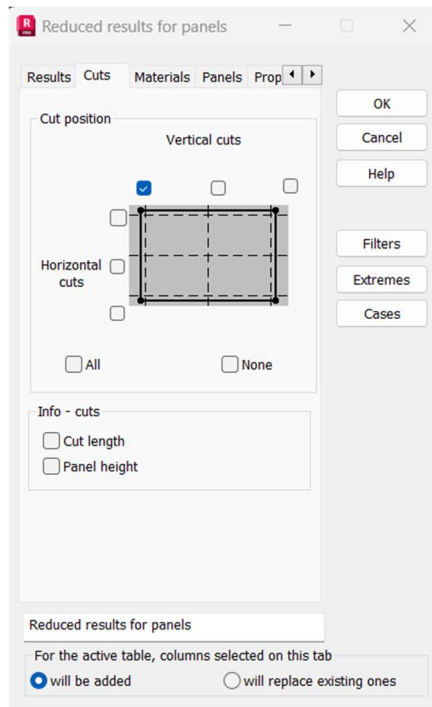
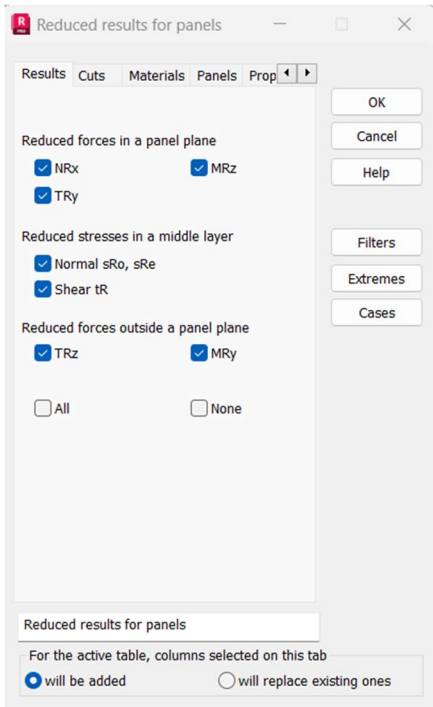
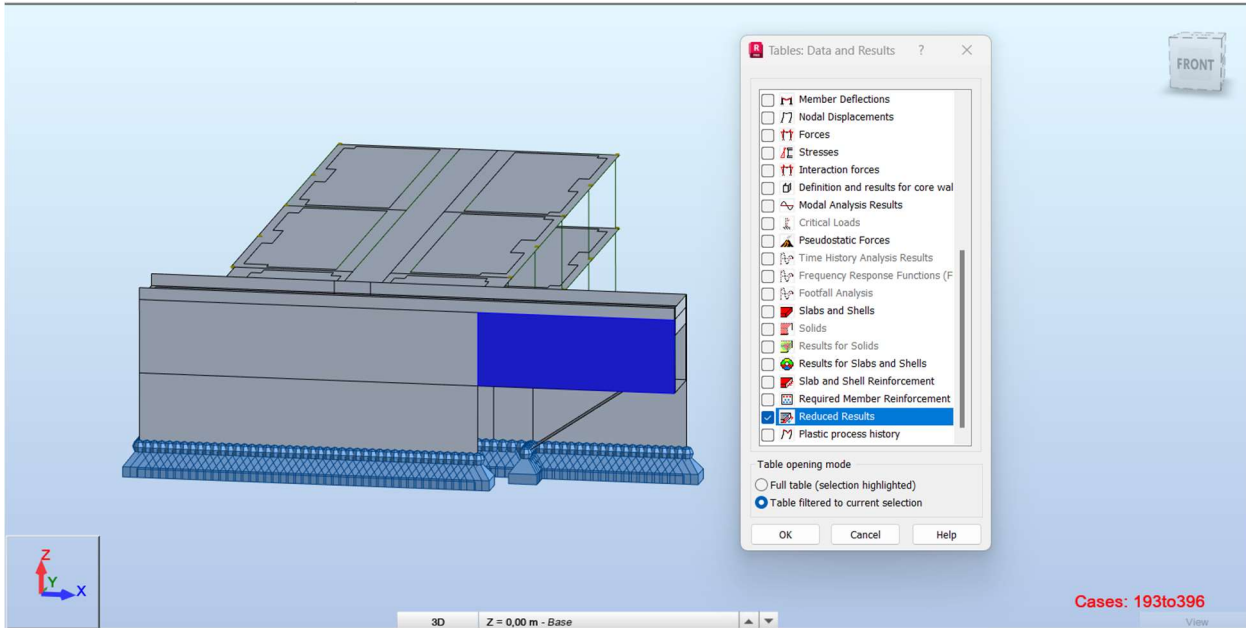


Figura 4-13 - Procedimento para determinação da envolvente de esforços da VP1.1.

2. Dimensionamento através de folha excel (a mesma para o dimensionamento das vigas).

DIMENSIONAMENTO DE ARMADURAS DE VIGAS

Betão	C30/37 (B35)
f_{ck}	30 MPa
f_{cd}	20,0 MPa
$f_{ctk, 0.95}$	3,77 MPa
f_{ctm}	2,90 MPa
$f_{ctk, 0.05}$	2,03 MPa
E_{cm}	31,9 GPa
τ_{Rd}	0,34 MPa
τ_1	0,85 MPa

Aço	A500
f_{yk}	500 MPa
f_{yd}	435 MPa
E_s	200 GPa
Auxiliares	
Rec	0,035 m
Cot(θ)	2
Tan(θ)	0,5

Fórmulas
 $\mu = M / (b \times d^2 \times f_{cd})$
 $w = \mu \times (1 + \mu)$
 $A_s = w \times b \times d \times f_{cd} / f_{yd}$

Piso	Designação	Geometria			Esforços actuantes				Flexão						Corte (EC2)													
		b [m]	h [m]	d [m]	M _{máx+} [kN.m]	M _{máx-} [kN.m]	V _{máx} [kN]	P _{sd (susp)} [kN/m]	A _{smin} [cm ²]	$\mu+$	w+	A _{s,máx+} [cm ²]	A _{s,alma+} [cm ²]	$\mu-$	w-	A _{s,máx-} [cm ²]	A _{s,alma-} [cm ²]	A _{sw/s min} [cm ² /m]	V _{Rd,s min} [kN]	V _{Rd,c} [kN]	V _{Rd,c min} [kN]	V _{Rd,máx} [kN]	V _{máx} - V _{Rd,s min} [kN]	A _{sw/s [corte]} [cm ² /m]	A _{sw/s [susp]} [cm ² /m]	A _{sw/s [total]} [cm ² /m]	S _{l,máx} [m]	S _{t,máx} [m]
Piso 1	VP1.1	0,25	13,00	12,95	1349,39	179,46	1083,16	0,00	48,75	0,002	0,002	2,40	0,10	0,000	0,000	0,32	0,01	2,19	2219,91	721,94	739,70	12304,83	-1136,75	2,19	0,00	2,19	0,30	0,60

Figura 4-14 - Dimensionamento da VP1.1.

Posto isto, foi definida uma malha ortogonal $\varnothing 16 // 0,150m$ para a viga-parede.

4.4.2.3 Paredes de contenção e muro de suporte

As paredes de contenção foram dimensionadas como lajes uma vez que funcionam sobretudo à flexão, devido aos impulsos do terreno a que estão submetidas. Os esforços de flexão de cada uma das paredes de contenção foi obtido através do comando *Results » Maps* no ROBOT.

De seguida, apresentam-se os resultados para a parede de contenção Pc1.1 e o quadro resumo para as restantes paredes de contenção.

Obtido um Med máximo de 45,24kN.m na direção X, na face das terras, definiu-se a armadura $\emptyset 10//0,150\text{m}$ que representa um Mrd de 56,84kN.m.

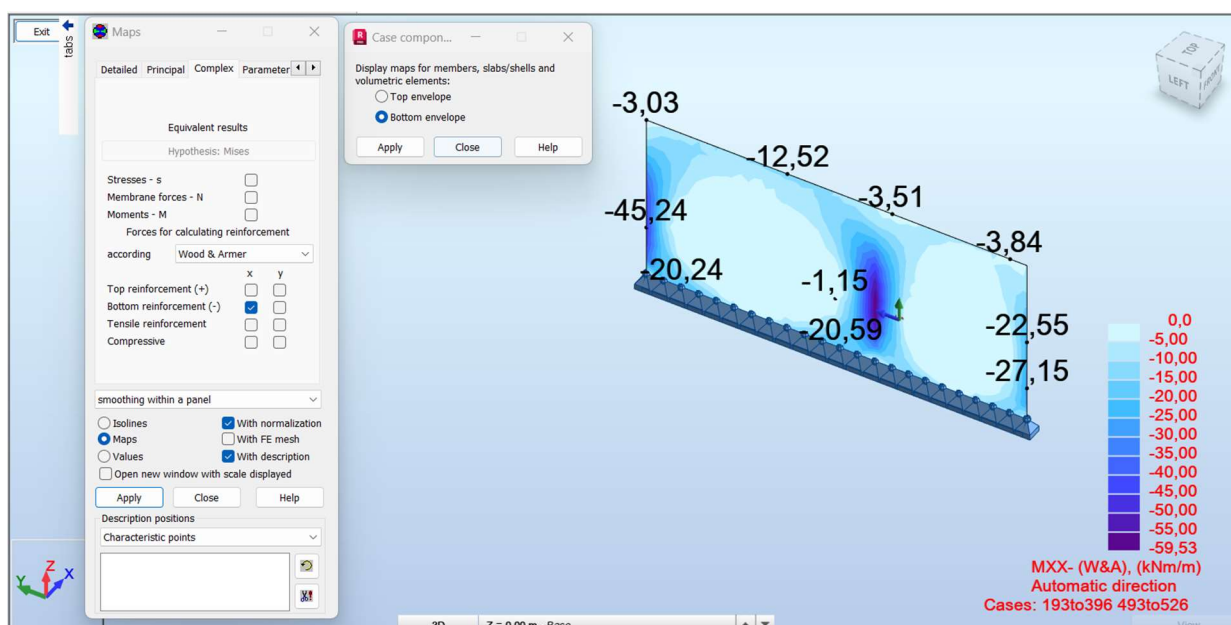


Figura 4-15 - Momentos atuantes pelo lado das terras na direção x.

Obtido um Med máximo de 54,55kN.m na direção Y, na face das terras, definiu-se a armadura $\emptyset 16//0,150\text{m}$ que representa um Mrd de 137,50kN.m.

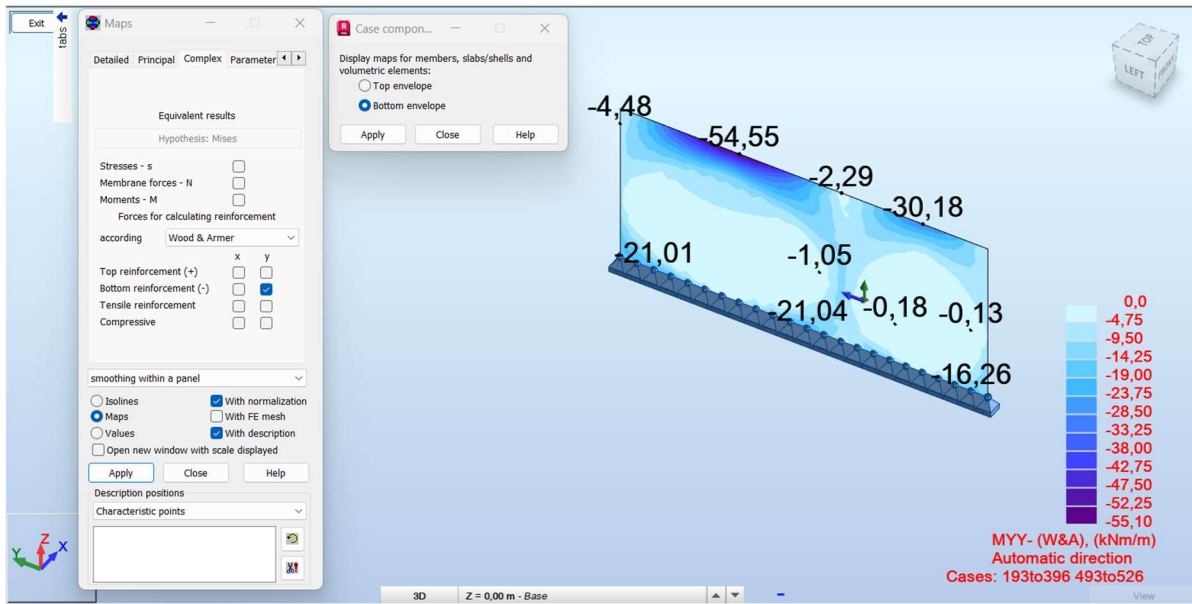


Figura 4-16 - Momentos atuantes pelo lado das terras na direção y.

Obtido um Med máximo de 27,41kN.m na direção X, na face oposta às terras, definiu-se a armadura $\emptyset 10//0,150\text{m}$ que representa um Mrd de 56,84kN.m.

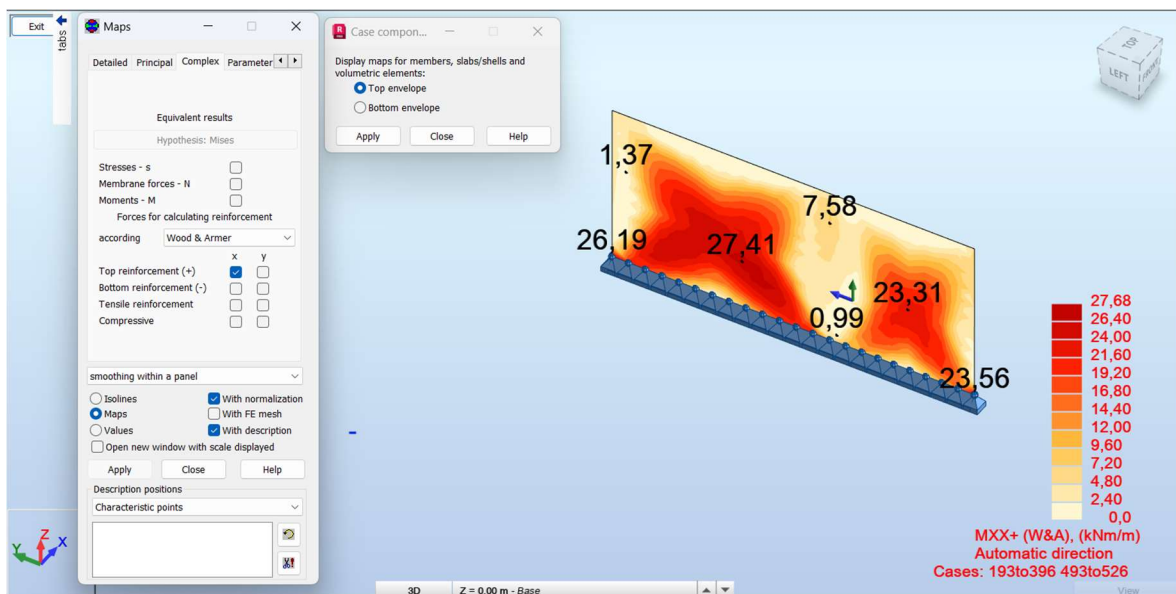


Figura 4-17 - Momentos atuantes pelo lado oposto às terras na direção x.

Obtido um Med máximo de 44,18kN.m na direção Y, na face oposta às terras, definiu-se a armadura $\varnothing 16//0,150m$ que representa um Mrd de 137,50kN.m.

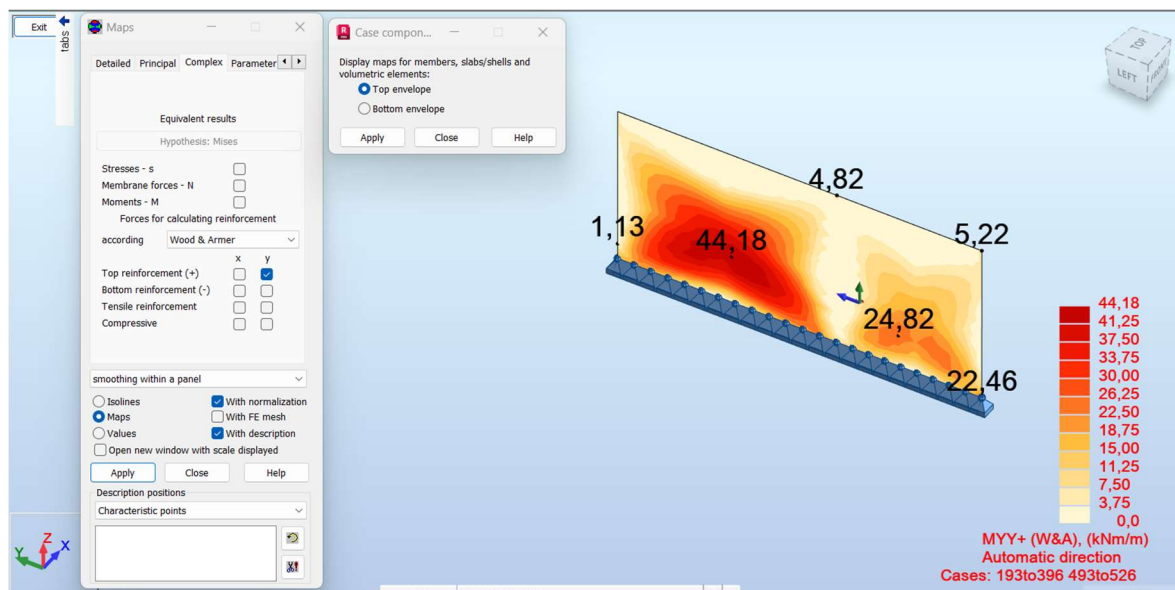


Figura 4-18 - Momentos atuantes pelo lado oposto às terras na direção y.

Para as paredes de contenção procurou-se uniformizar as armaduras, sendo que o dimensionamento tem em conta os esforços condicionantes da Pc1.3, refletido na Pc1.1 e Pc1.2.

Tabela 4-7 - Tabela resumo de momentos atuantes e solução de armadura adotada.

Parede de contenção /Muro de suporte	Face das terras (Bottom envelope)						Face oposta às terras (Top envelope)					
	Med máx. direção X [kN.m]	Armadura	Mrd [kN.m]	Med máx. direção Y [kN.m]	Armadura	Mrd [kN.m]	Med máx. direção X [kN.m]	Armadura	Mrd [kN.m]	Med máx. direção Y [kN.m]	Armadura	Mrd [kN.m]
Pc1.1	45,24	$\varnothing 10//0,15m$	56,84	54,55	$\varnothing 16//0,15m$	137,50	27,41	$\varnothing 10//0,15m$	56,84	44,18	$\varnothing 16//0,15m$	137,50
Pc1.2	20,69	$\varnothing 10//0,15m$	56,84	22,93	$\varnothing 16//0,15m$	137,50	21,88	$\varnothing 10//0,15m$	56,84	35,82	$\varnothing 16//0,15m$	137,50
Pc1.3	24,56	$\varnothing 10//0,15m$	56,84	71,50	$\varnothing 16//0,15m$	137,50	39,52	$\varnothing 10//0,15m$	56,84	133,64	$\varnothing 16//0,15m$	137,50
Ms1.1	62,77	$\varnothing 12//0,15m$	80,45	71,02	$\varnothing 16//0,125m$	162,29	37,50	$\varnothing 12//0,15m$	80,45	72,65	$\varnothing 12//0,125m$	95,55

4.4.3 Vigas

As vigas são elementos estruturais sujeitos a cargas transversais e trabalham essencialmente à flexão, transmitindo os esforços verticais recebidos das lajes aos pilares. O dimensionamento das armaduras das vigas de betão armado foi executado de acordo com as disposições regulamentares do artigo 9.2 do Eurocódigo 2.

- **Armadura longitudinal - momentos positivos e negativos**

$$\mu = \frac{M_{ed}}{b * d^2 * f_{cd}} \quad (4.19)$$

onde:

μ – momento fletor reduzido

M_{ed} – momento máximo atuante

b – largura da seção

d – altura útil da seção

f_{cd} – tensão de rotura à compressão

$$\omega = \frac{A_s * f_{yd}}{b * d * f_{cd}} \quad (4.20)$$

onde:

A_s – área da seção de armadura

M_{ed} – momento máximo atuante

f_{yd} – tensão de cedência à tração do aço das armaduras

$$A_{s,min} \geq \begin{cases} 0,26 * f_{ctm} * b * d \\ 0,0013 * b_t * d \end{cases} \quad (4.21)$$

onde:

f_{ctm} – tensão de rotura do betão à tração simples

b_t – largura média da zona tracionada

$$A_{s,máx.} = 0,04 * A_c \quad (4.22)$$

• **Estribos – esforço transversal**

$$V_{rd,máx.} = \alpha_{cm} * b_w * z * v_1 * f_{cd} * \left(\frac{1}{\cotg \theta + tg \theta} \right) \quad (4.23)$$

onde:

α_{cm} – coeficiente que tem em conta o estado de tensão do banzo comprimido. Para seções em pré-esforço deve ser considerado igual a 1,00

b_w – largura da alma do elemento

z – braço binário das forças interiores, para um elemento de altura constante, correspondente ao momento fletor do elemento, com $z = 0,9 * d$

v_1 – coeficiente de redução da resistência do betão fendilhado por esforço transversal

$$V_{rd,máx.} = \alpha_{cm} * b_w * z * v_1 * f_{cd} * \left(\frac{1}{\cotg \theta + tg \theta} \right) \quad (4.24)$$

$$v_1 = 0,6 * \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) \quad (4.25)$$

O valor do esforço transversal resistente para seções com estribos é obtido pela seguinte fórmula:

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} * z * f_{yd} * \cotg \theta \quad (4.26)$$

onde:

A_{sw} – área da seção transversal das armaduras de esforço transversal existentes no comprimento s

s – espaçamento dos estribos, medido ao longo do eixo longitudinal

$$\left(\frac{A_{sw}}{S}\right)_{min} = \rho_{min} * b_w * \sin\alpha \quad (4.27)$$

onde:

ρ_{min} – taxa de armadura mínima de esforço transversal, com $\rho_{min} = 0,08 * \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$

α – ângulo formado pela armadura de esforço transversal com o eixo da viga. Para estribos verticais $\sin\alpha = 1,0$

- **Espaçamentos**

$$sl_{m\acute{a}x.} = 0,75 * d * (1 + \cot\alpha) \quad (4.28)$$

$$st_{m\acute{a}x.} = \begin{cases} 0,75 * d \\ 600mm \end{cases} \quad (4.29)$$

$$d_{livre} = \frac{b - 2 * c_{nom} - (n^{\circ} \text{ estribos} * \emptyset) - (n^{\circ} \text{ var\~{o}es} * \emptyset)}{n^{\circ} \text{ espa\~{c}os}} \quad (4.30)$$

onde:

$sl_{m\acute{a}x.}$ – espaçamento longitudinal máximo (prática corrente estar limitado a 300mm)

$st_{m\acute{a}x.}$ – espaçamento transversal máximo entre ramos de um mesmo estribo

d_{livre} – espaçamento entre varões longitudinais

c_{nom} – recobrimento nominal

\emptyset – diâmetro da armadura

d_{livre} tem de ser maior ou igual ao espaçamento mínimo, dado por:

$$d_{min} \geq \begin{cases} \emptyset_{m\acute{a}x} \\ d_g + 5 \\ 20mm \end{cases} \quad (4.31)$$

onde:

d_g – dimensão nominal máxima do agregado

Todos os resultados das vigas (Med^+ , Med^- e Ved) foram obtidos através do comando *Results » Diagrams for members* do ROBOT e, posteriormente, o respetivo dimensionamento foi feito recorrendo a uma folha de cálculo excel. Os resultados devem ser consultados na tabela Dimensionamento de Vigas.

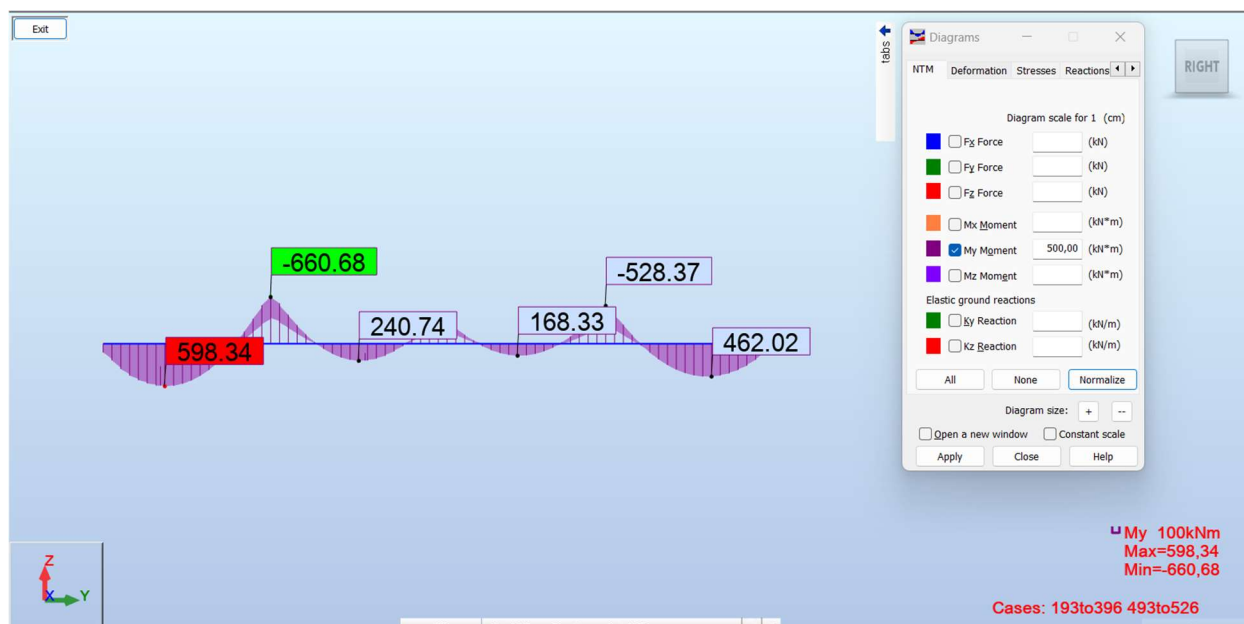


Figura 4-19 - Momentos fletores no pórtico V. F4-F16.

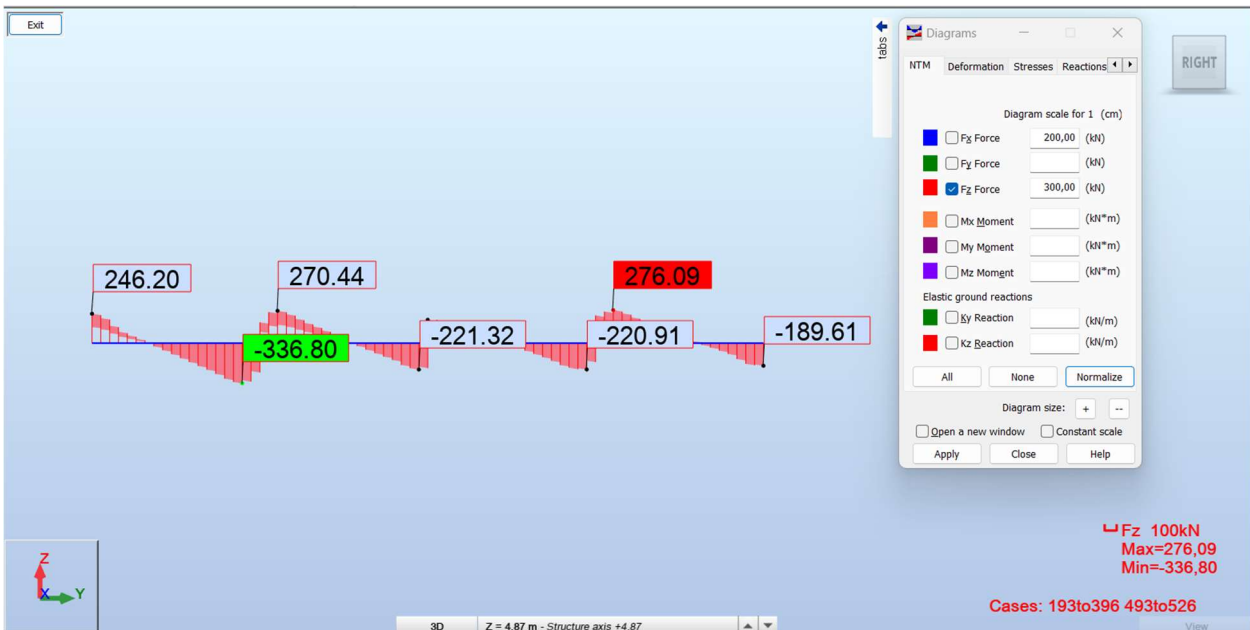


Figura 4-20 - Esforços transversos no pórtico V. F4-F16.

4.4.4 Sapatas

O dimensionamento das sapatas obedeceu ao estipulado no Eurocódigo 7 – Projeto Geotécnico. Todas as sapatas foram dimensionadas recorrendo a folhas de cálculo excel limitando-se a tensão admissível a 0,300 MPa, apresentando-se abaixo o processo de cálculo:

$$e_y = \frac{M_z}{V + P} \quad (4.32)$$

$$e_z = \frac{M_y}{V + P} \quad (4.33)$$

onde:

M – momento fletor

V – ação vertical

P – peso próprio da sapata

Se $\frac{e_y}{B_y} + \frac{e_z}{B_z} \leq \frac{1}{6}$, a resultante encontra-se dentro do núcleo central, no entanto, se $\frac{e_y}{B_y} + \frac{e_z}{B_z} > \frac{1}{6}$ a resultante encontra-se fora do núcleo central.

$$\sigma_1 = \frac{N + P}{B_y + B_z} * \left(1 + \frac{6 * e_y}{B_y} + \frac{6 * e_x}{B_z}\right) \quad (4.34)$$

$$\sigma_2 = \frac{N + P}{A * B} * \left(1 + \frac{6 * e_y}{B} - \frac{6 * e_x}{A}\right) \quad (4.35)$$

$$\sigma_3 = \frac{N + P}{A * B} * \left(1 - \frac{6 * e_y}{B} - \frac{6 * e_x}{A}\right) \quad (4.36)$$

$$\sigma_4 = \frac{N + P}{A * B} * \left(1 - \frac{6 * e_y}{B} + \frac{6 * e_x}{A}\right) \quad (4.37)$$

$$\sigma_{3/4} = \frac{3 * \sigma_1 + \sigma_4}{4} \leq \sigma_{adm} \quad (4.38)$$

onde:

σ_1 – tensão máxima

σ_4 – tensão mínima

N – esforço axial

B – dimensão da sapata na direção correspondente

e – excentricidade na direção correspondente

Para cálculo do esforço transversal atuante nas sapatas foi necessário calcular uma tensão auxiliar a uma distância da extremidade com maior valor de tensão da sapata:

$$x_1 = \frac{(B_x - b_x)}{2} - d \quad (4.39)$$

$$x_2 = \frac{(B_y - b_y)}{2} - d \quad (4.40)$$

Em que B (maiúsculo) representa a dimensão da sapata e b (minúsculo) representa a dimensão do pilar nas respetivas direções.

$$\sigma_{aux} = \sigma_1 + \frac{\sigma_1 - \sigma_4}{B} * l \quad (4.41)$$

com:

$$l = \frac{B - b}{2} + 0,15 * b \quad (4.42)$$

O valor do esforço transversal atuante resulta das seguintes expressões:

$$V_{ed}^I = \frac{\sigma_1 + \sigma_{aux}}{2} + x_1 * A \quad (4.43)$$

$$V_{ed}^{II} = \frac{(\sigma_1 + \sigma_4)}{2} + x_2 * B \quad (4.44)$$

$$V_{Rd,c}^I = \begin{cases} (0,12 * k * (100 * \rho_l * f_{ck}) * A * d \text{ (mm)}) \\ 0,035 * k^{\frac{3}{2}} * f_{ck}^{\frac{1}{2}} * A * d \text{ (mm)} \end{cases} \quad (4.45)$$

$$V_{Rd,c}^{II} = \begin{cases} (0,12 * k * (100 * \rho_l * f_{ck}) * B * d \text{ (mm)}) \\ 0,035 * k^{\frac{3}{2}} * f_{ck}^{\frac{1}{2}} * B * d \text{ (mm)} \end{cases} \quad (4.46)$$

onde:

$$k \leq \begin{cases} 1 + \sqrt{\frac{200}{d \text{ (mm)}}} \\ 2,0 \end{cases} \quad (4.47)$$

$$\rho_l = \begin{cases} 0,26 * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \\ 0,02 \end{cases} \quad (4.48)$$

A verificação da segurança à flexão resulta das seguintes expressões:

$$M_{ed,1} = \sigma_{aux} * \frac{l^2}{2} + \frac{(\sigma_1 - \sigma_{aux}) * l}{2} * \frac{2 * l}{3} \quad (4.49)$$

$$M_{ed,2} = \sigma_{3/4} * \frac{l^2}{2} \quad (4.50)$$

$$\mu = \frac{M_{ed}}{b * d^2 * f_{cd}} \quad (4.51)$$

$$\omega = \frac{A_s * f_{yd}}{b * d * f_{cd}} \quad (4.52)$$

$$A_{s,min} \geq \begin{cases} 0,26 * f_{ctm} * b * d \\ 0,0013 * b_t * d \end{cases} \quad (4.53)$$

$$A_{s,máx.} = 0,04 * A_c \quad (4.54)$$

A verificação ao punçoamento resulta das seguintes expressões:

$$v_{rd,c} \geq \begin{cases} 0,12 * k * (100 * \rho_l * f_{ck})^{\frac{1}{3}} * \frac{2 * d}{a} \\ 0,035 * k^{\frac{3}{2}} * f_{ck}^{\frac{1}{2}} * \frac{2 * d}{a} \end{cases} \quad (4.55)$$

onde:

$v_{rd,c}$ – valor da tensão resistente

A – distância da face do pilar ao perímetro de controlo

$$\rho_l = \sqrt{\frac{A_{sx}}{b * d_x} + \frac{A_{sy}}{b * d_y}}$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}}$$

$$v_{ed} = \frac{\beta * V_{Ed,red}}{\mu * d} \quad (4.56)$$

$$\beta = 1 + 1,8 * \sqrt{\left(\frac{e_x}{b_x}\right)^2 + \left(\frac{e_y}{b_y}\right)^2} \quad (4.57)$$

$$V_{Ed,red} = V_{Ed} - \sigma_{med} * A_{cont} \quad (4.58)$$

4.4.4.1 Sapatas de pilares

Para dimensionamento das sapatas dos pilares foram determinadas as reações na base do respetivo pilar através do comando *Tables » Reactions* e, posteriormente, foi usada uma folha de cálculo excel para dimensionamento das sapatas. De acordo com os resultados obtidos no dimensionamento de pilares foram criados grupos de sapatas, cujos pilares apresentem as mesmas seções, sendo possível uniformizar a dimensão das sapatas para pilares com seções iguais. Podemos concluir que face às reações instaladas na estrutura a armadura condicionante foi sempre a armadura mínima em todos os casos.

Tabela 4-8 - Quadro resumo de dimensionamento das sapatas dos pilares.

Designação pilar	Seção pilar		Resultados da análise - folha excel			Dimensionamento da sapata					
			As,min [cm ² /m]	Asx [cm ² /m]	Asy [cm ² /m]	Armaduras				Dimensão da sapata	
	a	b				Asx	Asy	Aix	Aiy	Lx [m]	Ly [m]
P. F4 + P. F16	0,30	0,20	6,78	4,12	4,52	Ø12//0.175	Ø12//0.175	Ø12//0.175	Ø12//0.175	1,70	1,70
P. F7 + P. F10 + P. F13	0,35	0,35	8,28	7,90	7,90	Ø12//0.15	Ø12//0.15	Ø12//0.15	Ø12//0.15	2,50	2,50
P. E3	0,20	0,30	5,27	3,28	2,97	Ø12//0.175	Ø12//0.175	Ø12//0.175	Ø12//0.175	1,60	1,60
P. E4 + P. E5 + P. E6 + P. E8 + P. E9 + P. E10 + P.11 + P. E12 + P. E14 + P. E15 + P. E16	0,20	0,60	8,28	4,68	5,85	Ø12//0.15	Ø12//0.15	Ø12//0.15	Ø12//0.15	2,00	2,50
P. D3	0,20	0,30	5,27	3,08	2,79	Ø12//0.175	Ø12//0.175	Ø12//0.175	Ø12//0.175	1,60	1,60
P. D4 + P. D5 + P. D6 + P. D8 + P. D9 + P. D10 + P. D11 + P. D12 + P. D14 + P. D15	0,20	0,60	8,28	3,95	4,94	Ø12//0.15	Ø12//0.15	Ø12//0.15	Ø12//0.15	2,00	2,50
P. C3	0,30	0,20	5,27	2,28	2,61	Ø12//0.175	Ø12//0.175	Ø12//0.175	Ø12//0.175	1,20	1,20
P. C4 + P. C7 + P. C10 + P. C13	0,35	0,35	8,28	7,13	7,13	Ø12//0.15	Ø12//0.15	Ø12//0.15	Ø12//0.15	2,50	2,50

Dimensionamento de Fundações isoladas

Propriedades dos Materiais

Betão

C30/37 (B35)	30
fcd [Mpa]	20,00
τ_i [Mpa]	0,850

Aço

A500	500
f _{syd} [Mpa]	434,8

Propriedades do Solo

σ_{adm} [Mpa]	0,300
σ_{re} [Mpa]	0,405

Tipo de Análise

Verificar esta seção:

d=,45 [m]	Lx=1,70 [m]	Ly=1,70 [m]
755,748	0,450	1,700

Características da Sapata

Sapata Centrada de Bordos Equidistantes

Características do Pilar

a [m]	0,30
b [m]	0,20

Calcular Crit. Impressão

Verificação do Esforço Transverso

Dir. x Punção Excêntrico

Dir. y

Dir. x Corte em Viga Larga

Dir. y

As_{min} [cm²/m] = 6,78

Sapata	Esforços segundo a convenção vectorial			Dimensões da sapata			Tensões no solo			Armaduras		τ_{sd} [Mpa]	Observações	
	Nsd [kN]	Msd _x [kN.m]	Msd _y [kN.m]	Nsd _{calc} [kN]	d [m]	A [m]	B [m]	σ_{max} [Mpa]	σ_{min} [Mpa]	$\sigma_{3/4}$ [Mpa]	As _x [cm ² /m]			As _y [cm ² /m]
8/ 193 (C)	695,47	0,00	0,00	749,658	0,450	1,700	1,700	0,259	0,259	0,259	4,088	4,481	0,446	OK
8/ 194 (C)	698,11	0,00	0,00	752,298	0,450	1,700	1,700	0,260	0,260	0,260	4,102	4,497	0,447	OK
8/ 195 (C)	541,06	0,00	0,00	595,248	0,450	1,700	1,700	0,206	0,206	0,206	3,246	3,558	0,354	OK
8/ 196 (C)	543,7	0,00	0,00	597,888	0,450	1,700	1,700	0,207	0,207	0,207	3,260	3,574	0,355	OK
8/ 197 (C)	595,59	0,00	0,00	649,778	0,450	1,700	1,700	0,225	0,225	0,225	3,543	3,884	0,386	OK
8/ 198 (C)	700,75	0,00	0,00	754,938	0,450	1,700	1,700	0,261	0,261	0,261	4,117	4,513	0,449	OK
8/ 199 (C)	546,34	0,00	0,00	600,528	0,450	1,700	1,700	0,208	0,208	0,208	3,275	3,590	0,357	OK
8/ 200 (C)	701,56	0,00	0,00	755,748	0,450	1,700	1,700	0,262	0,262	0,262	4,121	4,518	0,449	Comb. Condicionante ✓
8/ 201 (C)	547,15	0,00	0,00	601,338	0,450	1,700	1,700	0,208	0,208	0,208	3,279	3,595	0,358	OK

Figura 4-21 - Exemplo de dimensionamento de sapatas.

Após o dimensionamento das sapatas, sempre que o espaçamento livre entre duas sapatas contíguas justifique adotar uma solução de sapata conjunta para dois pilares contíguas ou paredes contíguas a pilares foi aumentada a seção da sapata e definido que a armadura superior é igual à armadura inferior da respectiva sapata.

Sapata	Geometria			Armaduras			
	Lx (m)	Ly (m)	h (m)	Asx	Asy	Aix	Aiy
S1.1	4.50	2.50	0.60	Ø12//0.15	Ø12//0.15	Ø12//0.15	Ø12//0.15
S1.2	4.50	5.34	0.60	Ø12//0.15	Ø12//0.15	Ø12//0.15	Ø12//0.15
S1.3	2.00	2.50	0.60	Ø12//0.15	Ø12//0.15	Ø12//0.15	Ø12//0.15
S1.4	2.50	2.50	0.60	Ø12//0.15	Ø12//0.15	Ø12//0.15	Ø12//0.15
S1.5	1.70	1.70	0.50	Ø12//0.175	Ø12//0.175	Ø12//0.175	Ø12//0.175
S1.6	3.05	2.50	0.60	Ø12//0.15	Ø12//0.15	Ø12//0.15	Ø12//0.15
S1.7	1.60	1.985	0.50	Ø12//0.175	Ø12//0.175	Ø12//0.175	Ø12//0.175
S1.8	4.09	1.985	0.50	Ø12//0.175	Ø12//0.175	Ø12//0.175	Ø12//0.175

Figura 4-22 - Dimensões e armaduras adotadas em sapatas.

4.4.4.2 Sapatas de paredes, paredes de contenção e muro de suporte

Foi definido um *Rigid Link*, que consiste na criação de um *master node* que neste caso representa um encastramento, ao qual estão ligados outros nós (*slave nodes*) de forma a transmitir os esforços da parede a esse único ponto de aplicação. Ao definir um *Rigid Link*, entre nós, criam-se condições de compatibilidade rígidas para todos os deslocamentos nesses nós. Ou seja, todos os nós ligados a um *master node*, constituem um grupo de nós comparado a um corpo rígido. Desse forma é possível determinar exatamente quais os esforços a atuar nesse ponto para cálculo da fundação. Para criar o *Rigid Link*, foi primeiro introduzido um encastramento a meio da base da parede, que será o *master node*. Todos os restantes pontos da base, resultantes da malha de elementos finitos criada, serão ligados a esse nó.

De seguida, os resultados foram inseridos na folha de cálculo de sapatas e obtidos os resultados de dimensionamento que poderão ser consultados no desenho EST-07-EXE.

4.4.5 Lajes

4.4.5.1 Lajes nervuradas - Fungiblocos

As lajes nervuradas foram dimensionadas à flexão e ao esforço transverso, recorrendo ao comando *Maps* do ROBOT. Foram verificados os esforços na face inferior da laje, nas direções x e y, para dimensionamento das armaduras das nervuras e verificados os esforços na face superior da laje, na direção x e y, para dimensionamento da malha superior. Tendo em conta a largura de influência de cada nervura (0,95m) e os esforços atuantes na estrutura, foram definidas 3 possíveis soluções de armadura inferior nas nervuras:

Tabela 4-9 - Tipos de nervuras, armadura associada e momentos resistentes.

Tipo de nervura	Armadura longitudinal	As,eff [cm ²]	Mrd [kN.m/nervura]	Mrd [kN.m/m]
N1	2Ø12	2,26	29,97	31,50
N2	2Ø16	4,02	52,66	55,43
N3	2Ø20	6,28	81,05	85,32

No sentido de otimizar a solução estrutural, foi retirado um printscreen dos resultados do ROBOT e feito um *scale* no autocad de forma a averiguar o tipo de nervura a colocar em cada zona da laje. Para as armaduras superiores foi utilizado o mesmo método para otimização do dimensionamento das armaduras.

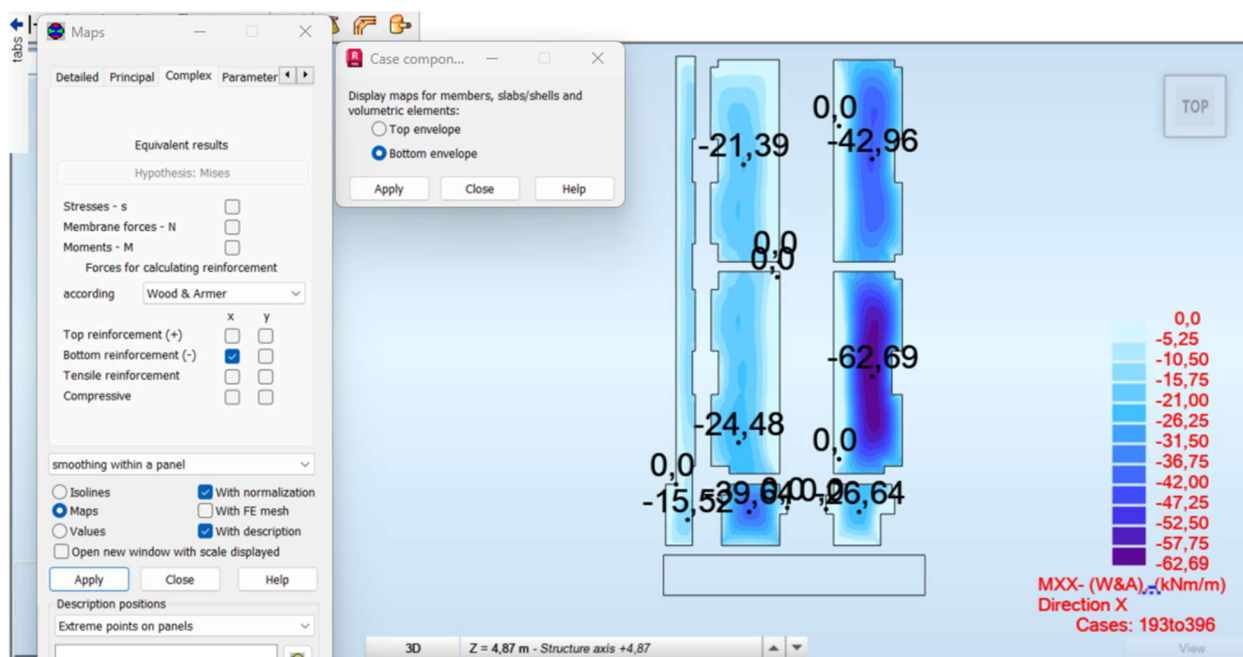


Figura 4-23 – Momentos atuantes que permitem calcular as armaduras inferiores na direção X das lajes do piso 1.

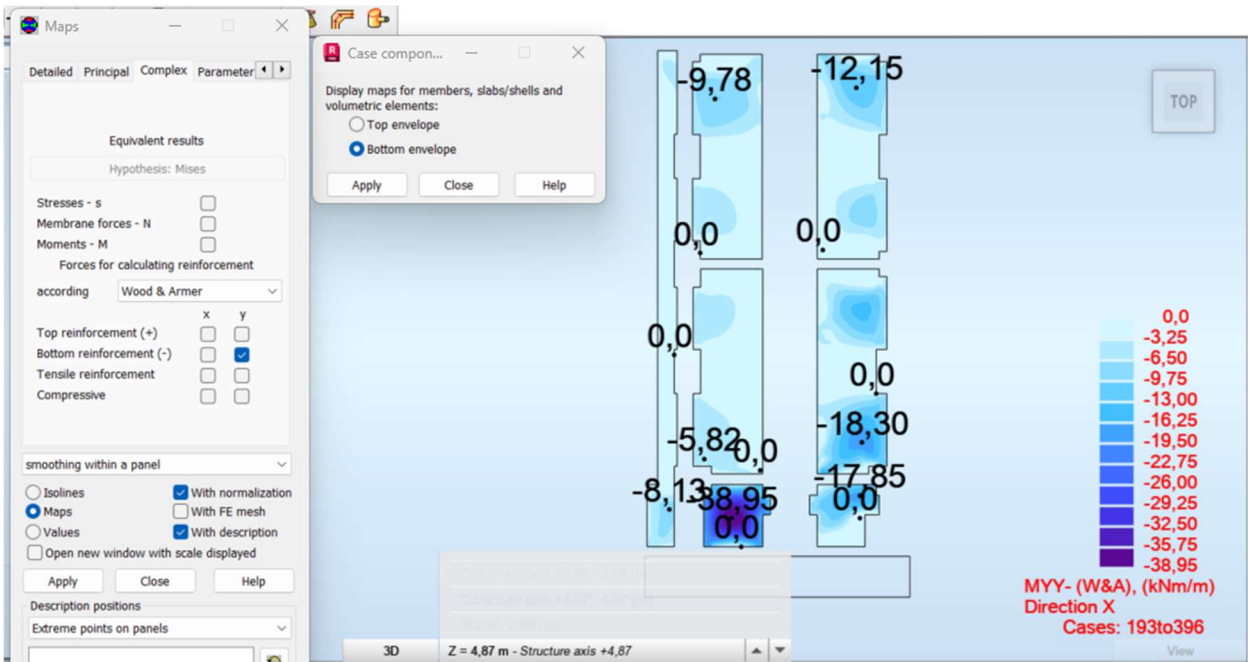


Figura 4-24 - Momentos atuantes que permitem calcular as armaduras inferiores na direção Y das lajes do piso 1.

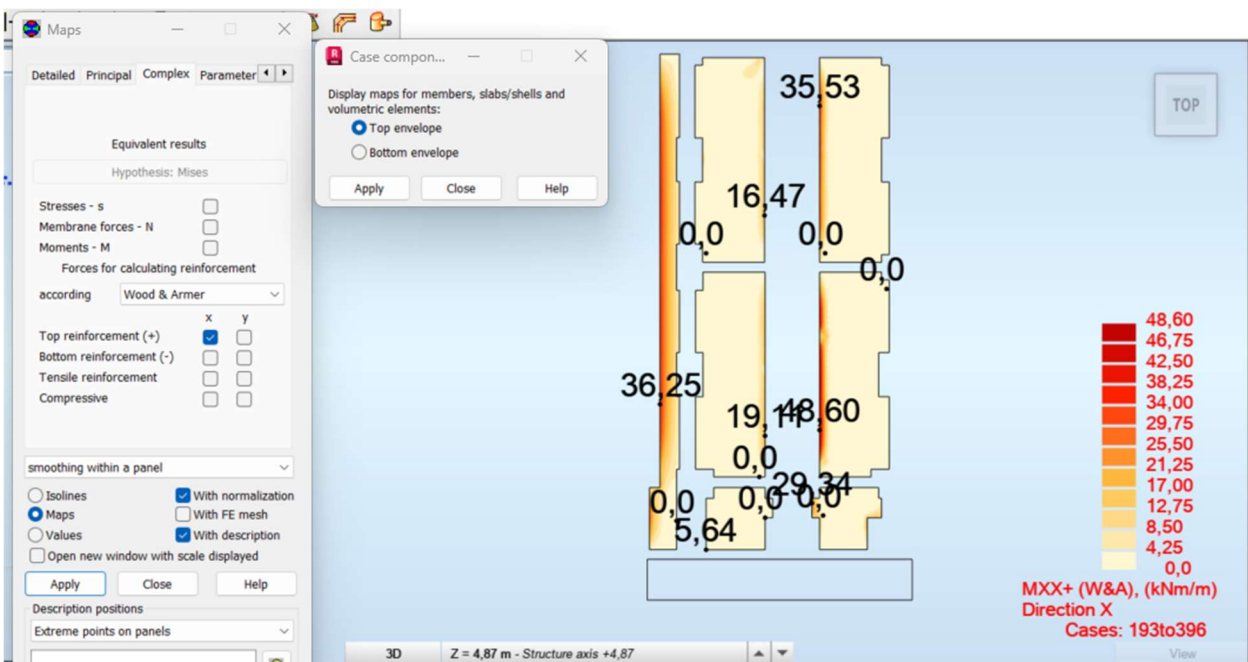


Figura 4-25 - Momentos atuantes que permitem calcular as armaduras superiores na direção X das lajes do piso 1.

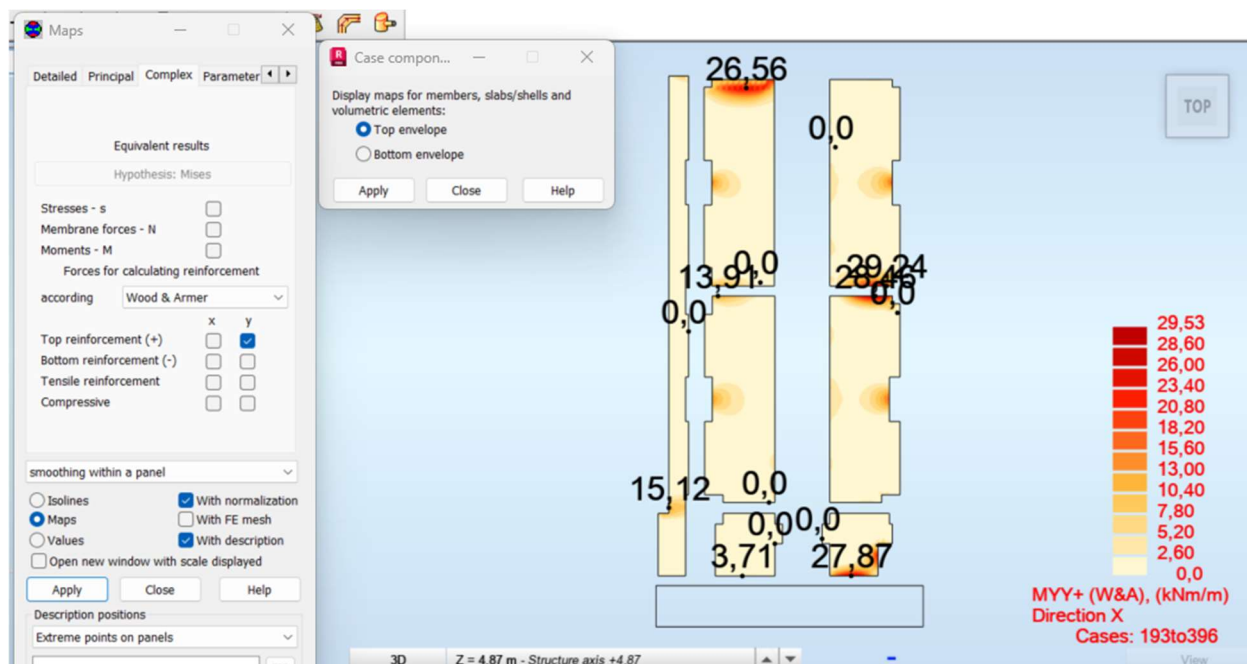


Figura 4-26 - Momentos atuantes que permitem calcular as armaduras superiores na direção Y das lajes do piso 1.

Para o dimensionamento ao esforço transversal utilizou-se o mesmo método descrito anteriormente, no entanto, verificou-se a necessidade de reforço de estribos nas zonas identificadas nas plantas estruturais (desenhos EST-09-EXE e EST-010-EXE).

Tabela 4-10 - Tipos de nervuras e estribos associados.

Nervura	Armadura longitudinal	Estribos	
		Zona corrente	Zona de reforço
N1	2Ø12	Ø6//0,25	Ø6//0,125
N2	2Ø16	Ø6//0,25	Ø6//0,125
N3	2Ø20	Ø8//0,25	Ø8//0,125

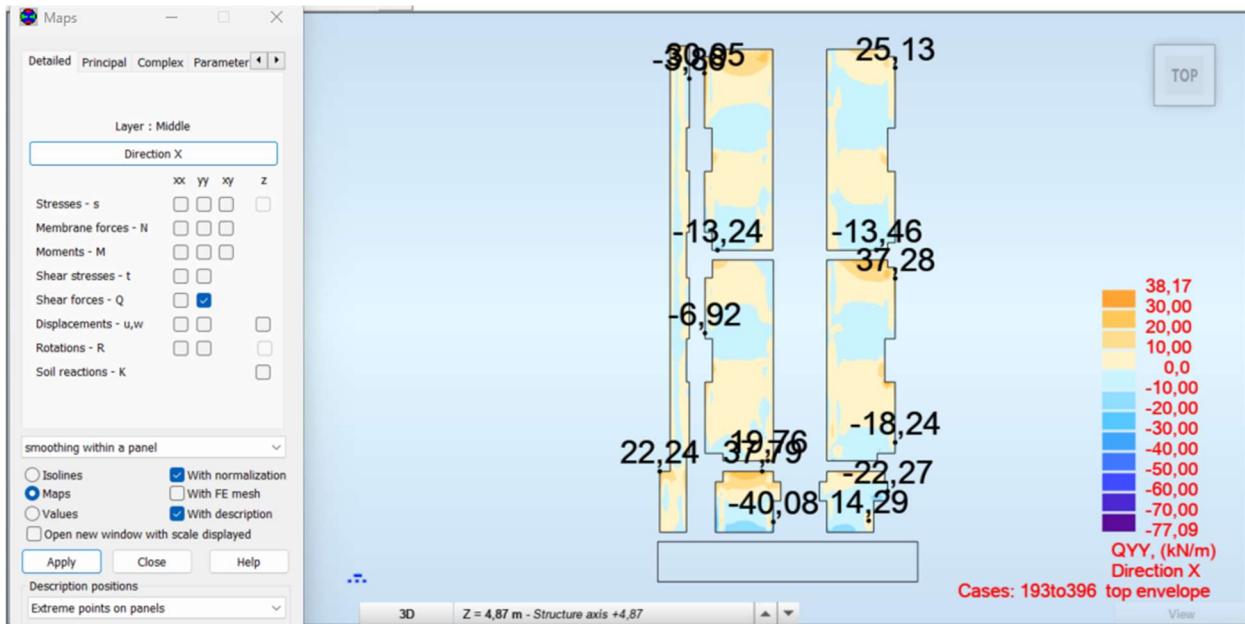


Figura 4-27 - Esforço transverso atuante das lajes do piso 1.

4.4.5.2 Lajes maciças

As lajes foram dimensionadas à flexão, recorrendo ao comando *Maps* do ROBOT. Foram verificados os esforços na face inferior e superior da laje, nas direções x e y. Para os resultados na face superior das lajes maciças (momentos atuantes negativos) foram realizados *Panel Cuts* das duas direções de forma a obter o valor do integral que permite o cálculo dos momentos flectores a atuar numa faixa de laje na qual se verifica um momento atuante elevado.

Tabela 4-11 - Armaduras, áreas de aço e momentos resistentes.

Armadura	As,eff [cm ² /m]	Mrd [kN.m/m]
Ø10//0,125	6,28	78,49
Ø12//0,125	9,05	111,18
Ø16//0,125	16,08	189,74
Ø20//0,125	25,13	284,91

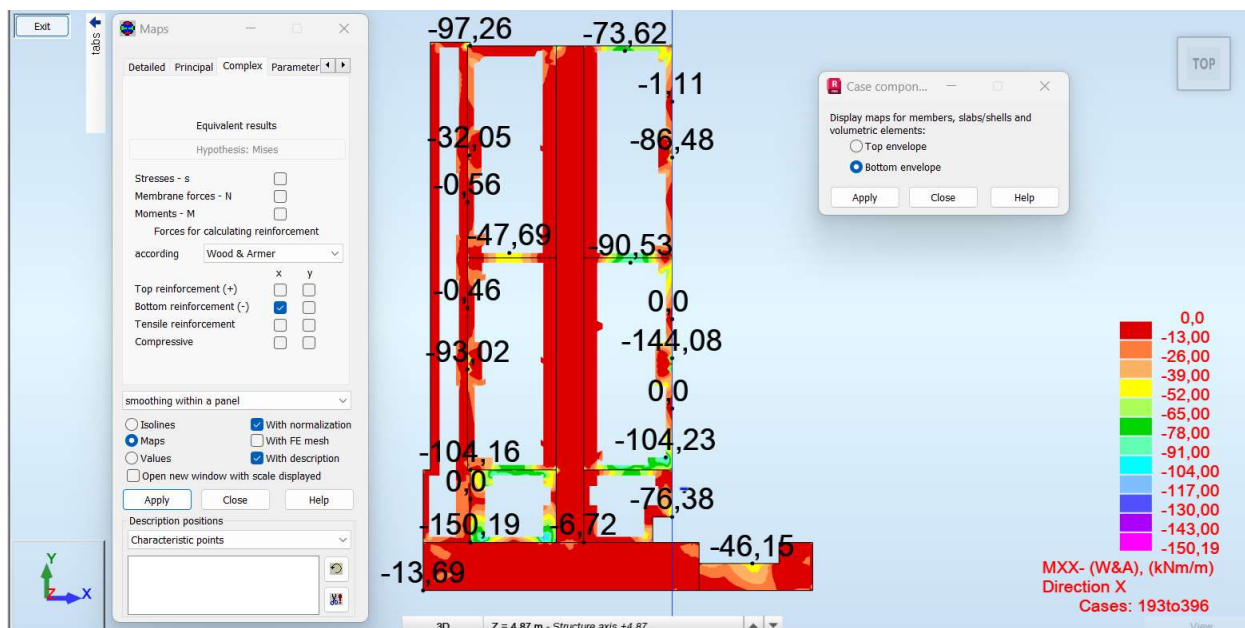


Figura 4-28 - Momentos atuantes que permitem calcular as armaduras inferiores na direção X das lajes do piso 1.

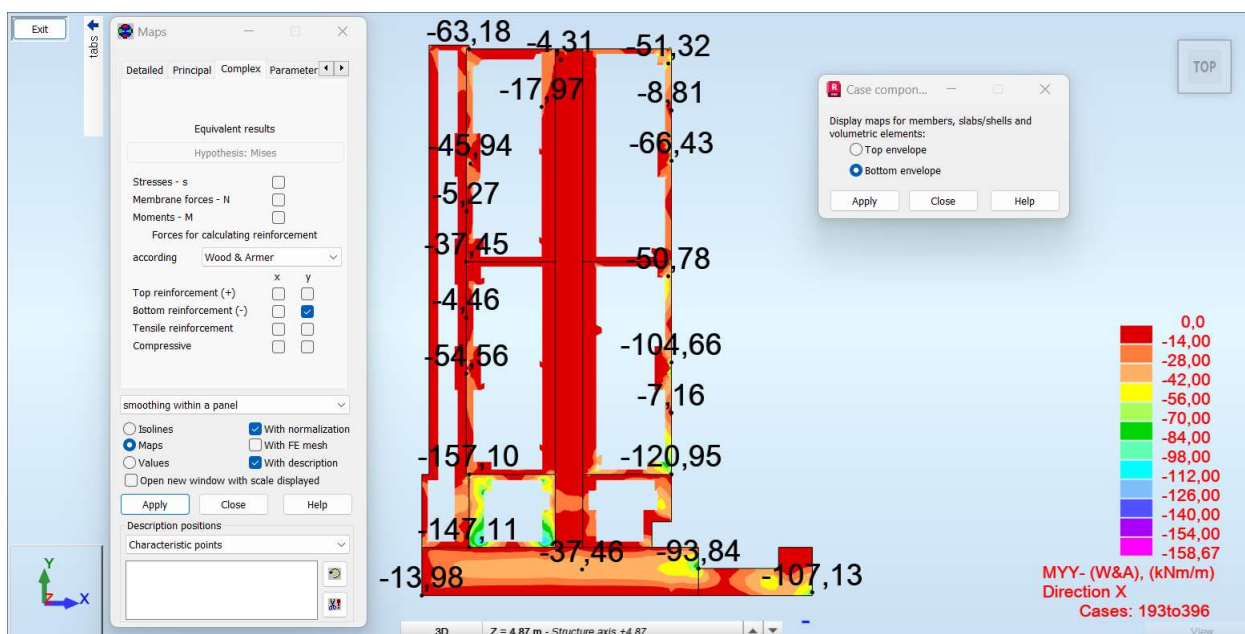


Figura 4-29 - Momentos atuantes que permitem calcular as armaduras inferiores na direção Y das lajes do piso 1.

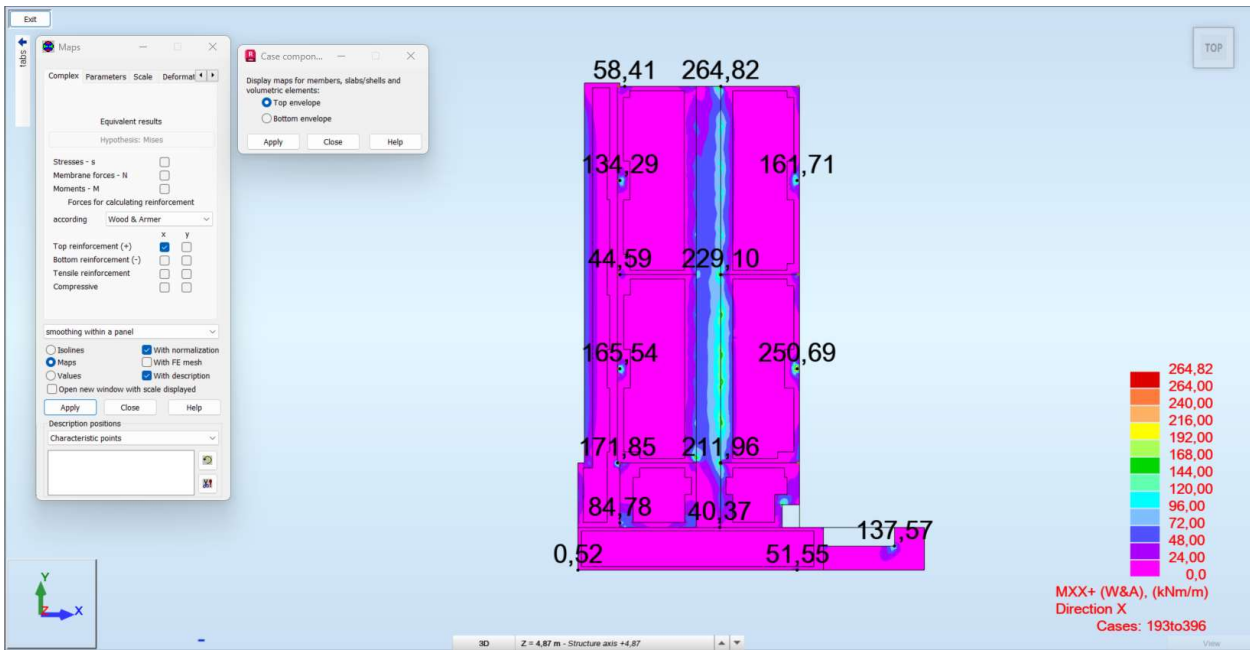


Figura 4-30 - Momentos atuantes que permitem calcular as armaduras superiores na direção X das lajes do piso 1.

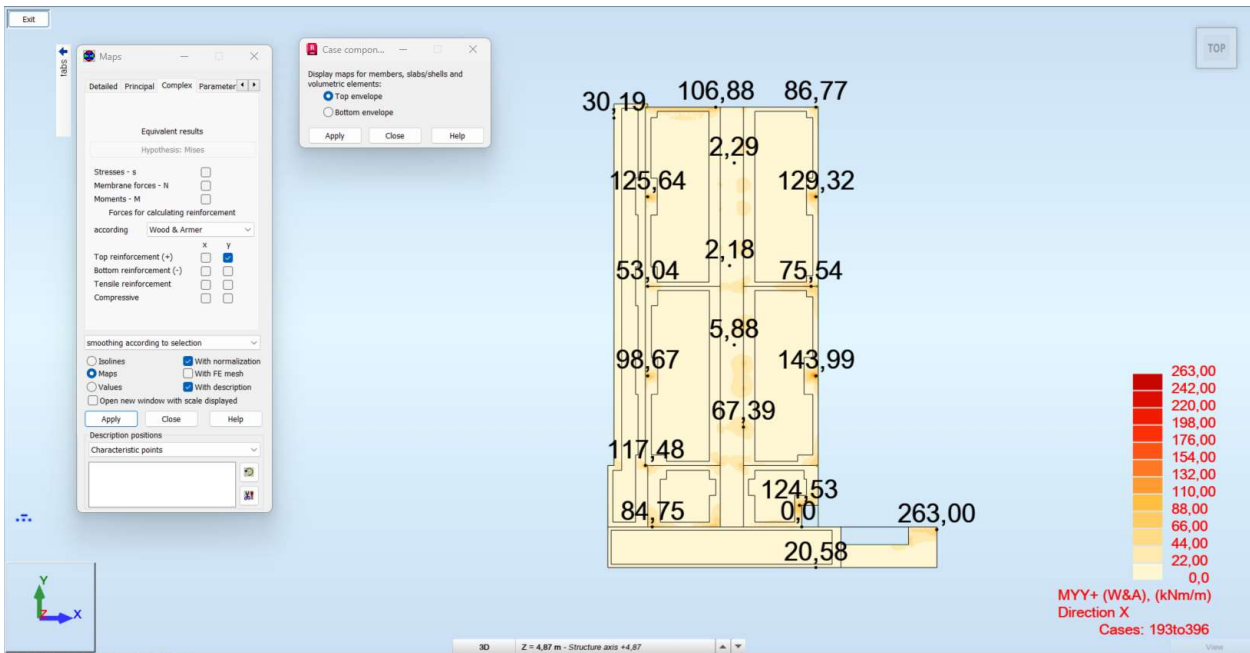


Figura 4-31 - Momentos atuantes que permitem calcular as armaduras superiores na direção Y das lajes do piso 1.

Junto ao pilar P.F7 utilizou-se a ferramenta *Panel Cut* para obter o valor do integral que permite o cálculo dos momentos fletores e, desta forma, definir a armadura a colocar.

- **Armadura paralela ao eixo X**

Momento no pico = 250,66 kN.m/m

Extensão do *panel cut* = 3,00m

Integral do momento numa faixa de 3,00m = 260,52 kN.m

$$M = \frac{260,52}{3,00} = 86,84 \text{ kN.m/m} \tag{4.59}$$

Solução de armadura: $\phi 16//0,125$

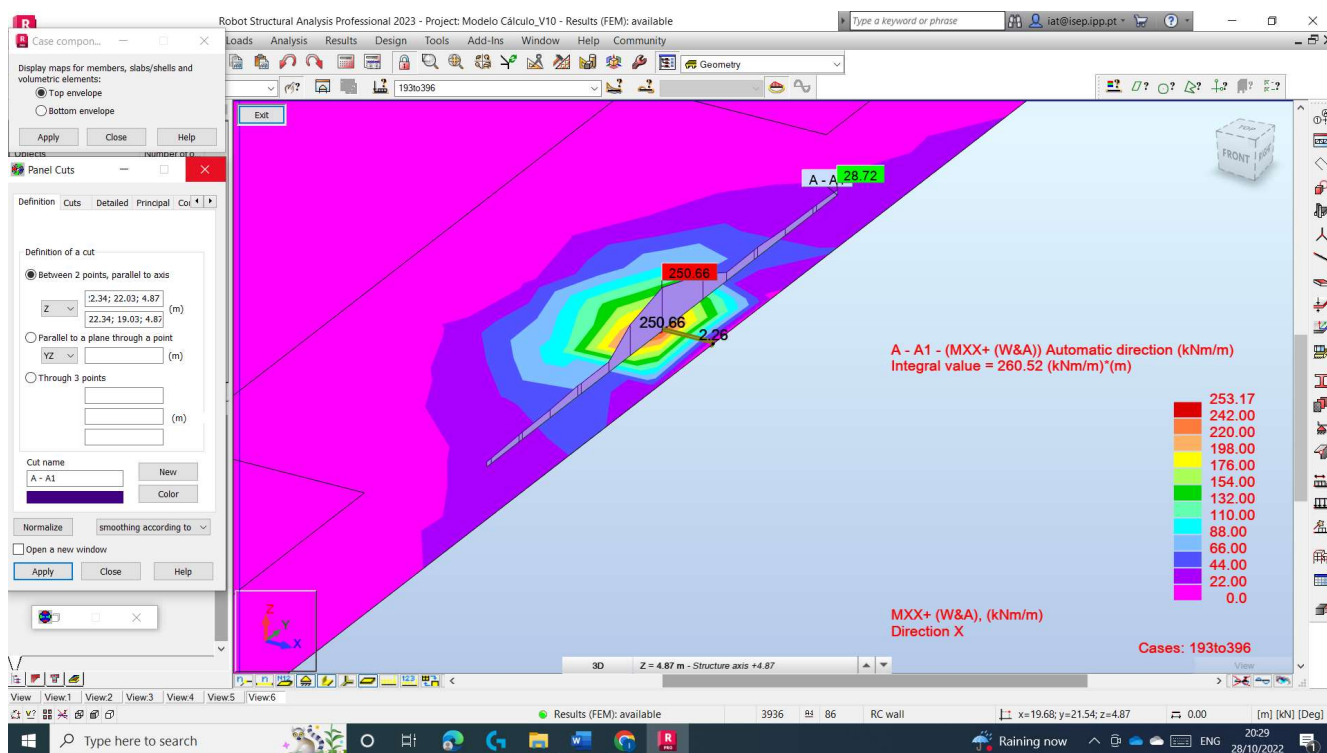


Figura 4-32 – Momento para calcular a armadura paralela ao eixo X na laje do piso 1, junto ao pilar P.F7.

CAPÍTULO 4

- **Armadura paralela ao eixo Y**

Momento no pico = 143,97 kN.m/m

Extensão do *panel cut* = 1,50m

Integral do momento numa faixa de 1,50m = 131,80 kN.m

$$M = \frac{131,80}{1,50} = 87,87 \text{ kN.m/m} \quad (4.60)$$

Solução de armadura: $\varnothing 12//0,125$

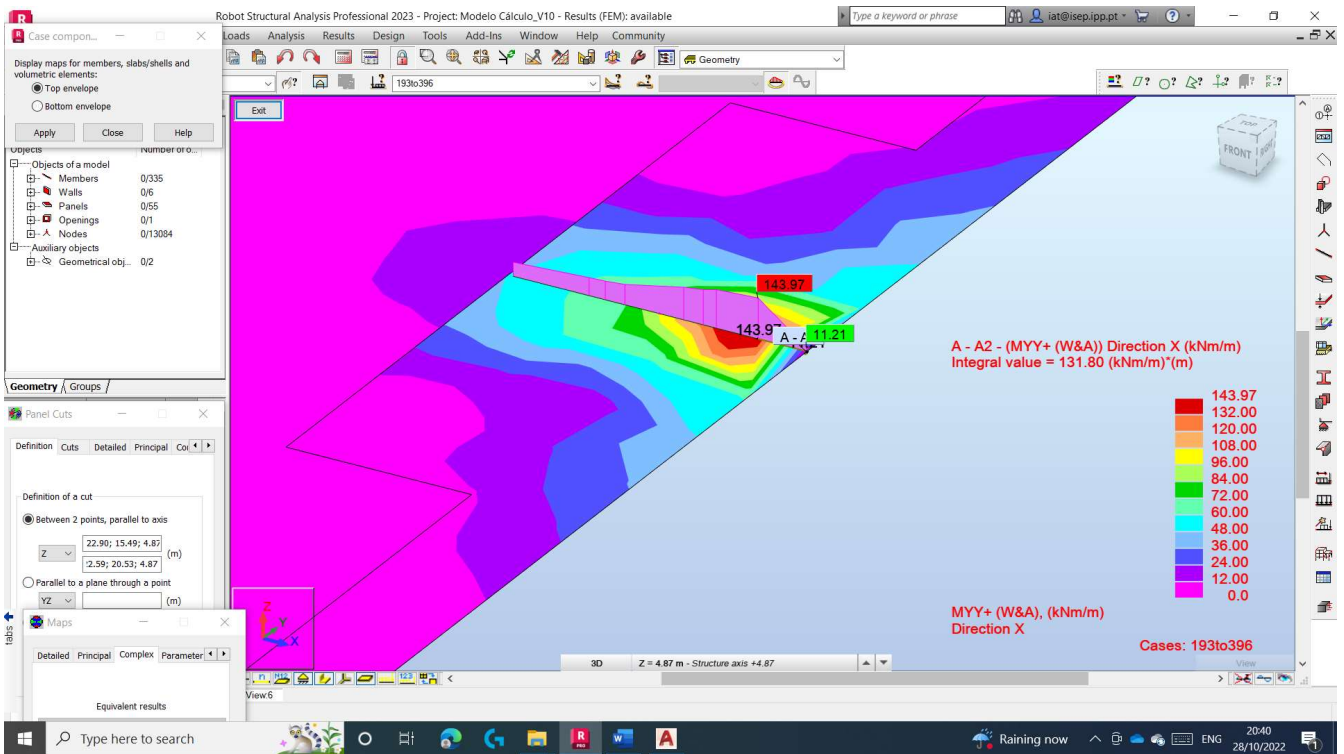


Figura 4-33 - Momento para calcular a armadura paralela ao eixo Y na laje do piso 1, junto ao pilar P.F7.

Tendo em contas os esforços obtidos nas lajes do piso 1, e sobrepondo o mapa de resultados por cima da planta da laje, foram adotadas as armaduras superiores e inferiores identificadas nos desenhos EST-09-EXE, EST-10-EXE, EST-11-EXE e EST-12-EXE.

No que diz respeito ao esforço transversal das lajes fungiformes foram adotados estribos $\emptyset 6//0,25$ e $\emptyset 8//0,25$ de acordo com a armadura longitudinal colocada, e respetivos esforços, bem como definidas zonas de reforço ($\emptyset 6//0,125$ e $\emptyset 8//0,125$) em todas as transições das lajes maciças para as lajes fungiformes. As plantas estruturais podem ser consultadas nos desenhos EST-09-EXE e EST-10-EXE.

Tabela 4-12 - Quadro de nervuras.

Nervura	Armadura longitudinal	Estribos			
		Zona corrente	Vrd [kN]	Zona de reforço	Vrd [kN]
N1	2 $\emptyset 12$	$\emptyset 6//0,25$	27,41	$\emptyset 6//0,125$	54,83
N2	2 $\emptyset 16$	$\emptyset 6//0,25$	27,41	$\emptyset 6//0,125$	54,83
N3	2 $\emptyset 20$	$\emptyset 8//0,25$	48,76	$\emptyset 8//0,125$	4,02

CAPÍTULO 5

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este projeto permitiu aplicar e consolidar os conhecimentos adquiridos ao longo de todo o percurso acadêmico. Estes conhecimentos foram postos em prática em todas as fases do projeto estrutural, desde o pré-dimensionamento até à elaboração das peças desenhadas.

Por se tratar de um projeto acadêmico, foram utilizados diferentes tipos de solução estrutural nas lajes com o objetivo de explorar o cálculo, bem como expandir os conhecimentos. A solução final pressupõe uma otimização dos resultados em função das necessidades estruturais em estreita ligação com os condicionalismos da arquitetura. Tendo o projeto seguido as fases que normalmente tem um projeto real, a solução final só foi conseguida após várias iterações, sendo necessário fazer algumas alterações que deveriam ser propostas à Arquitetura. No que diz respeito à solução estrutural optou-se por elementos estruturais em betão armado (lajes, paredes e vigas) e lajes fungiformes uma vez que se pretendeu aprofundar o estudo deste tipo de lajes complementando os conhecimentos obtidos ao longo do percurso acadêmico.

Este projeto permitiu explorar as potencialidades de um programa de cálculo automático de elementos finitos bem como outras ferramentas de cálculo excel, realçando a extrema importância de julgar os resultados de forma atenta e cuidada.

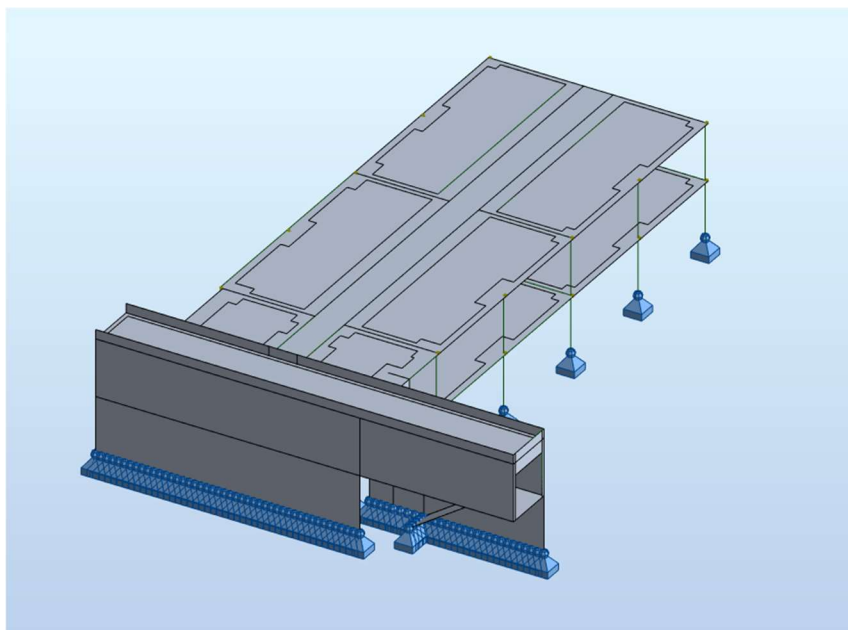


Figura 5-1 - Modelo 3D ROBOT.

De realçar, também, a importância do domínio do programa AutoCAD para elaboração das peças desenhadas de forma cuidada, perceptível e “limpa” afastando qualquer possibilidade de erros de execução garantindo a interoperabilidade com o projeto de arquitetura bem como com outros projetos de especialidade (não disponíveis para a execução deste projeto académico).

Como desenvolvimento de conhecimentos ainda muito poderá ser investido no estudo do programa Robot, sobretudo nos módulos de cálculo e verificação de armaduras de elementos de betão armado, saídas de resultados gráficas e interação com outros programas.



Figura 5-2 - Modo de vibração 2.

Como pontos de melhoria futura a este projeto são realçados os seguintes pontos:

- Tendo em conta os valores das deformadas em lajes poderá aprofundar-se o estudo das lajes, em algumas zonas, por forma a reduzir a sua espessura para valores inferiores a 0,35m;
- Tendo em conta uma breve análise do relatório geotécnico é possível verificar que o nível freático (sondagens S4 e S5) se encontra a cerca de 6,50m da superfície, podendo justificar-se a necessidade de execução de estacas. Esta análise requer um estudo exaustivo para dimensionamento destes elementos de acordo com o Eurocódigo 7.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. NP EN 1990 - Eurocódigo 0 – Bases para o projeto de estruturas. Caparica: Instituto Português da Qualidade, 2009.
2. NP EN 1991-1-1 - Eurocódigo 1 - Ações em estruturas, Parte 1: Acções gerais. Caparica: Instituto Português da Qualidade, 2009.
3. NP EN 1991-1-4 - Eurocódigo 1 - Ações em estruturas, Parte 1-4: Ações gerais, Ações do vento. Caparica: Instituto Português de Qualidade, 2010.
1. NP EN 1992-1-1 - Eurocódigo 2 - Projeto de estruturas de betão, Parte 1-1: Regras gerais e regras para edifício. Caparica: Instituto Português de Qualidade, 2010.
4. NP EN 1997-1 - Eurocódigo 7 - Projeto geotécnico, Parte 1: Regras gerais. Caparica: Instituto Português de Qualidade, 2010.
5. NP EN 1998-1 - Eurocódigo 8 - Projeto de estruturas para resistências aos sismos, Parte 1: Regras gerais, ações sísmicas e regras para edifícios. Caparica: Instituto Português da Qualidade, 2010.
6. NP EN 206-1:2007 Betão – Parte 1: Especificação, desempenho, produção e conformidade. Caparica: Instituto Português da Qualidade, 2007.

ANEXOS

ANEXO 1 – COMBINAÇÕES DE AÇÕES ROBOT

COMBINAÇÕES DE AÇÕES - ROBOT				
183 (C) (CQC)	Linear Combination	ULS	seismic	181*1.00+182*0.30
184 (C) (CQC)	Linear Combination	ULS	seismic	181*1.00+182*-0.30
185 (C) (CQC)	Linear Combination	ULS	seismic	181*0.30+182*1.00
186 (C) (CQC)	Linear Combination	ULS	seismic	181*0.30+182*-1.00
189 (C) (CQC)	Linear Combination	ULS	seismic	187*1.00+188*0.30
190 (C) (CQC)	Linear Combination	ULS	seismic	187*1.00+188*-0.30
191 (C) (CQC)	Linear Combination	ULS	seismic	187*0.30+188*1.00
192 (C) (CQC)	Linear Combination	ULS	seismic	187*0.30+188*-1.00
193 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.35+50*1.50+(52+53)*1.05+100*0.90
194 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.35+50*1.50+(52+53)*1.05
195 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+50*1.50+(52+53)*1.05+100*0.90
196 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+50*1.50+(52+53)*1.05
197 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.35
198 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.35+50*1.50+(52+53)*1.05+101*0.90
199 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+50*1.50+(52+53)*1.05+101*0.90
200 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.35+50*1.50+(52+53)*1.05+102*0.90
201 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+50*1.50+(52+53)*1.05+102*0.90
202 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.35+50*1.50+(52+53)*1.05+103*0.90
203 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+50*1.50+(52+53)*1.05+103*0.90
204 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00
205 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.35+50*1.50+(52+53)*1.05+100*0.90
206 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.35+50*1.50+(52+53)*1.05
207 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.35+30*1.00+50*1.50+(52+53)*1.05+100*0.90
208 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.35+30*1.00+50*1.50+(52+53)*1.05
209 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+30*1.35+50*1.50+(52+53)*1.05+100*0.90
210 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+30*1.35+50*1.50+(52+53)*1.05
211 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.00+50*1.50+(52+53)*1.05+100*0.90
212 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.00+50*1.50+(52+53)*1.05
213 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.35
214 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.35+50*1.50+(52+53)*1.05+101*0.90
215 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.35+30*1.00+50*1.50+(52+53)*1.05+101*0.90
216 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+30*1.35+50*1.50+(52+53)*1.05+101*0.90
217 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.00+50*1.50+(52+53)*1.05+101*0.90
218 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.35+50*1.50+(52+53)*1.05+102*0.90
219 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.35+30*1.00+50*1.50+(52+53)*1.05+102*0.90
220 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+30*1.35+50*1.50+(52+53)*1.05+102*0.90
221 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.00+50*1.50+(52+53)*1.05+102*0.90
222 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.35+50*1.50+(52+53)*1.05+103*0.90

Número	Ação
1	Peso Próprio
2	R.C.P - PISO 1
3	R.C.P - Corredor acesso
4	R.C.P - Varanda
5	R.C.P - Cobertura
6	R.C.P - WC's
20	Fachadas tipo 1 (alvenaria)
21	Fachadas tipo 2 (caixilharia)
30	Impulso Terras
50	Sobrecarga - Piso 1 (Geral)
51	Sobrecarga - Cobertura
52	Sobrecarga - Varanda
53	Sobrecarga - Escadas
100	Vento X+
101	Vento X-
102	Vento Y+
103	Vento Y-
181	Sistema Tipo 1 - Direção X
182	Sismo Tipo 1 - Direção Y
187	Sistema Tipo 2 - Direção X
188	Sismo Tipo 2 - Direção Y

223 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.35+30*1.00+50*1.50+(52+53)*1.05+103*0.90$
224 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+30*1.35+50*1.50+(52+53)*1.05+103*0.90$
225 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.00+50*1.50+(52+53)*1.05+103*0.90$
226 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.35+30*1.00$
227 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+30*1.35$
228 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.00$
229 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.35+51*1.50+100*0.90$
230 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.35+51*1.50$
231 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+51*1.50+100*0.90$
232 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+51*1.50$
233 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.35+51*1.50+101*0.90$
234 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+51*1.50+101*0.90$
235 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.35+51*1.50+102*0.90$
236 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+51*1.50+102*0.90$
237 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.35+51*1.50+103*0.90$
238 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+51*1.50+103*0.90$
239 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.35+(50+52+53)*1.05+51*1.50+100*0.90$
240 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.35+(50+52+53)*1.05+51*1.50$
241 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+(50+52+53)*1.05+51*1.50+100*0.90$
242 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+(50+52+53)*1.05+51*1.50$
243 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.35+(50+52+53)*1.05+51*1.50+101*0.90$
244 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+(50+52+53)*1.05+51*1.50+101*0.90$
245 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.35+(50+52+53)*1.05+51*1.50+102*0.90$
246 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+(50+52+53)*1.05+51*1.50+102*0.90$
247 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.35+(50+52+53)*1.05+51*1.50+103*0.90$
248 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+(50+52+53)*1.05+51*1.50+103*0.90$
249 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.35+51*1.50+100*0.90$
250 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.35+51*1.50$
251 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.35+30*1.00+51*1.50+100*0.90$
252 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.35+30*1.00+51*1.50$
253 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+30*1.35+51*1.50+100*0.90$
254 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+30*1.35+51*1.50$
255 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.00+51*1.50+100*0.90$
256 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.00+51*1.50$
257 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.35+51*1.50+101*0.90$
258 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.35+30*1.00+51*1.50+101*0.90$
259 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+30*1.35+51*1.50+101*0.90$
260 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.00+51*1.50+101*0.90$
261 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.35+51*1.50+102*0.90$

262 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.35+30*1.00+51*1.50+102*0.90$
263 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+30*1.35+51*1.50+102*0.90$
264 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.00+51*1.50+102*0.90$
265 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.35+51*1.50+103*0.90$
266 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.35+30*1.00+51*1.50+103*0.90$
267 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+30*1.35+51*1.50+103*0.90$
268 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.00+51*1.50+103*0.90$
269 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.35+(50+52+53)*1.05+51*1.50+100*0.90$
270 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.35+(50+52+53)*1.05+51*1.50$
271 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.35+30*1.00+(50+52+53)*1.05+51*1.50+100*0.90$
272 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.35+30*1.00+(50+52+53)*1.05+51*1.50$
273 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+30*1.35+(50+52+53)*1.05+51*1.50+100*0.90$
274 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+30*1.35+(50+52+53)*1.05+51*1.50$
275 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.00+(50+52+53)*1.05+51*1.50+100*0.90$
276 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.00+(50+52+53)*1.05+51*1.50$
277 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.35+(50+52+53)*1.05+51*1.50+101*0.90$
278 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.35+30*1.00+(50+52+53)*1.05+51*1.50+101*0.90$
279 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+30*1.35+(50+52+53)*1.05+51*1.50+101*0.90$
280 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.00+(50+52+53)*1.05+51*1.50+101*0.90$
281 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.35+(50+52+53)*1.05+51*1.50+102*0.90$
282 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.35+30*1.00+(50+52+53)*1.05+51*1.50+102*0.90$
283 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+30*1.35+(50+52+53)*1.05+51*1.50+102*0.90$
284 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.00+(50+52+53)*1.05+51*1.50+102*0.90$
285 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.35+(50+52+53)*1.05+51*1.50+103*0.90$
286 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.35+30*1.00+(50+52+53)*1.05+51*1.50+103*0.90$
287 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+30*1.35+(50+52+53)*1.05+51*1.50+103*0.90$
288 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.00+(50+52+53)*1.05+51*1.50+103*0.90$
289 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.35+(50+53)*1.05+52*1.50+100*0.90$
290 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.35+(50+53)*1.05+52*1.50$
291 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+(50+53)*1.05+52*1.50+100*0.90$
292 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+(50+53)*1.05+52*1.50$
293 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.35+(50+53)*1.05+52*1.50+101*0.90$
294 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+(50+53)*1.05+52*1.50+101*0.90$
295 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.35+(50+53)*1.05+52*1.50+102*0.90$
296 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+(50+53)*1.05+52*1.50+102*0.90$
297 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.35+(50+53)*1.05+52*1.50+103*0.90$
298 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+(50+53)*1.05+52*1.50+103*0.90$
299 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.35+(50+53)*1.05+52*1.50+100*0.90$
300 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.35+(50+53)*1.05+52*1.50$

340 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.00+(50+52)*1.05+53*1.50+101*0.90$
341 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.35+(50+52)*1.05+53*1.50+102*0.90$
342 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.35+30*1.00+(50+52)*1.05+53*1.50+102*0.90$
343 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+30*1.35+(50+52)*1.05+53*1.50+102*0.90$
344 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.00+(50+52)*1.05+53*1.50+102*0.90$
345 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.35+(50+52)*1.05+53*1.50+103*0.90$
346 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.35+30*1.00+(50+52)*1.05+53*1.50+103*0.90$
347 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+30*1.35+(50+52)*1.05+53*1.50+103*0.90$
348 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.00+(50+52)*1.05+53*1.50+103*0.90$
349 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.35+(50+52+53)*1.05+100*1.50$
350 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+(50+52+53)*1.05+100*1.50$
351 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.35+100*1.50$
352 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+100*1.50$
353 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.35+(50+52+53)*1.05+101*1.50$
354 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+(50+52+53)*1.05+101*1.50$
355 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.35+101*1.50$
356 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+101*1.50$
357 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.35+(50+52+53)*1.05+102*1.50$
358 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+(50+52+53)*1.05+102*1.50$
359 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.35+102*1.50$
360 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+102*1.50$
361 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.35+(50+52+53)*1.05+103*1.50$
362 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+(50+52+53)*1.05+103*1.50$
363 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.35+103*1.50$
364 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+103*1.50$
365 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.35+(50+52+53)*1.05+100*1.50$
366 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.35+30*1.00+(50+52+53)*1.05+100*1.50$
367 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+30*1.35+(50+52+53)*1.05+100*1.50$
368 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.00+(50+52+53)*1.05+100*1.50$
369 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.35+100*1.50$
370 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.35+30*1.00+100*1.50$
371 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+30*1.35+100*1.50$
372 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.00+100*1.50$
373 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.35+(50+52+53)*1.05+101*1.50$
374 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.35+30*1.00+(50+52+53)*1.05+101*1.50$
375 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+30*1.35+(50+52+53)*1.05+101*1.50$
376 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.00+(50+52+53)*1.05+101*1.50$
377 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.35+101*1.50$
378 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.35+30*1.00+101*1.50$

379 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+30*1.35+101*1.50$
380 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.00+101*1.50$
381 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.35+(50+52+53)*1.05+102*1.50$
382 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.35+30*1.00+(50+52+53)*1.05+102*1.50$
383 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+30*1.35+(50+52+53)*1.05+102*1.50$
384 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.00+(50+52+53)*1.05+102*1.50$
385 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.35+102*1.50$
386 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.35+30*1.00+102*1.50$
387 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+30*1.35+102*1.50$
388 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.00+102*1.50$
389 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.35+(50+52+53)*1.05+103*1.50$
390 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.35+30*1.00+(50+52+53)*1.05+103*1.50$
391 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+30*1.35+(50+52+53)*1.05+103*1.50$
392 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.00+(50+52+53)*1.05+103*1.50$
393 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.35+103*1.50$
394 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.35+30*1.00+103*1.50$
395 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+30*1.35+103*1.50$
396 (C)	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.00+103*1.50$
397 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+50)*1.00+(52+53)*0.70+100*0.60$
398 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+50)*1.00+(52+53)*0.70$
399 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00$
400 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+50)*1.00+(52+53)*0.70+101*0.60$
401 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+50)*1.00+(52+53)*0.70+102*0.60$
402 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+50)*1.00+(52+53)*0.70+103*0.60$
403 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30+50)*1.00+(52+53)*0.70+100*0.60$
404 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30+50)*1.00+(52+53)*0.70$
405 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.00$
406 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30+50)*1.00+(52+53)*0.70+101*0.60$
407 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30+50)*1.00+(52+53)*0.70+102*0.60$
408 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30+50)*1.00+(52+53)*0.70+103*0.60$
409 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+51)*1.00+100*0.60$
410 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+51)*1.00$
411 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+51)*1.00+101*0.60$
412 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+51)*1.00+102*0.60$
413 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+51)*1.00+103*0.60$
414 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+51)*1.00+(50+52+53)*0.70+100*0.60$
415 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+51)*1.00+(50+52+53)*0.70$
416 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+51)*1.00+(50+52+53)*0.70+101*0.60$
417 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+51)*1.00+(50+52+53)*0.70+102*0.60$

418 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+51)*1.00+(50+52+53)*0.70+103*0.60$
419 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30+51)*1.00+100*0.60$
420 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30+51)*1.00$
421 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30+51)*1.00+101*0.60$
422 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30+51)*1.00+102*0.60$
423 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30+51)*1.00+103*0.60$
424 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30+51)*1.00+(50+52+53)*0.70+100*0.60$
425 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30+51)*1.00+(50+52+53)*0.70$
426 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30+51)*1.00+(50+52+53)*0.70+101*0.60$
427 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30+51)*1.00+(50+52+53)*0.70+102*0.60$
428 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30+51)*1.00+(50+52+53)*0.70+103*0.60$
429 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+52)*1.00+(50+53)*0.70+100*0.60$
430 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+52)*1.00+(50+53)*0.70$
431 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+52)*1.00+(50+53)*0.70+101*0.60$
432 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+52)*1.00+(50+53)*0.70+102*0.60$
433 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+52)*1.00+(50+53)*0.70+103*0.60$
434 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30+52)*1.00+(50+53)*0.70+100*0.60$
435 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30+52)*1.00+(50+53)*0.70$
436 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30+52)*1.00+(50+53)*0.70+101*0.60$
437 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30+52)*1.00+(50+53)*0.70+102*0.60$
438 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30+52)*1.00+(50+53)*0.70+103*0.60$
439 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+53)*1.00+(50+52)*0.70+100*0.60$
440 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+53)*1.00+(50+52)*0.70$
441 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+53)*1.00+(50+52)*0.70+101*0.60$
442 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+53)*1.00+(50+52)*0.70+102*0.60$
443 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+53)*1.00+(50+52)*0.70+103*0.60$
444 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30+53)*1.00+(50+52)*0.70+100*0.60$
445 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30+53)*1.00+(50+52)*0.70$
446 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30+53)*1.00+(50+52)*0.70+101*0.60$
447 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30+53)*1.00+(50+52)*0.70+102*0.60$
448 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30+53)*1.00+(50+52)*0.70+103*0.60$
449 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+100)*1.00+(50+52+53)*0.70$
450 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+100)*1.00$
451 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+101)*1.00+(50+52+53)*0.70$
452 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+101)*1.00$
453 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+102)*1.00+(50+52+53)*0.70$
454 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+102)*1.00$
455 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+103)*1.00+(50+52+53)*0.70$
456 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+103)*1.00$

457 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30+100)*1.00+(50+52+53)*0.70$
458 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30+100)*1.00$
459 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30+101)*1.00+(50+52+53)*0.70$
460 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30+101)*1.00$
461 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30+102)*1.00+(50+52+53)*0.70$
462 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30+102)*1.00$
463 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30+103)*1.00+(50+52+53)*0.70$
464 (C)	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30+103)*1.00$
465 (C)	Linear Combination	SLS:FRE	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+50*0.70+(52+53)*0.60$
466 (C)	Linear Combination	SLS:FRE	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00$
467 (C)	Linear Combination	SLS:FRE	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.00+50*0.70+(52+53)*0.60$
468 (C)	Linear Combination	SLS:FRE	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.00$
469 (C)	Linear Combination	SLS:FRE	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+(50+53)*0.60+52*0.70$
470 (C)	Linear Combination	SLS:FRE	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.00+(50+53)*0.60+52*0.70$
471 (C)	Linear Combination	SLS:FRE	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+(50+52)*0.60+53*0.70$
472 (C)	Linear Combination	SLS:FRE	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.00+(50+52)*0.60+53*0.70$
473 (C)	Linear Combination	SLS:FRE	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+(50+52+53)*0.60+100*0.20$
474 (C)	Linear Combination	SLS:FRE	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+100*0.20$
475 (C)	Linear Combination	SLS:FRE	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+(50+52+53)*0.60+101*0.20$
476 (C)	Linear Combination	SLS:FRE	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+101*0.20$
477 (C)	Linear Combination	SLS:FRE	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+(50+52+53)*0.60+102*0.20$
478 (C)	Linear Combination	SLS:FRE	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+102*0.20$
479 (C)	Linear Combination	SLS:FRE	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+(50+52+53)*0.60+103*0.20$
480 (C)	Linear Combination	SLS:FRE	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+103*0.20$
481 (C)	Linear Combination	SLS:FRE	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.00+(50+52+53)*0.60+100*0.20$
482 (C)	Linear Combination	SLS:FRE	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.00+100*0.20$
483 (C)	Linear Combination	SLS:FRE	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.00+(50+52+53)*0.60+101*0.20$
484 (C)	Linear Combination	SLS:FRE	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.00+101*0.20$
485 (C)	Linear Combination	SLS:FRE	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.00+(50+52+53)*0.60+102*0.20$
486 (C)	Linear Combination	SLS:FRE	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.00+102*0.20$
487 (C)	Linear Combination	SLS:FRE	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.00+(50+52+53)*0.60+103*0.20$
488 (C)	Linear Combination	SLS:FRE	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.00+103*0.20$
489 (C)	Linear Combination	SLS:QPR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+(50+52+53)*0.60$
490 (C)	Linear Combination	SLS:QPR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00$
491 (C)	Linear Combination	SLS:QPR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.00+(50+52+53)*0.60$
492 (C)	Linear Combination	SLS:QPR	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.00$
493 (C) (CQC)	Linear Combination	ACC	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+189)*1.00+(50+52+53)*0.60$
494 (C) (CQC)	Linear Combination	ACC	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+190)*1.00+(50+52+53)*0.60$
495 (C) (CQC)	Linear Combination	ACC	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+191)*1.00+(50+52+53)*0.60$

496 (C) (CQC)	Linear Combination	ACC	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+192)*1.00+(50+52+53)*0.60$
497 (C)	Linear Combination	ACC	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00$
498 (C) (CQC)	Linear Combination	ACC	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+189)*1.00$
499 (C) (CQC)	Linear Combination	ACC	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+190)*1.00$
500 (C) (CQC)	Linear Combination	ACC	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+191)*1.00$
501 (C) (CQC)	Linear Combination	ACC	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+192)*1.00$
502 (C) (CQC)	Linear Combination	ACC	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30+189)*1.00+(50+52+53)*0.60$
503 (C) (CQC)	Linear Combination	ACC	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30+190)*1.00+(50+52+53)*0.60$
504 (C) (CQC)	Linear Combination	ACC	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30+191)*1.00+(50+52+53)*0.60$
505 (C) (CQC)	Linear Combination	ACC	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30+192)*1.00+(50+52+53)*0.60$
506 (C)	Linear Combination	ACC	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.00$
507 (C) (CQC)	Linear Combination	ACC	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30+189)*1.00$
508 (C) (CQC)	Linear Combination	ACC	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30+190)*1.00$
509 (C) (CQC)	Linear Combination	ACC	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30+191)*1.00$
510 (C) (CQC)	Linear Combination	ACC	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30+192)*1.00$
511 (C) (CQC)	Linear Combination	ACC	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+(50+52+53)*0.60+189*-1.00$
512 (C) (CQC)	Linear Combination	ACC	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+(50+52+53)*0.60+190*-1.00$
513 (C) (CQC)	Linear Combination	ACC	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+(50+52+53)*0.60+191*-1.00$
514 (C) (CQC)	Linear Combination	ACC	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+(50+52+53)*0.60+192*-1.00$
515 (C) (CQC)	Linear Combination	ACC	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+189*-1.00$
516 (C) (CQC)	Linear Combination	ACC	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+190*-1.00$
517 (C) (CQC)	Linear Combination	ACC	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+191*-1.00$
518 (C) (CQC)	Linear Combination	ACC	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6)*1.00+192*-1.00$
519 (C) (CQC)	Linear Combination	ACC	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.00+(50+52+53)*0.60+189*-1.00$
520 (C) (CQC)	Linear Combination	ACC	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.00+(50+52+53)*0.60+190*-1.00$
521 (C) (CQC)	Linear Combination	ACC	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.00+(50+52+53)*0.60+191*-1.00$
522 (C) (CQC)	Linear Combination	ACC	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.00+(50+52+53)*0.60+192*-1.00$
523 (C) (CQC)	Linear Combination	ACC	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.00+189*-1.00$
524 (C) (CQC)	Linear Combination	ACC	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.00+190*-1.00$
525 (C) (CQC)	Linear Combination	ACC	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.00+191*-1.00$
526 (C) (CQC)	Linear Combination	ACC	dead	$(1+2+3+4+5+20+21+6+30)*1.00+192*-1.00$

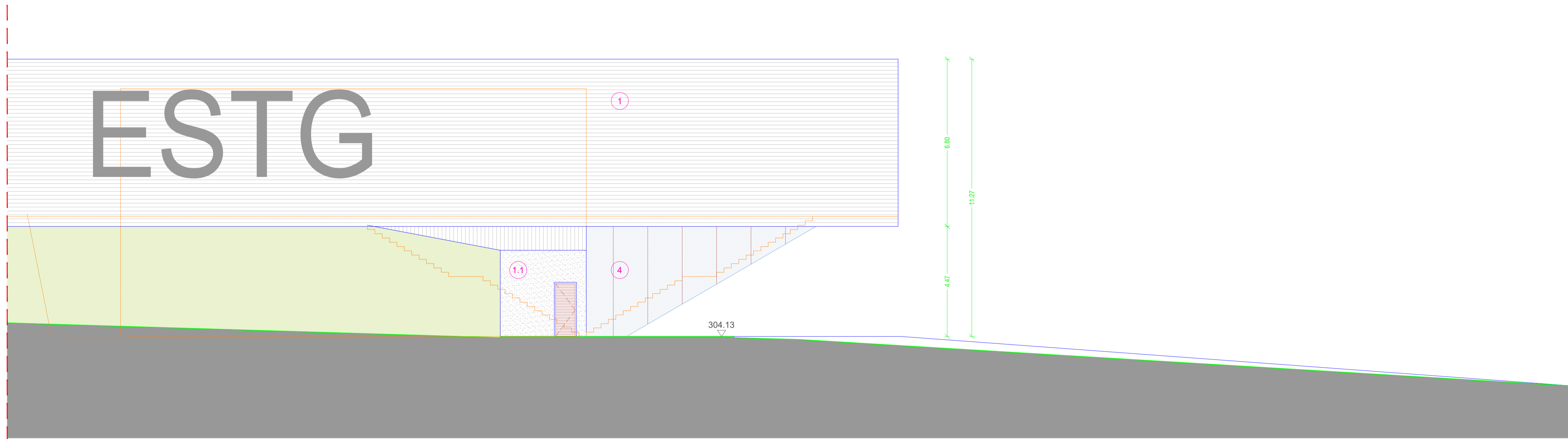
ANEXO 2 – QUADRO RESUMO DE ARMADURAS DE VIGAS

DIMENSIONAMENTO DE VIGAS

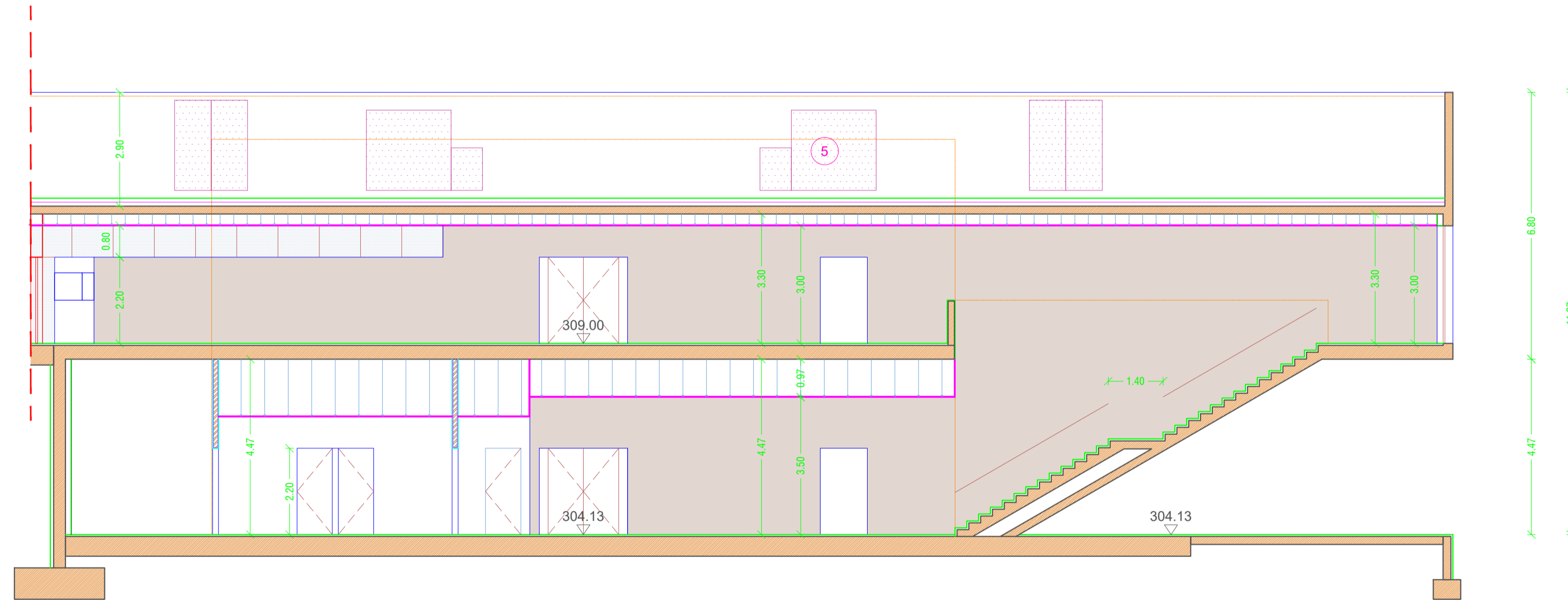
Designação nas peças desenhadas	Piso	Designação no modelo de cálculo	Geometria			Esforços actuantes				Flexão								Armadura colocada	Corte (EC2)										Armadura colocada		
			b [m]	h [m]	d [m]	M _{máx} + [kN.m]	M _{máx} - [kN.m]	V _{máx} [kN]	P _{ad} (susp.) [kN/m]	A _{min} [cm ²]	μ +	w +	A _{s,máx} + [cm ²]	A _{alma+} [cm ²]	μ -	w -	A _{s,máx} - [cm ²]		A _{alma-} [cm ²]	A _{sw/s} min. [cm ² /m]	V _{Rd,s} min. [kN]	V _{Rd,s} [kN]	V _{Rd,c} min. [kN]	V _{Rd,c} [kN]	V _{Rd,máx} [kN]	V _{máx} - V _{Rd,s} min. [kN]	A _{sw/s} [corte] [cm ² /m]	A _{sw/s} [susp] [cm ² /m]	A _{sw/s} [total] [cm ² /m]	S _{Lmáx} [m]	S _{Lmáx} [m]
V1	Piso 1	V. F3 - F4	0,20	2,52	2,47	184,81	25,89	138,83	0,00	7,43	0,008	0,008	1,74	0,07	0,001	0,001	0,24	0,01	3020 inferior 2016 superior Ø8/0,15 alma	1,75	338,40	125,75	137,74	1875,71	-199,57	1,75	0,00	1,75	0,30	0,60	Ø8/0,25 (2 ramos)
V2	Piso 1	Pórtico V. F4 - F16	0,20	2,32	2,27	598,39	660,76	336,81	0,00	6,83	0,029	0,030	6,25	0,25	0,032	0,033	6,92	0,28	3020 inferior 3020 superior Ø8/0,15 alma	1,75	310,96	116,67	128,39	1723,65	25,85	1,90	0,00	1,90	0,30	0,60	Ø8/0,25 (2 ramos)
V3	Piso 1	Pórtico V. E2 - E16	0,20	1,00	0,95	111,26	161,19	249,61	0,00	2,85	0,031	0,032	2,79	0,11	0,045	0,047	4,09	0,16	3016 inferior 3016 superior Ø8/0,15 alma	1,75	129,90	54,84	64,02	720,02	119,71	3,37	0,00	3,37	0,30	0,60	Ø8/0,25 (2 ramos)
V3	Piso 1	Pórtico V. D2 - D16	0,20	1,00	0,95	79,70	103,70	221,57	0,00	2,85	0,022	0,023	1,98	0,08	0,029	0,030	2,59	0,10	3016 inferior 3016 superior Ø8/0,15 alma	1,75	129,90	54,84	64,02	720,02	91,67	2,99	0,00	2,99	0,30	0,60	Ø8/0,25 (2 ramos)
V3	Piso 1	V. C2 - C4	0,20	1,00	0,95	94,01	183,91	184,50	0,00	2,85	0,026	0,027	2,34	0,09	0,051	0,054	4,70	0,19	3016 inferior 3016 superior Ø8/0,15 alma	1,75	129,90	54,84	64,02	720,02	54,60	2,49	0,00	2,49	0,30	0,60	Ø8/0,25 (2 ramos)
V2	Piso 1	Pórtico V. C4 - C16	0,20	2,32	2,27	532,73	511,41	314,33	0,00	6,83	0,026	0,027	5,54	0,22	0,025	0,025	5,32	0,21	3020 inferior 3020 superior Ø8/0,15 alma	1,75	310,96	116,67	128,39	1723,65	3,37	1,77	0,00	1,77	0,30	0,60	Ø8/0,25 (2 ramos)
V4	Piso 1	V. E4 - F4	0,20	1,00	0,95	278,93	100,78	227,41	0,00	2,85	0,078	0,084	7,30	0,29	0,028	0,029	2,52	0,10	3020 inferior 2016 superior Ø8/0,15 alma	1,75	129,90	54,84	64,02	720,02	97,51	3,07	0,00	3,07	0,30	0,60	Ø8/0,25 (2 ramos)
V5	Piso 1	V. E10 - F10	0,20	0,80	0,75	221,05	153,45	290,86	0,00	2,25	0,099	0,109	7,48	0,30	0,069	0,073	5,05	0,20	3020 inferior 3020 superior Ø8/0,15 alma	1,75	102,47	58,88	53,54	567,96	188,39	4,98	0,00	4,98	0,30	0,57	Ø8/0,175 (2 ramos)
V4	Piso 1	V. E16 - F16	0,20	1,00	0,95	256,52	67,45	174,15	0,00	2,85	0,072	0,077	6,68	0,27	0,019	0,019	1,67	0,07	3020 inferior 2016 superior Ø8/0,15 alma	1,75	129,90	54,84	64,02	720,02	44,25	2,35	0,00	2,35	0,30	0,60	Ø8/0,25 (2 ramos)
V6	Piso 1	V. C4 - D4	0,20	1,00	0,95	290,59	212,84	296,90	0,00	2,85	0,081	0,088	7,63	0,31	0,059	0,063	5,48	0,22	3020 inferior 3020 superior Ø8/0,15 alma	1,75	129,90	68,16	64,02	720,02	167,00	4,01	0,00	4,01	0,30	0,60	Ø8/0,175 (2 ramos)
V7	Piso 1	V. C10 - D10	0,20	0,80	0,75	116,26	145,72	211,03	0,00	2,25	0,052	0,055	3,77	0,15	0,065	0,070	4,78	0,19	3016 inferior 3016 superior Ø8/0,15 alma	1,75	102,47	53,40	53,54	567,96	108,56	3,61	0,00	3,61	0,30	0,57	Ø8/0,25 (2 ramos)
V8	Cobertura	V. F3 - F4	0,20	2,65	2,60	511,55	33,10	175,04	0,00	7,82	0,019	0,019	4,62	0,18	0,001	0,001	0,29	0,01	3020 inferior 2016 superior Ø8/0,15 alma	1,75	356,23	131,64	143,77	1974,55	-181,19	1,75	0,00	1,75	0,30	0,60	Ø8/0,25 (2 ramos)
V8	Cobertura	Pórtico V. F4 - F16	0,20	2,65	2,60	649,77	359,49	232,42	0,00	7,82	0,024	0,025	5,89	0,24	0,013	0,014	3,23	0,13	3020 inferior 2016 superior Ø8/0,15 alma	1,75	356,23	131,64	143,77	1974,55	-123,81	1,75	0,00	1,75	0,30	0,60	Ø8/0,25 (2 ramos)
V9	Cobertura	Pórtico V. E2 - E16	0,20	1,00	0,95	94,66	90,89	138,61	0,00	2,85	0,026	0,027	2,36	0,09	0,025	0,026	2,26	0,09	3016 inferior 2016 superior Ø8/0,15 alma	1,75	129,90	54,84	64,02	720,02	8,71	1,87	0,00	1,87	0,30	0,60	Ø8/0,25 (2 ramos)
V9	Cobertura	V. D2 - D16	0,20	1,00	0,95	101,56	100,01	171,87	0,00	2,85	0,028	0,029	2,54	0,10	0,028	0,029	2,50	0,10	3016 inferior 2016 superior Ø8/0,15 alma	1,75	129,90	54,84	64,02	720,02	41,97	2,32	0,00	2,32	0,30	0,60	Ø8/0,25 (2 ramos)
V9	Cobertura	V. C2 - C4	0,20	1,00	0,95	79,51	75,88	90,35	0,00	2,85	0,022	0,023	1,97	0,08	0,021	0,022	1,88	0,08	3016 inferior 2016 superior Ø8/0,15 alma	1,75	129,90	54,84	64,02	720,02	-39,55	1,75	0,00	1,75	0,30	0,60	Ø8/0,25 (2 ramos)
V8	Cobertura	Pórtico V. C4 - C16	0,20	2,65	2,60	382,57	316,59	176,46	0,00	7,82	0,014	0,014	3,44	0,14	0,012	0,012	2,84	0,11	3020 inferior 2016 superior Ø8/0,15 alma	1,75	356,23	131,64	143,77	1974,55	-179,77	1,75	0,00	1,75	0,30	0,60	Ø8/0,25 (2 ramos)
V9	Cobertura	V. E4 - F4	0,20	1,00	0,95	188,09	54,02	115,83	0,00	2,85	0,052	0,055	4,81	0,19	0,015	0,015	1,33	0,05	3016 inferior 2016 superior Ø8/0,15 alma	1,75	129,90	54,84	64,02	720,02	-14,07	1,75	0,00	1,75	0,30	0,60	Ø8/0,25 (2 ramos)
V10	Cobertura	V. E10 - F10	0,20	0,80	0,75	112,36	93,11	161,85	0,00	2,25	0,050	0,053	3,63	0,15	0,042	0,043	2,99	0,12	3016 inferior 2016 superior Ø8/0,15 alma	1,75	102,47	49,43	53,54	567,96	59,38	2,77	0,00	2,77	0,30	0,57	Ø8/0,25 (2 ramos)
V9	Cobertura	V. E16 - F16	0,20	1,00	0,95	123,24	34,54	85,64	0,00	2,85	0,034	0,036	3,10	0,12	0,010	0,010	0,85	0,03	3016 inferior 2016 superior Ø8/0,15 alma	1,75	129,90	54,84	64,02	720,02	-44,26	1,75	0,00	1,75	0,30	0,60	Ø8/0,25 (2 ramos)
V4	Cobertura	V. C4 - D4	0,20	1,00	0,95	210,18	70,37	170,96	0,00	2,85	0,059	0,062	5,40	0,22	0,020	0,020	1,74	0,07	3020 inferior 2016 superior Ø8/0,15 alma	1,75	129,90	54,84	64,02	720,02	41,06	2,31	0,00	2,31	0,30	0,60	Ø8/0,25 (2 ramos)
V10	Cobertura	V. C10 - D10	0,20	0,80	0,75	108,35	89,84	156,50	0,00	2,25	0,049	0,051	3,50	0,14	0,040	0,042	2,88	0,12	3016 inferior 2016 superior Ø8/0,15 alma	1,75	102,47	48,82	53,54	567,96	54,03	2,68	0,00	2,68	0,30	0,57	Ø8/0,25 (2 ramos)
V9	Cobertura	V. C16 - D16	0,20	1,00	0,95	117,89	34,84	84,08	0,00	2,85	0,033	0,034	2,95	0,12	0,010	0,010	0,85	0,03	3016 inferior 2016 superior Ø8/0,15 alma	1,75	129,90	54,84	64,02	720,02	-45,82	1,75	0,00	1,75	0,30	0,60	Ø8/0,25 (2 ramos)

ANEXO 3 – PROJETO DE ARQUITETURA

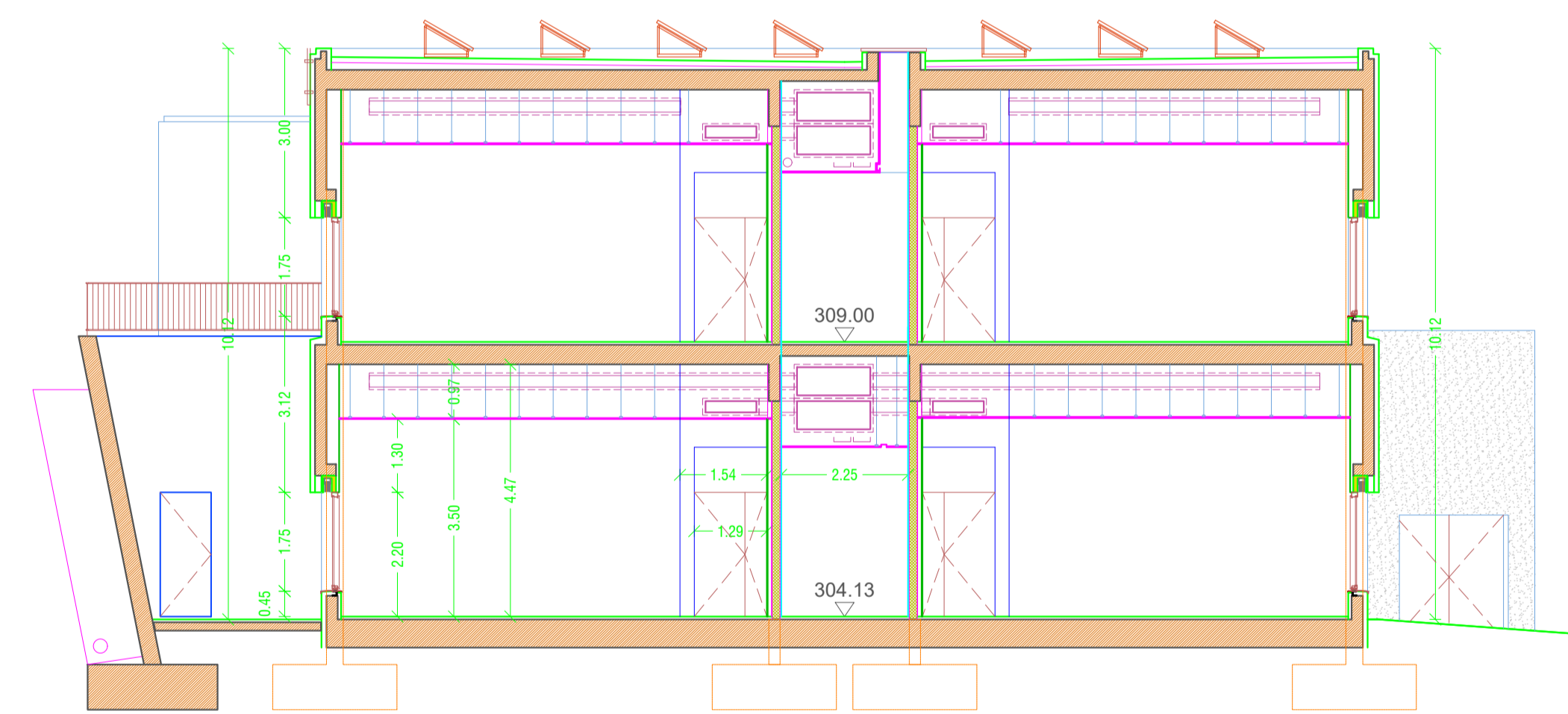
ESTG



ALÇADO POENTE



CORTE_01



CORTE_05

REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO	PROJETOU	DESENHOU	APROVOU

PROJETO: Instalações da Escola Superior de Tecnologia e Gestão
 Instituto Politécnico do Porto

DATA: 21.08.2022

FASE PROJETO: EXE

MORADA: Rua do Curral - Margaride, 4610 - 156 Felgueiras

ESPECIALIDADE: Arquitetura

DESENHOS	ESCALA	DESENHO Nº	REVISÃO Nº
Alçado Poente Corte 01 Corte 05	1:100	04	00

NOME DO DESENHO: ARQ - 04 - EXE

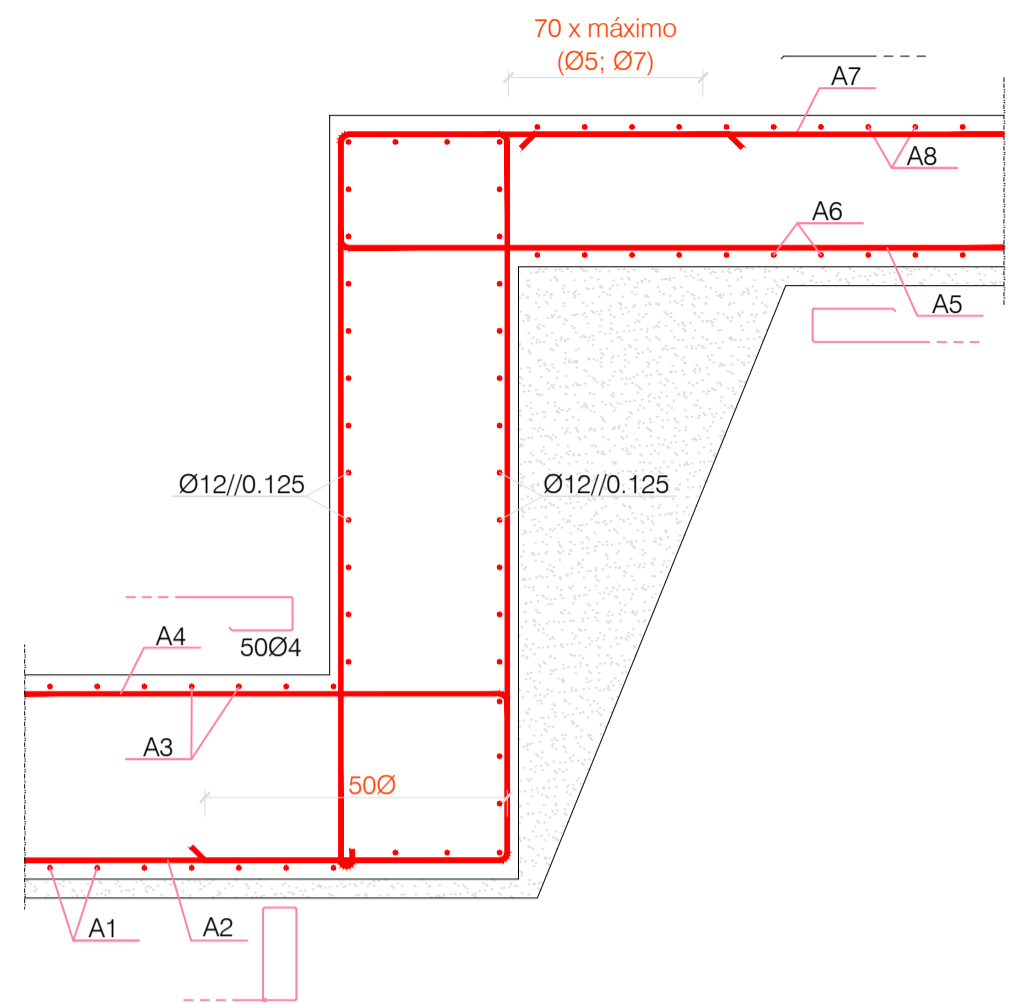
DESENHO	APROVOU	VERIFICOU
Daniel Magalhães	-	-



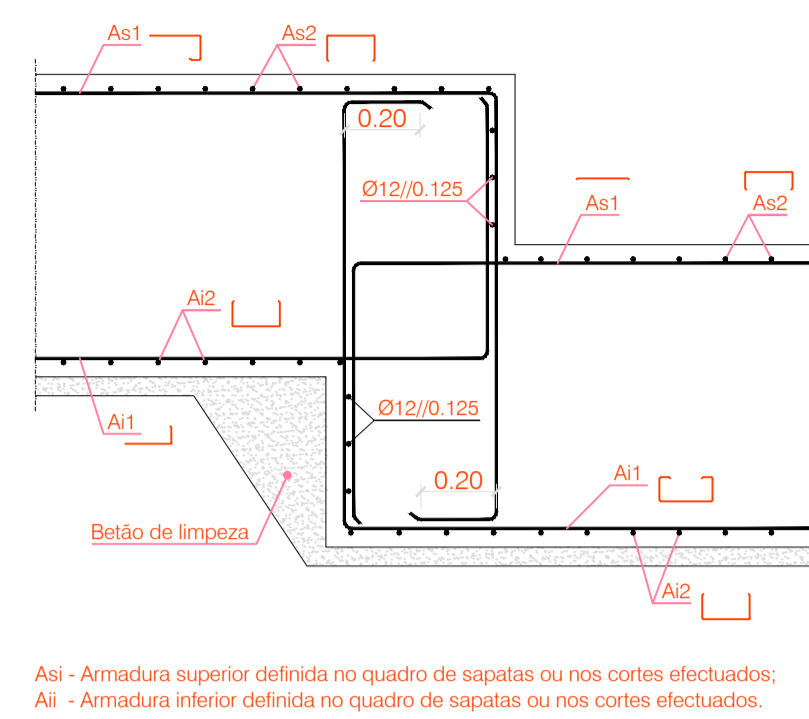
ANEXO 4 - PROJETO DE ESTRUTURAS

NOTAS E PORMENORES A CONSIDERAR NA EXECUÇÃO DE FUNDAÇÕES

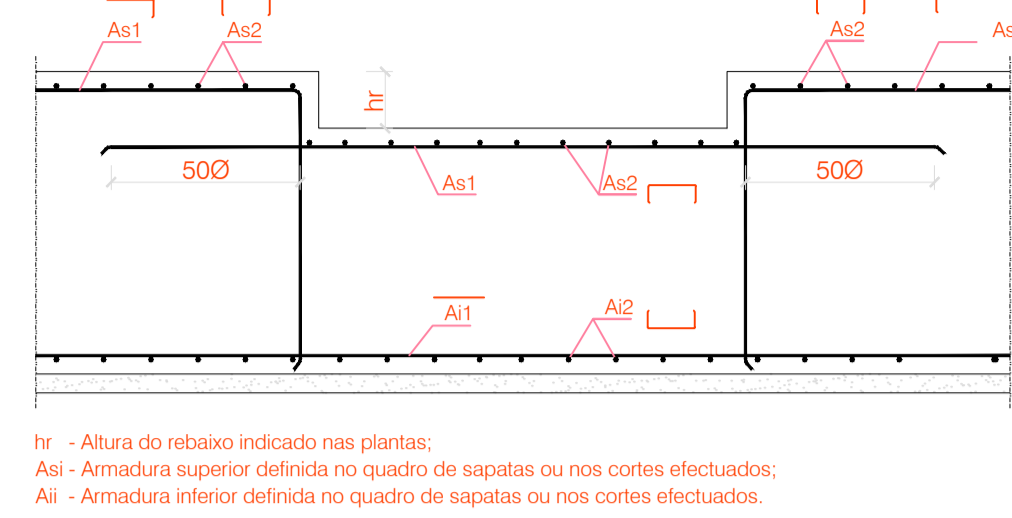
● Desnível entre fundações - TIPO 1



● Desnível entre fundações - TIPO 2

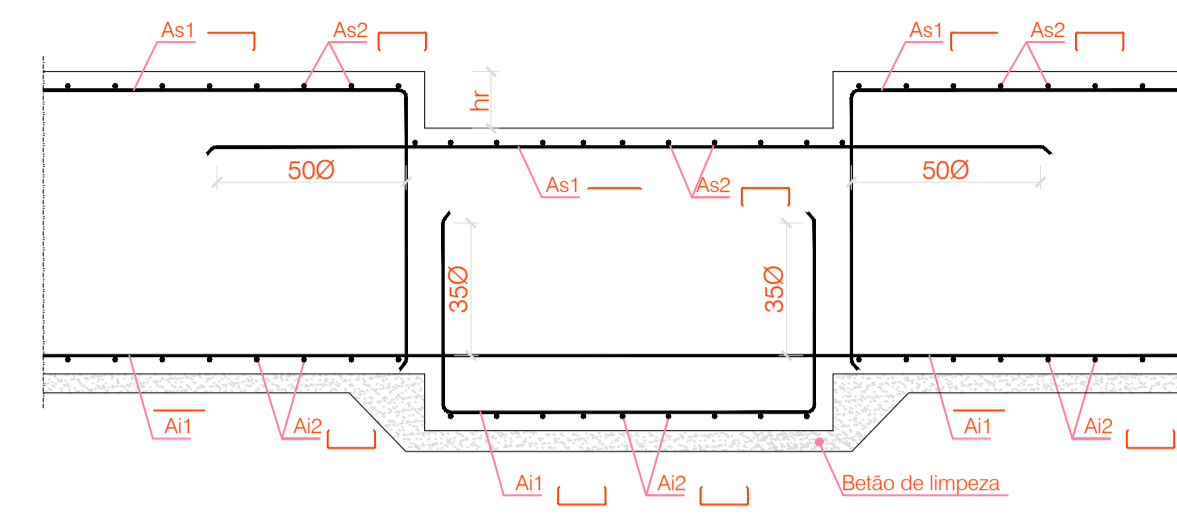


● Desnível entre fundações - TIPO 1



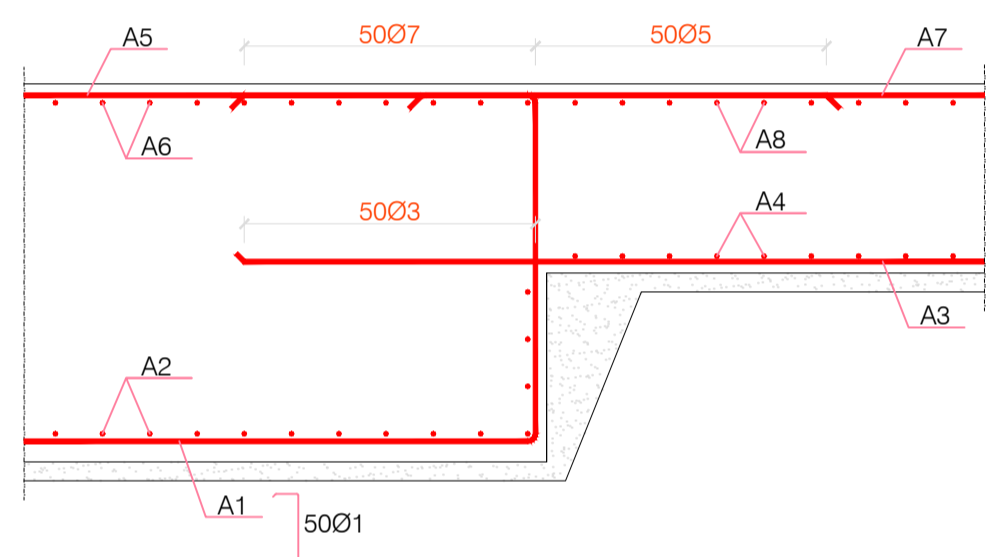
hr - Altura do rebaixo indicado nas plantas;
As1 - Armadura superior definida no quadro de sapatas ou nos cortes efectuados;
Ai1 - Armadura inferior definida no quadro de sapatas ou nos cortes efectuados.

● Rebaixo em fundações - TIPO 2

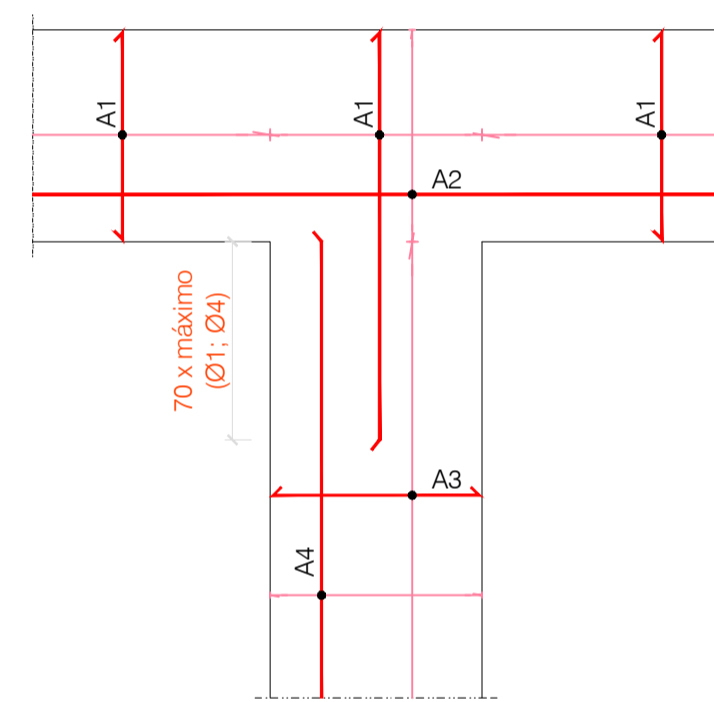


hr - Altura do rebaixo indicado nas plantas;
As1 - Armadura superior definida no quadro de sapatas ou nos cortes efectuados;
Ai1 - Armadura inferior definida no quadro de sapatas ou nos cortes efectuados.

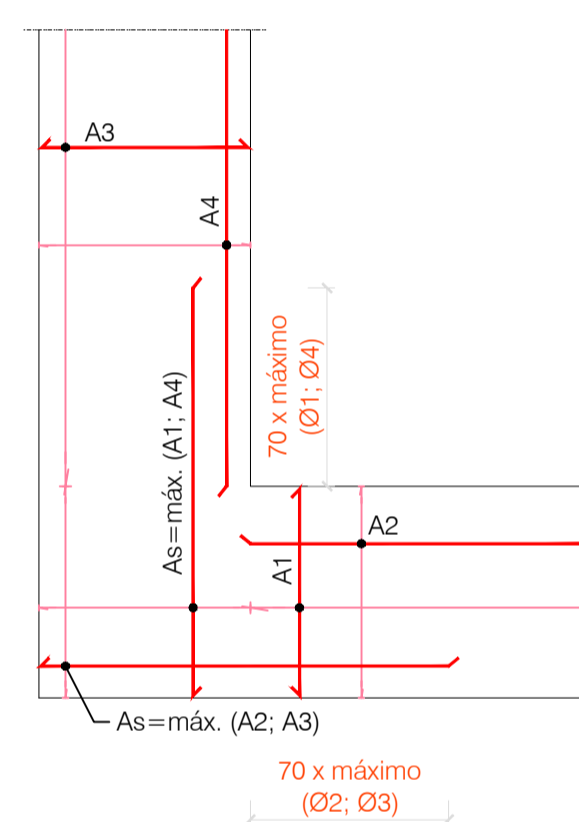
● Pormenor de amarração das armaduras de sapatas alinhadas superiormente



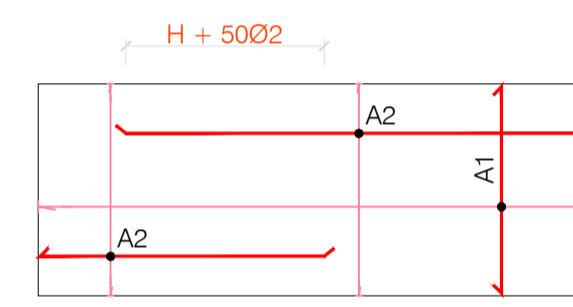
● Pormenor de armadura na intersecção de duas sapatas (Plantas inferior e superior)



● Pormenor de armadura nos cantos na intersecção de duas sapatas (Plantas inferior e superior)



● Pormenor de armadura das sapatas das paredes nos extremos (Plantas inferior e superior)



MATERIAIS ESTRUTURAIS

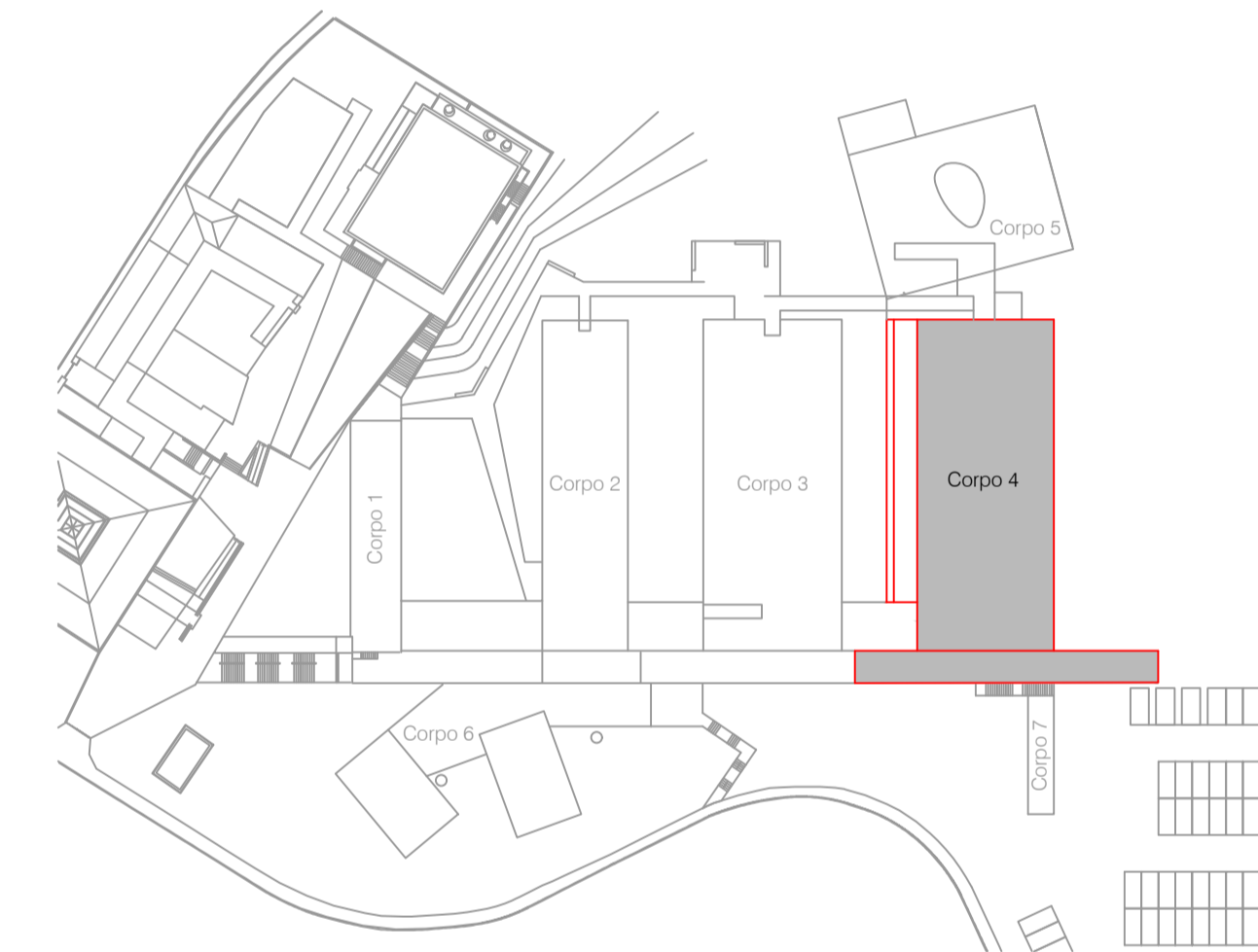
Betão :
Betão de limpeza - C12/15
Fundações, elementos enterrados e pavimentos térreos - C30/37 - XA1 e XC2
Restantes elementos estruturais - C30/37 - XC4

Aço :
Aço em varão - A500 NR
Redes electrossoldadas - A500 ER
Aço em perfis e chapas - S275

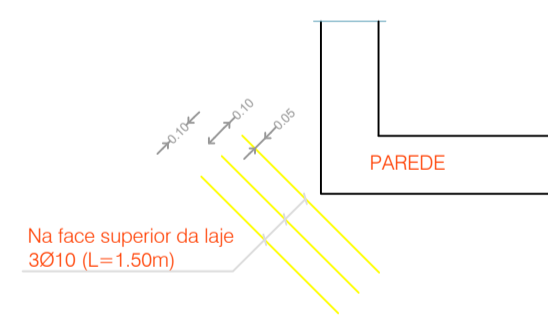
Soldadura :
Caso nada seja especificado, deve ser usado um cordão (de ângulo) geral de soldadura em S355 ou superior em toda a periferia das superfícies em contacto com espessura a=0.7 x menor espessura das chapas a soldar.

RECOBRIMENTO DE ARMADURAS

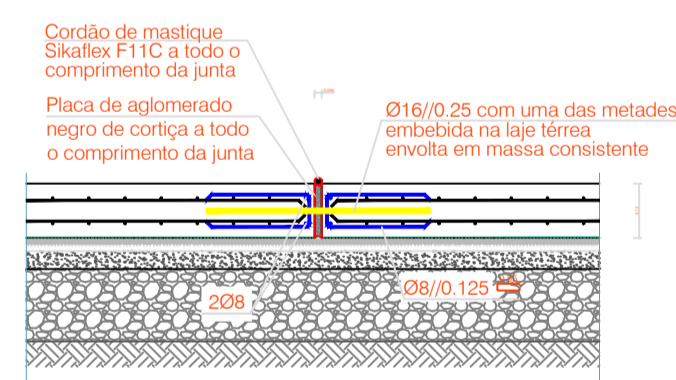
Elementos de fundação - 50 mm
Em lajes e paredes - 35 mm
Restantes elementos estruturais - 40 mm



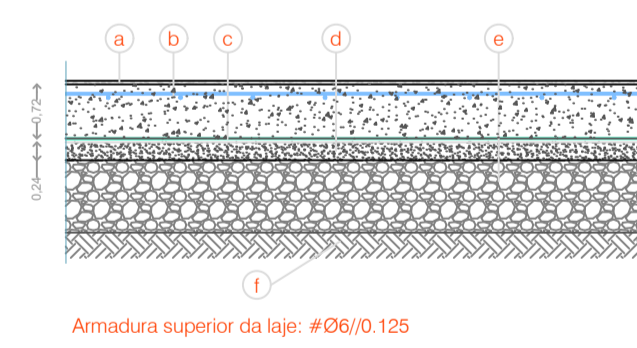
NOTAS E PORMENORES A CONSIDERAR NA EXECUÇÃO DOS PAVIMENTOS TÉRREOS



PORMENOR DO REFORÇO DA LAJE TÉRREA NA PROXIMIDADE DE ESQUINAS DE PAREDES, PLINTOS, CAIXAS OU DE ABERTURAS

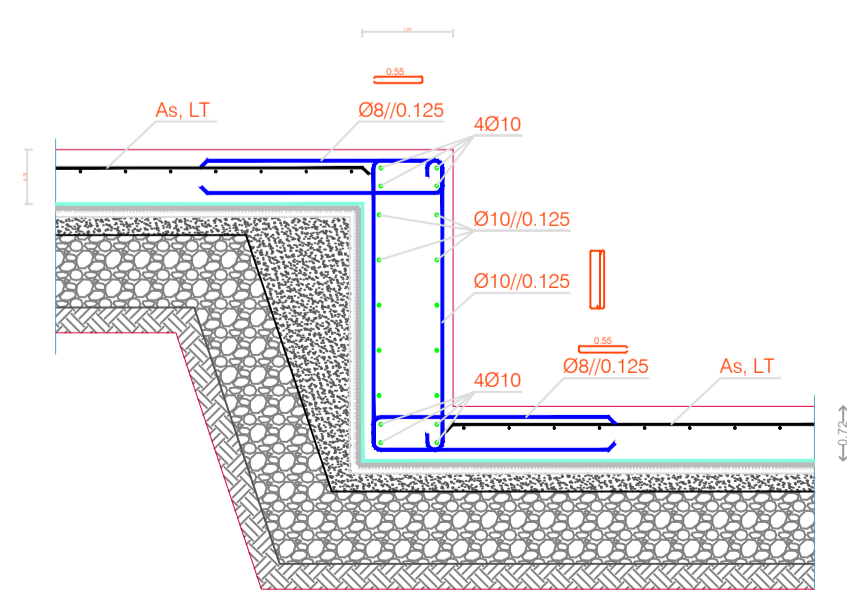


JUNTAS DE DILATAÇÃO (J.D.)

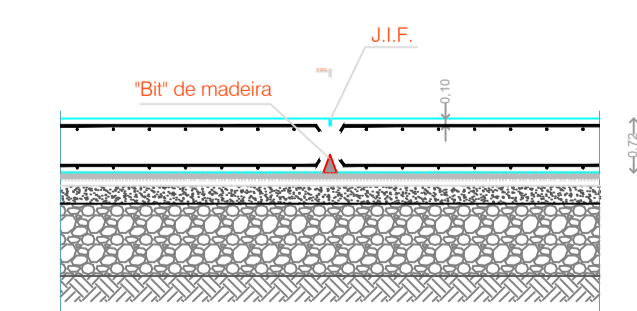


PAVIMENTO EXTERIOR EM BETÃO

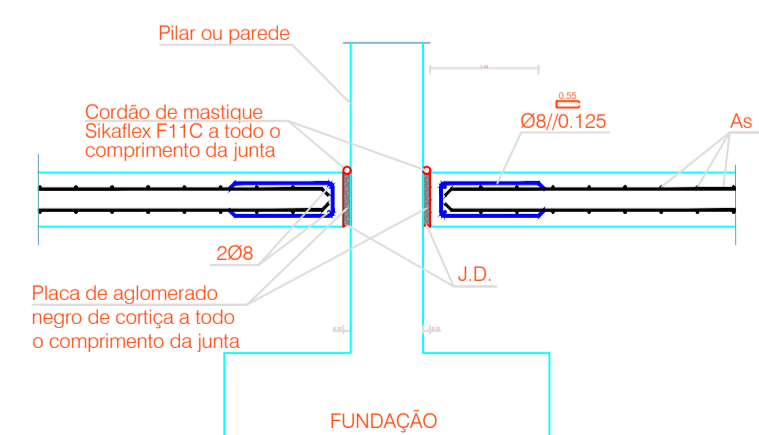
LEGENDA	
a	- Revestimento. Consultar projecto de Arquitectura;
b	- Laje: Betão armado com adjuvante hidrófugo;
c	- Membrana de separação: Duplo filme de polietileno com 2mm de espessura (devidamente sobreposto);
d	- Betão de regularização;
e	- Base: Camada de agregado britado de granulometria extensa 0/40 devidamente compactada;
f	- Fundação: Terreno bem compactado (95% PROCTOR modificado).



PORMENOR DE DESNIVEL NA LAJE TÉRREA



JUNTAS DE INDUÇÃO DE FENDAS (J.I.F.)



JUNTAS DE ISOLAMENTO - (J.I.) LAJE / PILAR OU PAREDE

REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO	PROJETOU	DESENHOU	APROVOU
PROJETO: Instalações da Escola Superior de Tecnologia e Gestão Instituto Politécnico do Porto			DATA: 21.08.2022	FASE PROJETO: EXE	
MORADA: Rua do Curral - Margaride, 4610 - 156 Felgueiras					
ESPECIALIDADE: Estruturas					
DESENHOS: Pormenores a considerar nas fundações		ESCALA: s/escala	DESENHO Nº: 01	REVISÃO Nº: 00	
Pormenores a considerar nos pavimentos térreos					
NOME DO DESENHO: EST - 01 - EXE					
DESENHO: Daniel Magalhães		APROVOU: -	VERIFICOU: -		



● Regras de emenda e amarração de varões

Armadura horizontal :

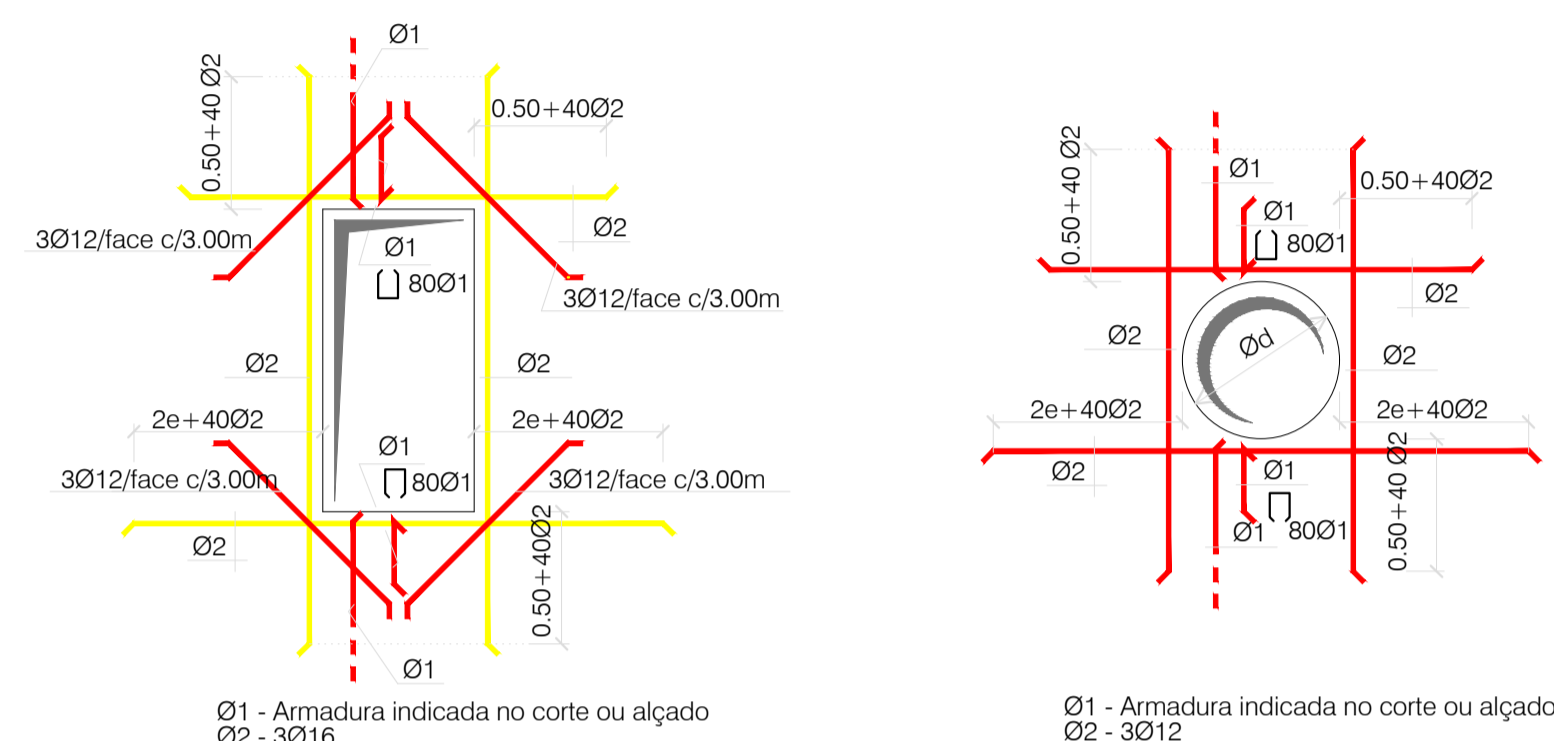
Todos os varões horizontais representados com dimensões superiores a 12.00m deverão ser emendados com um comprimento de sobreposição mínimo de 60Ø e nunca deverão ser emendados mais de metade dos varões numa mesma secção ou secções distanciadas de menos de 90Ø.

Armadura vertical :

Todos os varões verticais representados com dimensões superiores a 12.00m deverão ser emendados com um comprimento de sobreposição mínimo de 60Ø e nunca deverão ser emendados mais de metade dos varões numa mesma secção ou secções distanciadas de menos de 90Ø.

● Reforço de armaduras em aberturas de dimensões superiores a 0.30m

(quando não estiverem outras definidas em alçado ou em corte)



● Reforço de armaduras em aberturas de dimensões inferiores a 0.30m

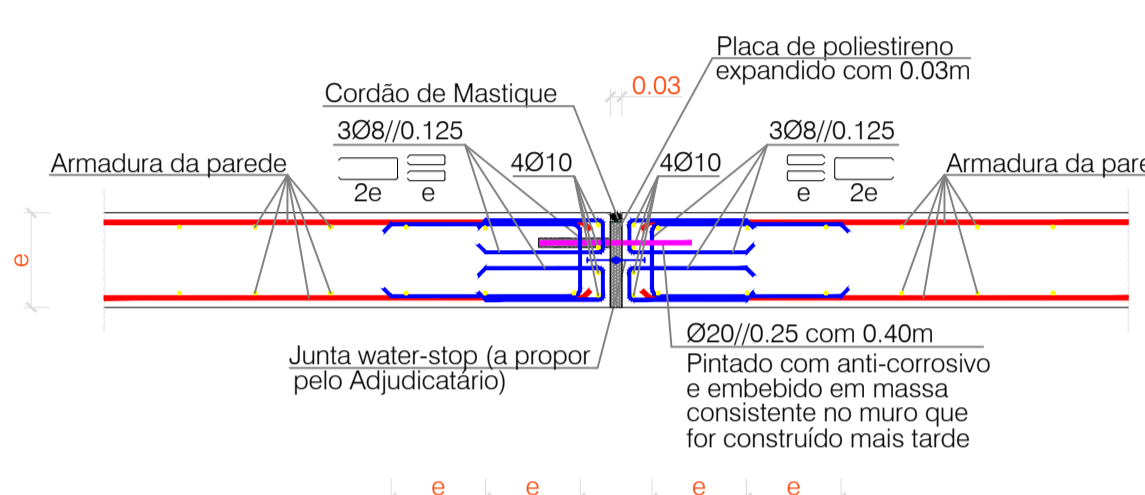
(quando não estiverem outras definidas em alçado ou em corte)

NOTAS:

Na pormenorização das armaduras não foram tidas em conta aberturas com dimensão igual ou inferior a 0.50m; a quando da disposição das armaduras no local, estas deverão ser desviadas para um e outro lado das aberturas. Os negativos a introduzir nas paredes, assim como sua correcta localização, deverá ser consultada nos projectos das especialidades a que se destinam.

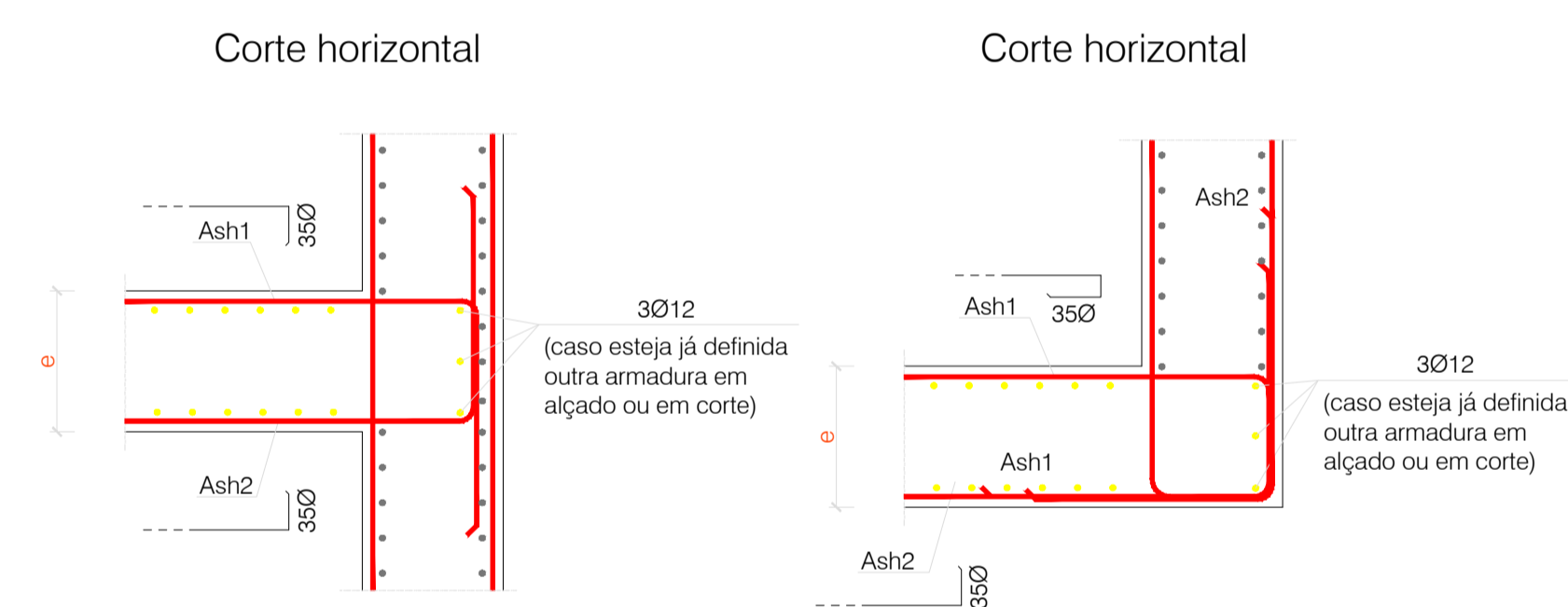


● Junta de Dilatação em Muros de Suporte e Paredes de Contenção

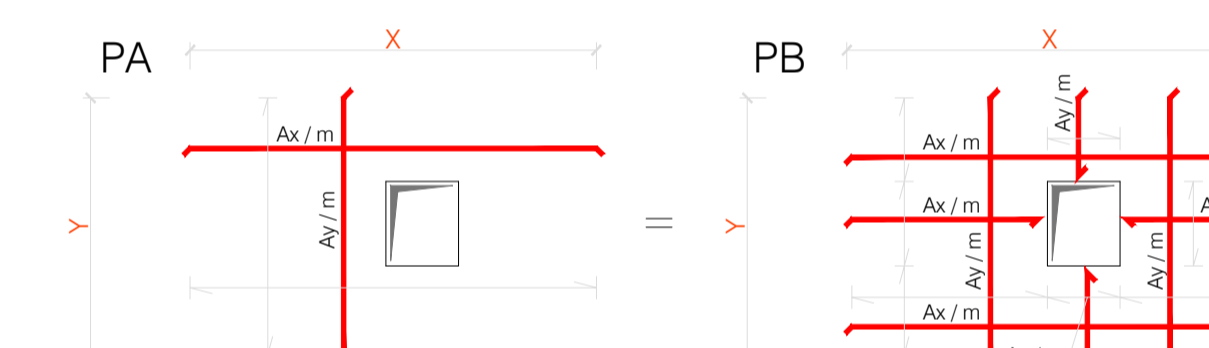


● Pormenor de ligação entre paredes e entre paredes e paredes de contenção

(quando não estiverem outras definidas em alçado ou em corte)



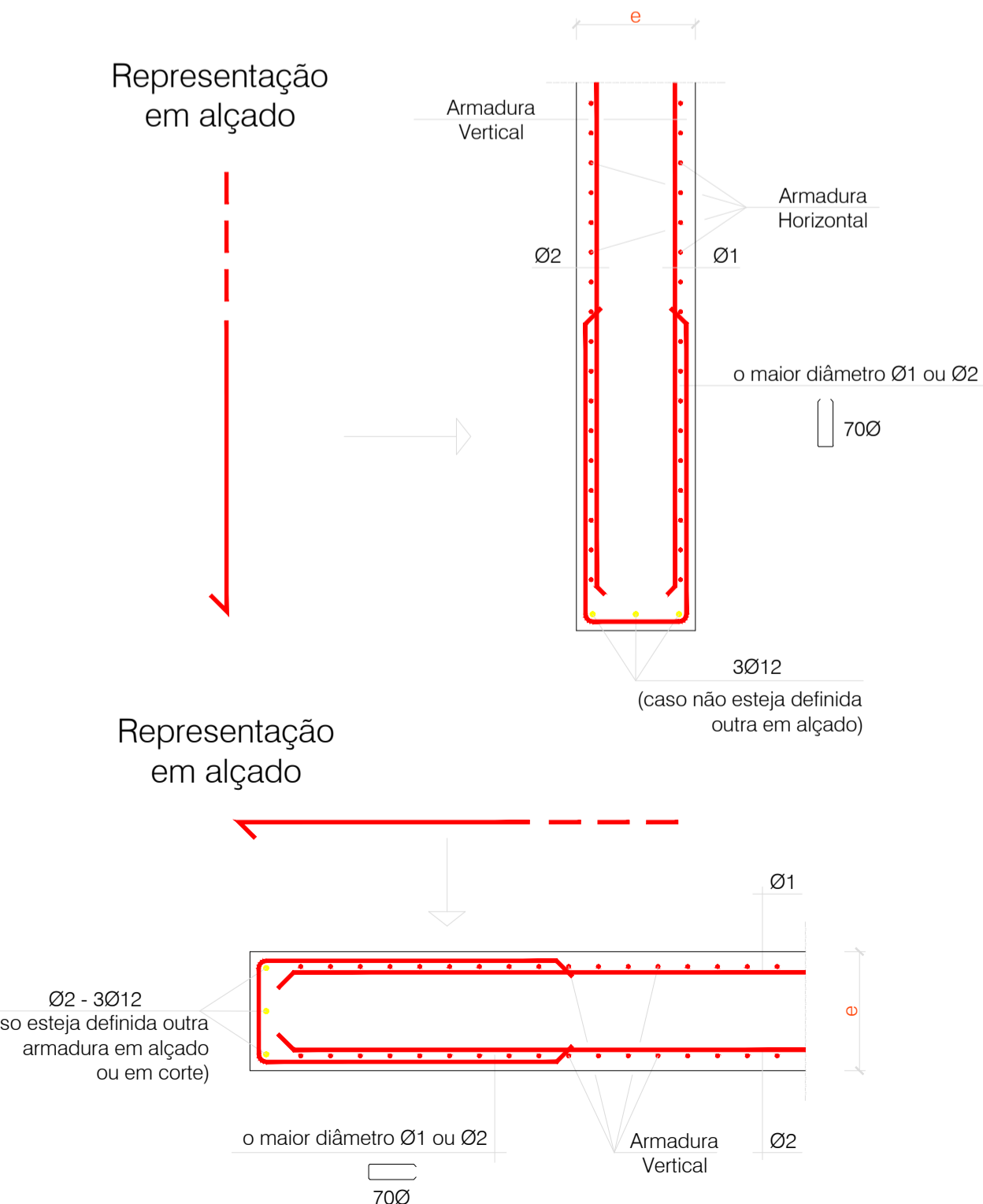
Reforço de armaduras nos negativos (interior e exterior)



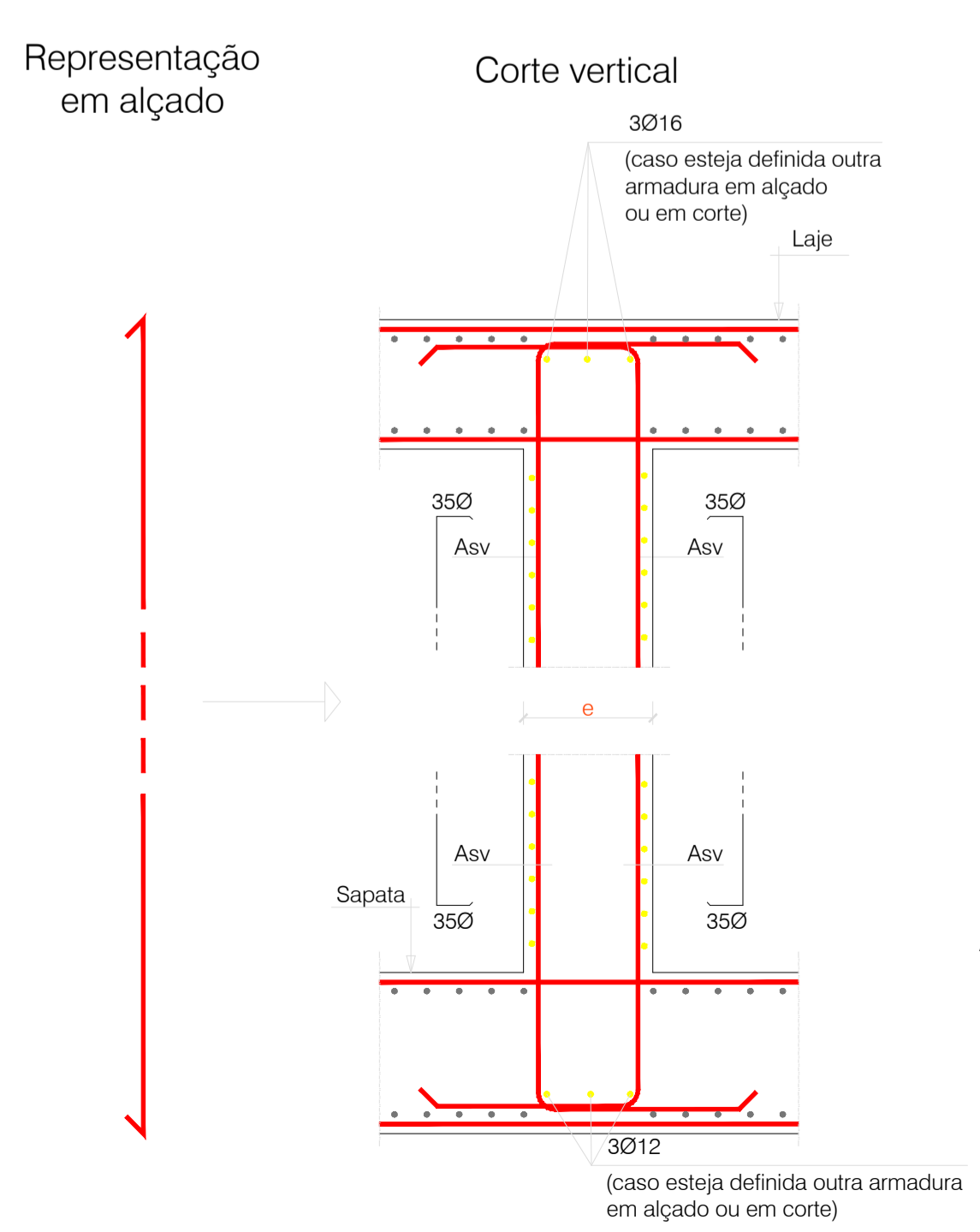
Pormenor da armadura em negativos

A armadura representada em planta como no pormenor PA, deve ser executada como indicado no pormenor PB.

● Pormenor de armaduras em bordos livres

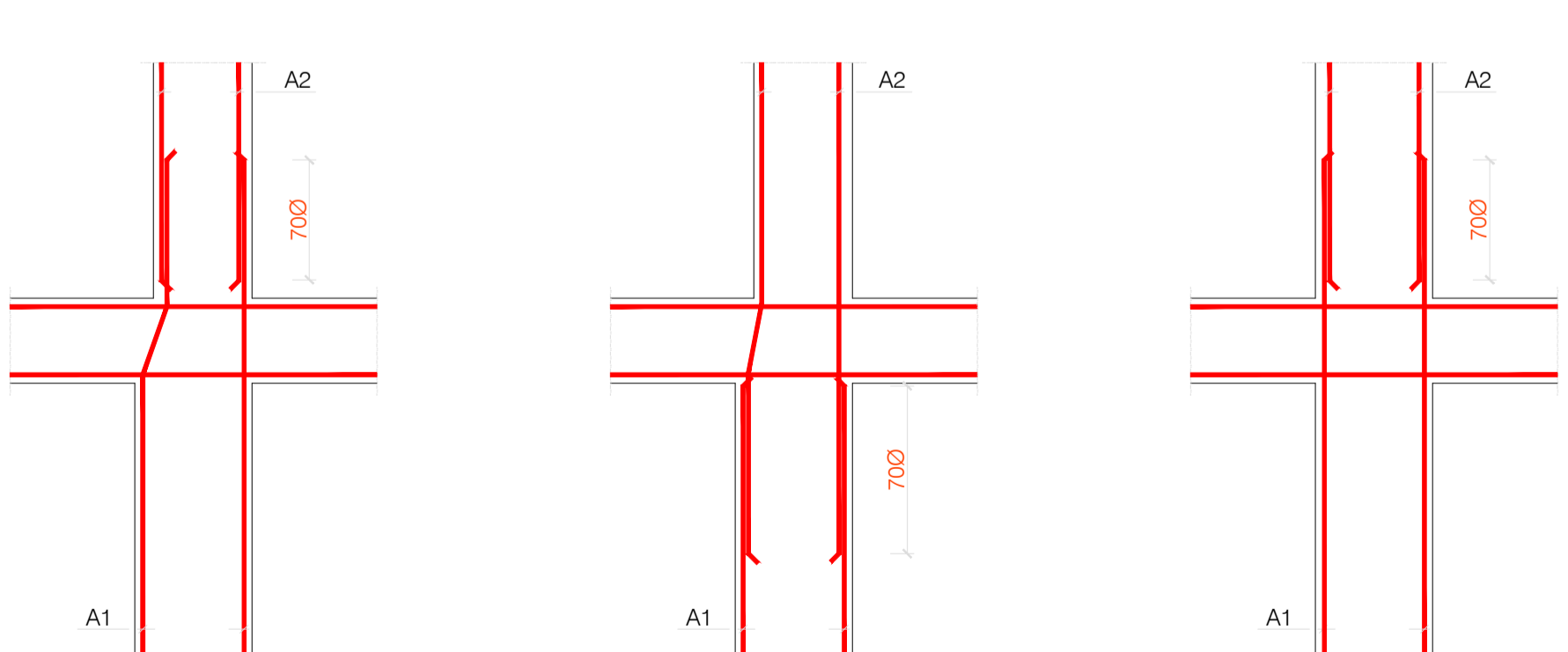


● Pormenor de ligação entre paredes e lajes ou entre paredes e maciços de encabeçamentos de estacas ou sapatas



● Pormenor em emenda de armaduras verticais em paredes

Este pormenor só deverá ser considerado se houver alteração de armadura vertical, nos restantes casos será adoptado o estipulado na nota de emenda de armadura vertical em paredes

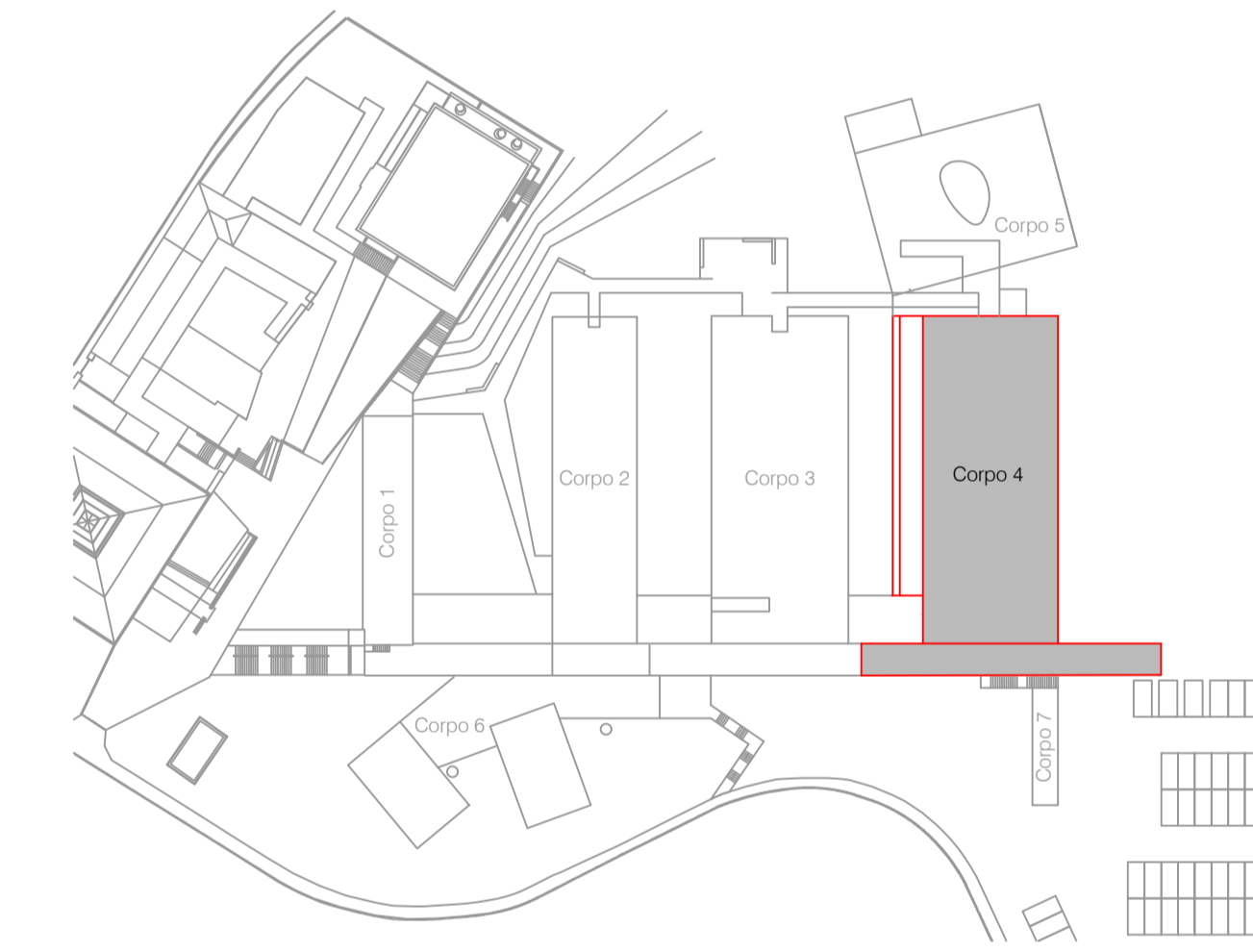


PORMENOR DE EMENDA DA ARMADURA LONGITUDINAL DE PAREDES QUANDO A1 > A2

PORMENOR DE EMENDA DA ARMADURA LONGITUDINAL DE PAREDES QUANDO A2 > A1

PORMENOR DE EMENDA DA ARMADURA LONGITUDINAL DE PAREDES QUANDO A1 = A2

MATERIAIS ESTRUTURAIS	
Betão :	
Betão de limpeza	- C12/15
Fundações, elementos enterrados e pavimentos térreos	- C30/37 - XA1 e XC2
Restantes elementos estruturais	- C30/37 - XC4
Aço :	
Aço em varão	- A500 NR
Redes electrossoldadas	- A500 ER
Aço em perfis e chapas	- S275
Soldadura :	
Caso nada seja especificado, deve ser usado um cordão (de ângulo) geral de soldadura em S355 ou superior em toda a periferia das superfícies em contacto com espessura a=0.7 x menor espessura das chapas a soldar.	
RECOBRIMENTO DE ARMADURAS	
Elementos de fundação	- 50 mm
Em lajes e paredes	- 35 mm
Restantes elementos estruturais	- 40 mm



REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO	PROJETOU	DESENHOU	APROVOU
PROJETO			DATA	FASE PROJETO	
Instalações da Escola Superior de Tecnologia e Gestão			21.08.2022	EXE	
Instituto Politécnico do Porto					
MORADA					
Rua do Curral - Margaride, 4610 - 156 Felgueiras					
ESPECIALIDADE					
Estruturas					
DESENHOS	ESCALA	DESENHO Nº	REVISÃO Nº		
Pormenores a considerar na execução de paredes, paredes de contenção e muros de suporte	s/escala	02	00		
NOME DO DESENHO					
EST - 02 - EXE					
DESENHOU	APROVOU	VERIFICOU			
Daniel Magalhães	-	-			



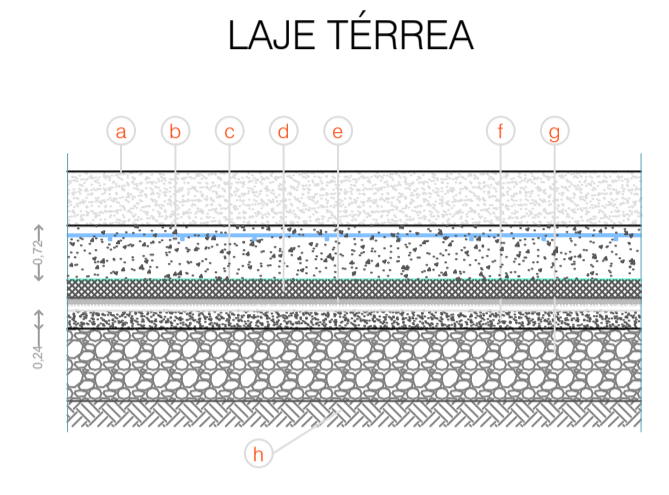
MATERIAIS ESTRUTURAIS

- Betão :**
 Betão de limpeza - C12/15
 Fundações, elementos enterrados e pavimentos térreos - C30/37 - XA1 e XC2
 Restantes elementos estruturais - C30/37 - XC4
- Aço :**
 Aço em varão - A500 NR
 Redes electrossoldadas - A500 ER
 Aço em perfis e chapas - S275

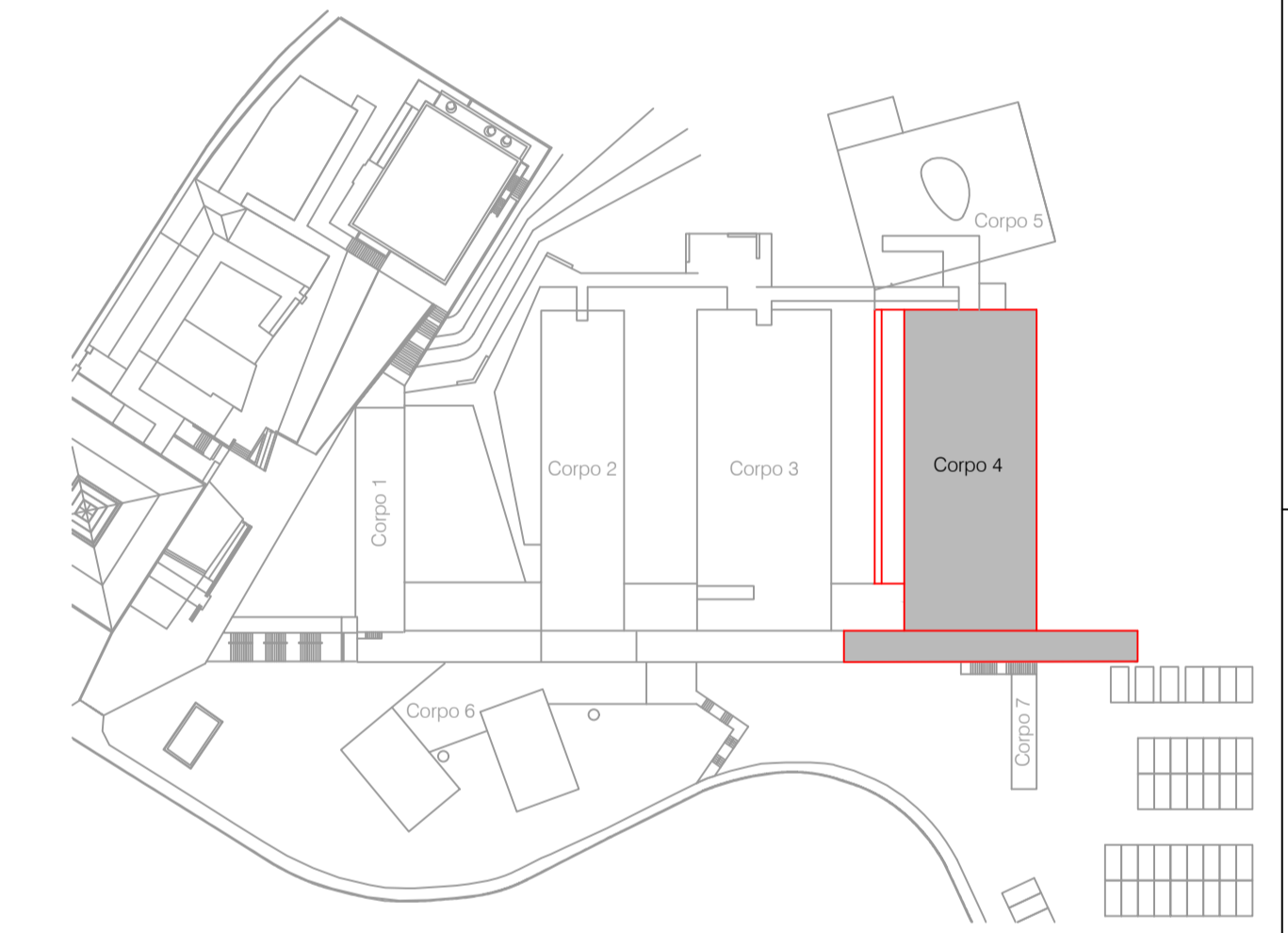
Soldadura :
 Caso nada seja especificado, deve ser usado um cordão (de ângulo) geral de soldadura em S355 ou superior em toda a periferia das superfícies em contacto com espessura a=0.7 x menor espessura das chapas a soldar.

RECOBRIMENTO DE ARMADURAS

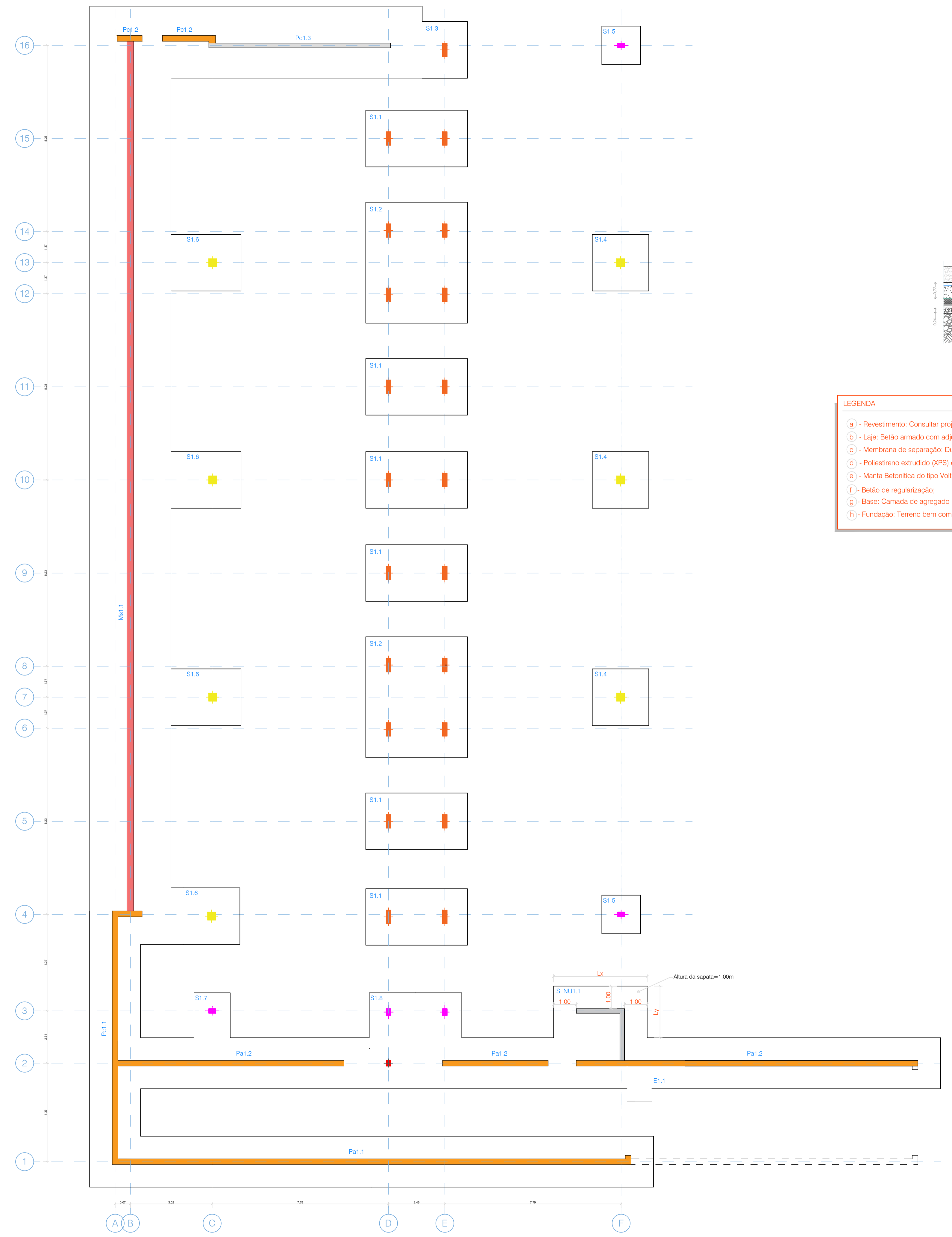
- Elementos de fundação - 50 mm
 Em lajes e paredes - 35 mm
 Restantes elementos estruturais - 40 mm



- LEGENDA**
- a - Revestimento: Consultar projecto de Arquitectura;
 - b - Laje: Betão armado com adjuvante hidrótico;
 - c - Membrana de separação: Duplo filme de polietileno com 2mm de espessura (devidamente sobreposto);
 - d - Poliestireno extrudido (XPS) com 50mm espessura
 - e - Manta Betónica do tipo Voltex da Cetco ou equivalente
 - f - Betão de regularização;
 - g - Base: Camada de agregado britado de granulometria extensa 0/40 devidamente compactada;
 - h - Fundação: Terreno bem compactado (95% PROCTOR modificado).



- 0,30m espessura
- 0,25m espessura
- 0,20m espessura



PLANTA DE FUNDações

REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO	PROJETOU	DESENHOU	APROVOU

PROJETO	Instalações da Escola Superior de Tecnologia e Gestão	DATA	21.08.2022	FASE PROJETO	EXE
Instituto Politécnico do Porto					

MORADA	Rua do Curral - Margaride, 4610 - 156 Felgueiras
ESPECIALIDADE	Estruturas

DESENHOS	ESCALA	DESENHO Nº	REVISÃO Nº
Planta de fundações	1:100	03	00

NOME DO DESENHO	EST - 03 - EXE		
DESENHO	Daniel Magalhães		
APROVOU	-	VERIFICOU	-

MATERIAIS ESTRUTURAIS

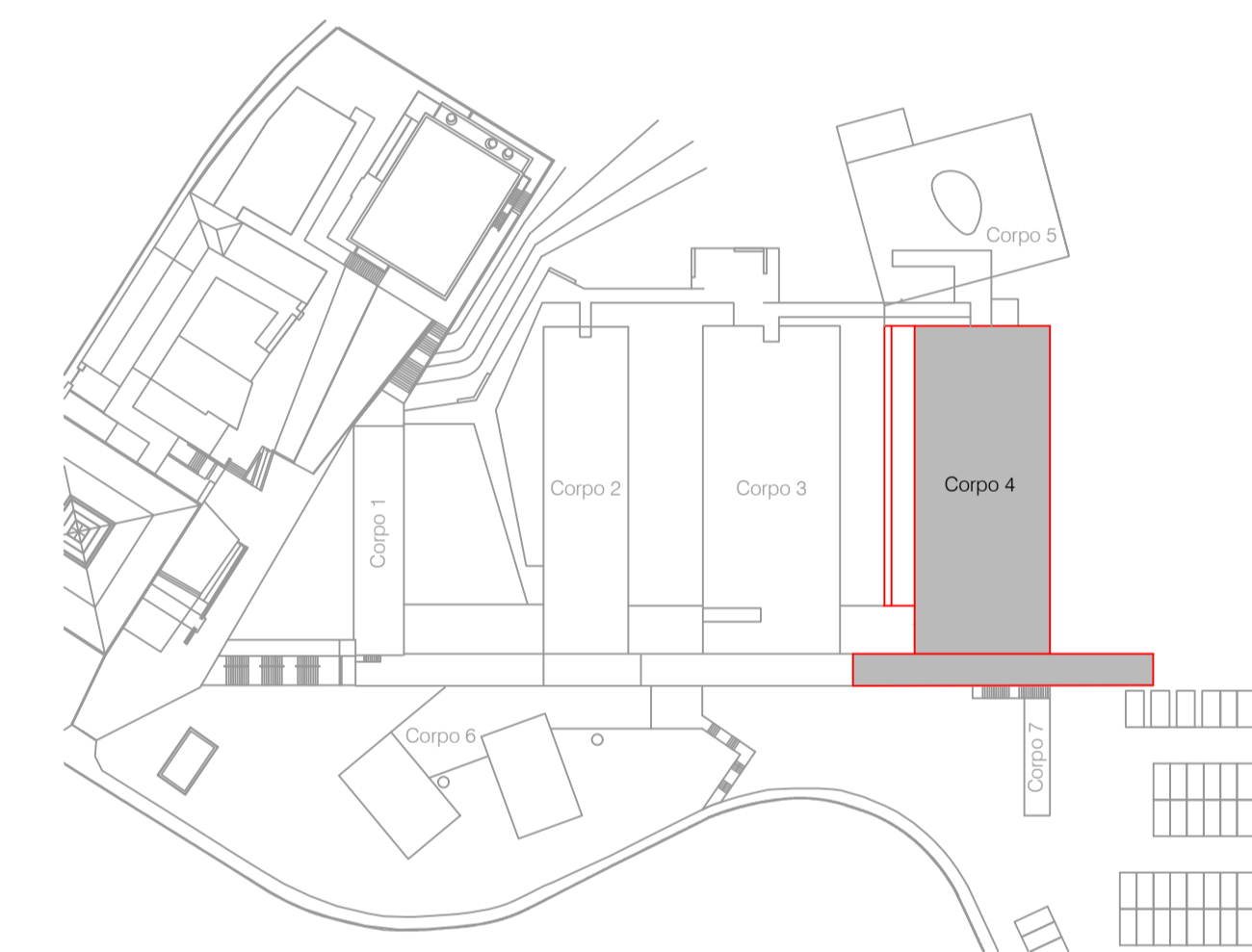
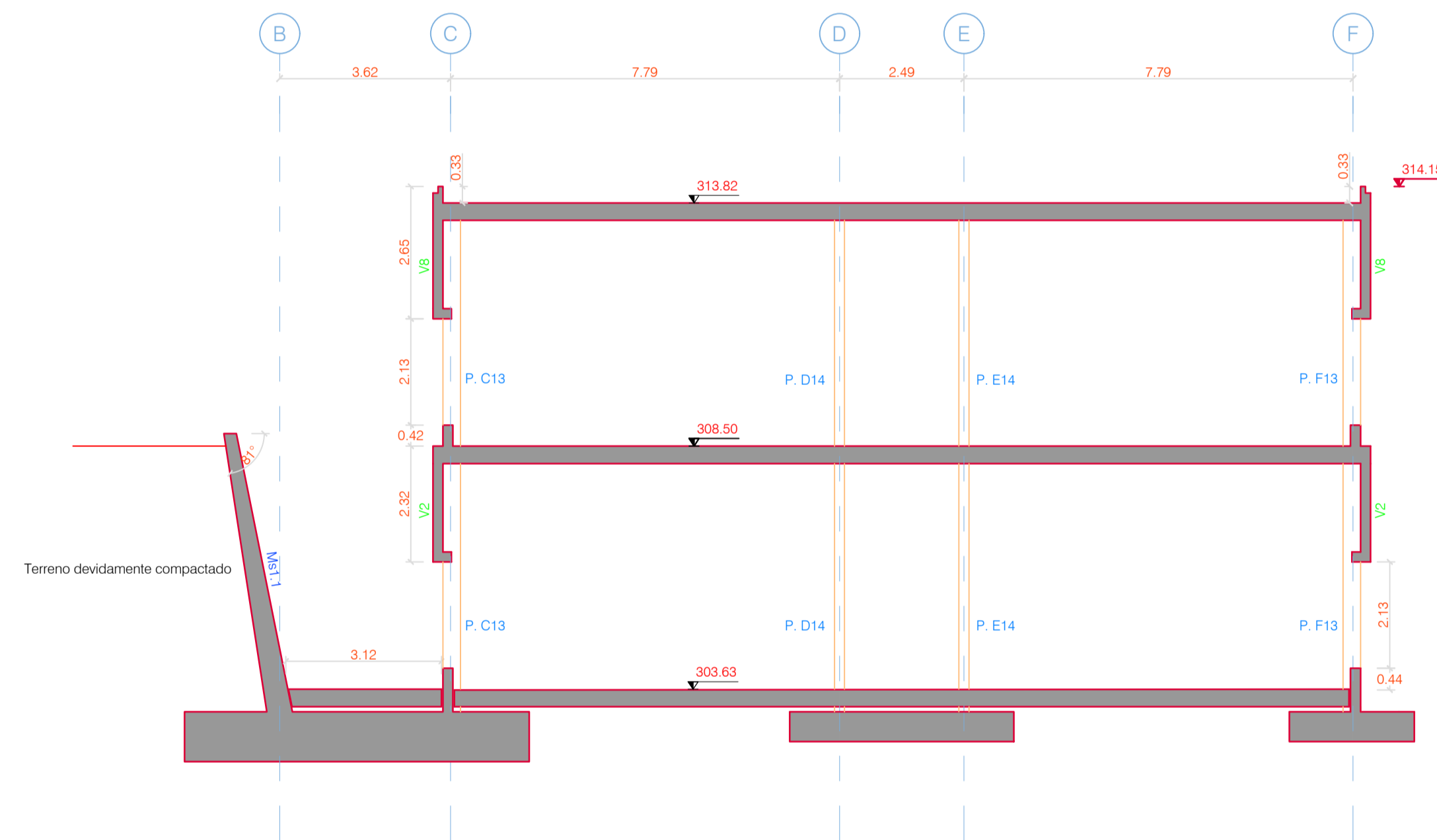
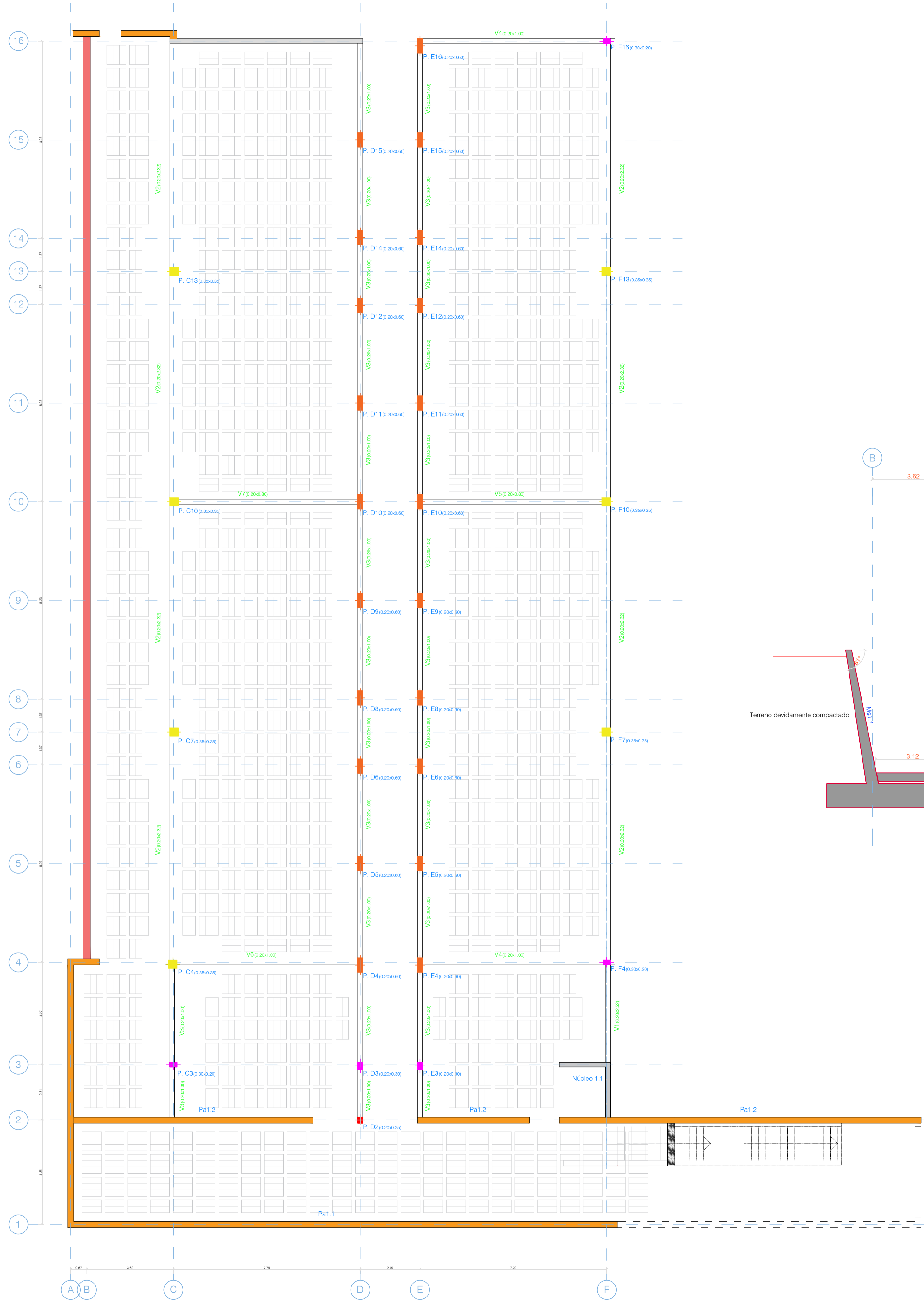
Betão :
 Betão de limpeza - C12/15
 Fundações, elementos enterrados e pavimentos térreos - C30/37 - XA1 e XC2
 Restantes elementos estruturais - C30/37 - XC4

Aço :
 Aço em varão - A500 NR
 Redes electrossoldadas - A500 ER
 Aço em perfis e chapas - S275

Soldadura :
 Caso nada seja especificado, deve ser usado um cordão (de ângulo) geral de soldadura em S355 ou superior em toda a periferia das superfícies em contacto com espessura a=0.7 x menor espessura das chapas a soldar.

RECOBRIMENTO DE ARMADURAS

Elementos de fundação - 50 mm
 Em lajes e paredes - 35 mm
 Restantes elementos estruturais - 40 mm



REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO	PROJETO	DESENHO	APROVOU

PROJETO Instalações da Escola Superior de Tecnologia e Gestão Instituto Politécnico do Porto	DATA 21.08.2022	FASE PROJETO EXE
---	--------------------	---------------------

MORADA
 Rua do Curral - Margaride, 4610 - 156 Felgueiras

ESPECIALIDADE
 Estruturas

DESENHOS Planta estrutural piso 1	ESCALA 1:100	DESENHO Nº 04	REVISÃO Nº 00
--------------------------------------	-----------------	------------------	------------------

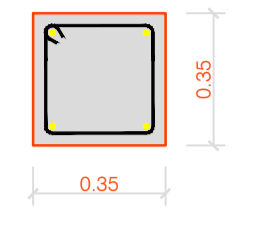
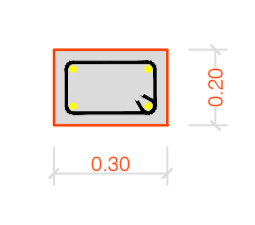
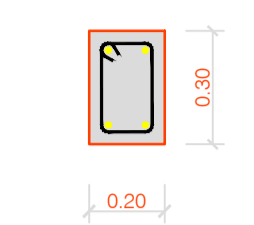
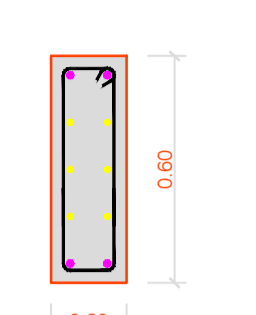
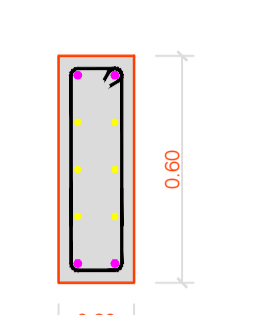
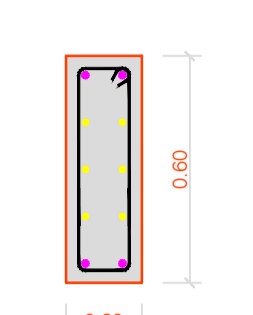
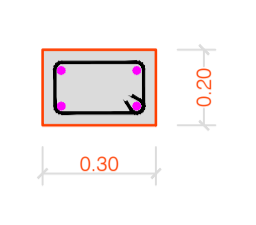
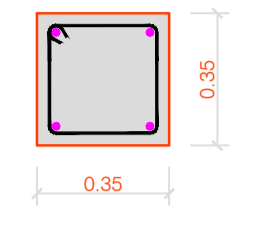
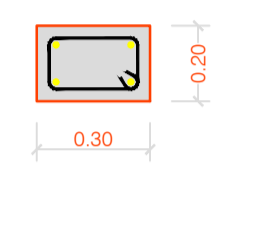
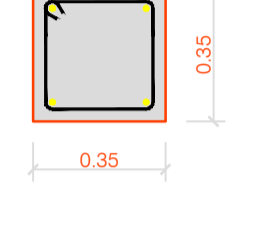
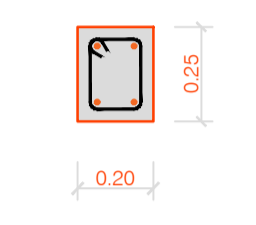
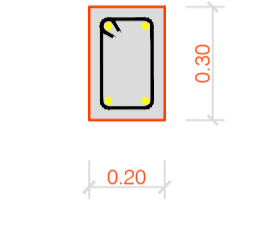
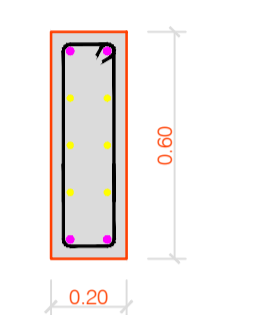
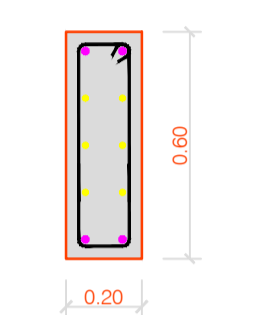
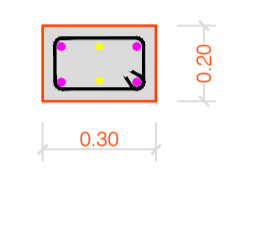
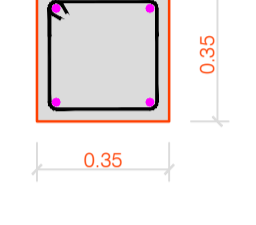
NOME DO DESENHO
 EST - 04 - EXE

DESENHO Daniel Magalhães | APROVOU - | VERIFICOU -



PLANTA DO PISO 1

QUADRO DE PILARES
Escala 1/20

	P.C3	P.C4 ; P.C7; P.C10; P.C13	P.C16	P.D2	P.D3; P.E3	P.D4; P.D5; P.D6; P.D8; P.D9; P.D10; P.D11; P.D12; P.D14; P.D15	P.D16	P.E4; P.E5; P.E6; P.E8; P.E9; P.E10; P.E11; P.E12; P.E14; P.E15; P.E16	P.F4; P.F16	P.F7; P.F10; P.F13
COBERTURA										
PISO 1		 4Ø16 Ø8/0,25	 4Ø16 Ø8/0,25		 4Ø16 Ø8/0,25	 4Ø20 + 6Ø16 Ø8/0,25	 4Ø20 + 6Ø16 Ø8/0,25	 4Ø20 + 6Ø16 Ø8/0,25	 4Ø20 Ø8/0,25	 4Ø20 Ø8/0,25
FUNDAÇÃO	 4Ø16 Ø8/0,25	 4Ø16 Ø8/0,25		 4Ø12 Ø8/0,25	 4Ø16 Ø8/0,25	 4Ø20 + 6Ø16 Ø8/0,25		 4Ø20 + 6Ø16 Ø8/0,25	 4Ø20 + 2Ø16 Ø8/0,25	 4Ø20 Ø8/0,25

MATERIAIS ESTRUTURAIS

Betão :
Betão de limpeza - C12/15
Fundações, elementos enterrados e pavimentos térreos - C30/37 - XA1 e XC2
Restantes elementos estruturais - C30/37 - XC4

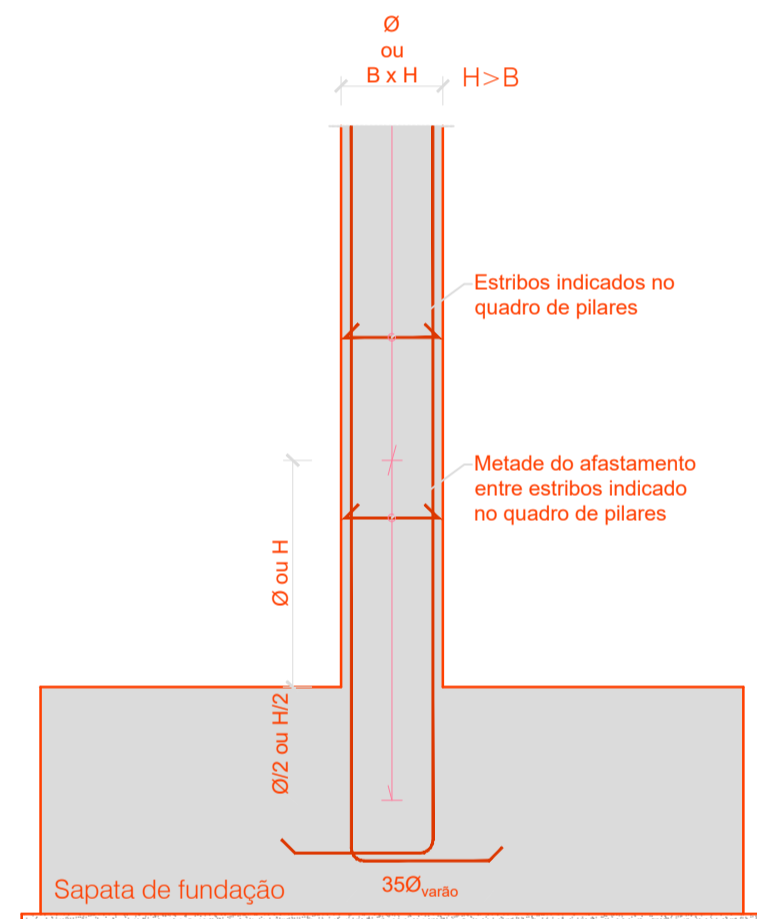
Aço :
Aço em varão - A500 NR
Redes electrossoldadas - A500 ER
Aço em perfis e chapas - S275

Soldadura :
Caso nada seja especificado, deve ser usado um cordão (de ângulo) geral de soldadura em S355 ou superior em toda a periferia das superfícies em contacto com espessura a=0.7 x menor espessura das chapas a soldar.

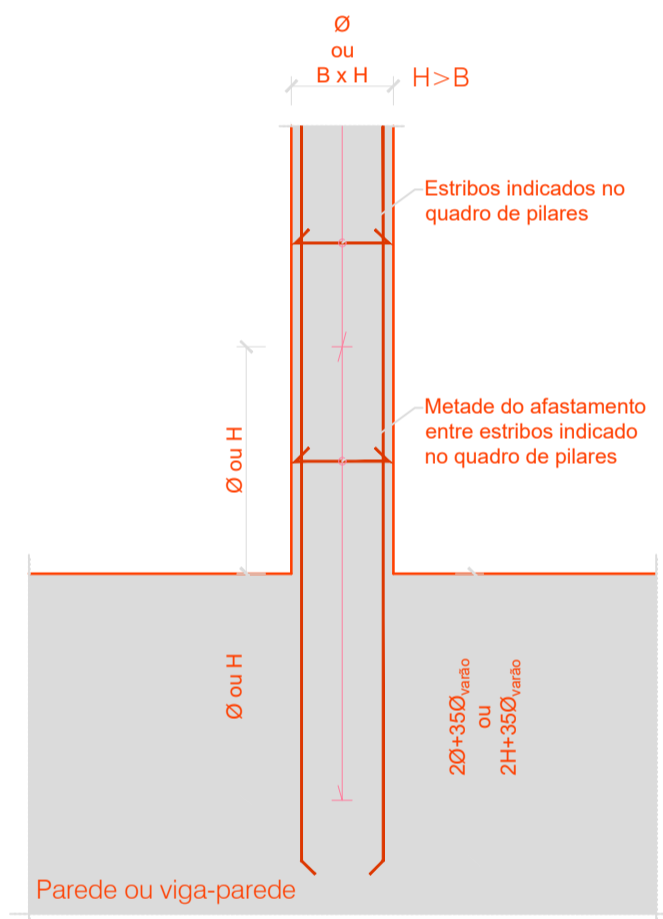
RECOBRIMENTO DE ARMADURAS

Elementos de fundação - 50 mm
Em lajes e paredes - 35 mm
Restantes elementos estruturais - 40 mm

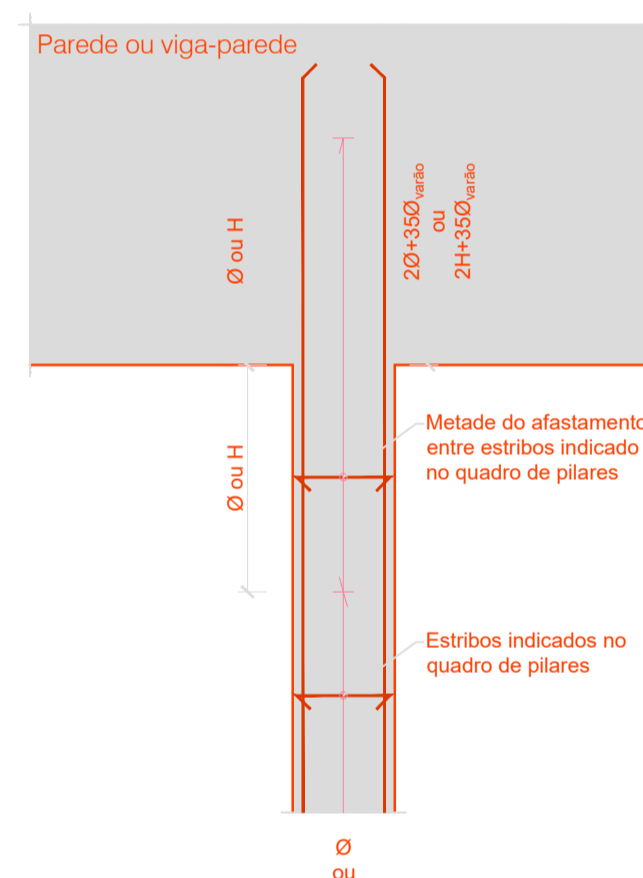
NOTA IMPORTANTE:
O espaçamento dos estribos indicado no quadro de pilares refere-se à generalidade da extensão do pilar.
Esse espaçamento deverá ser reduzido para metade junto às lajes, vigas e fundações conforme indicado nos pormenores de amarração e emendas representados neste desenho.



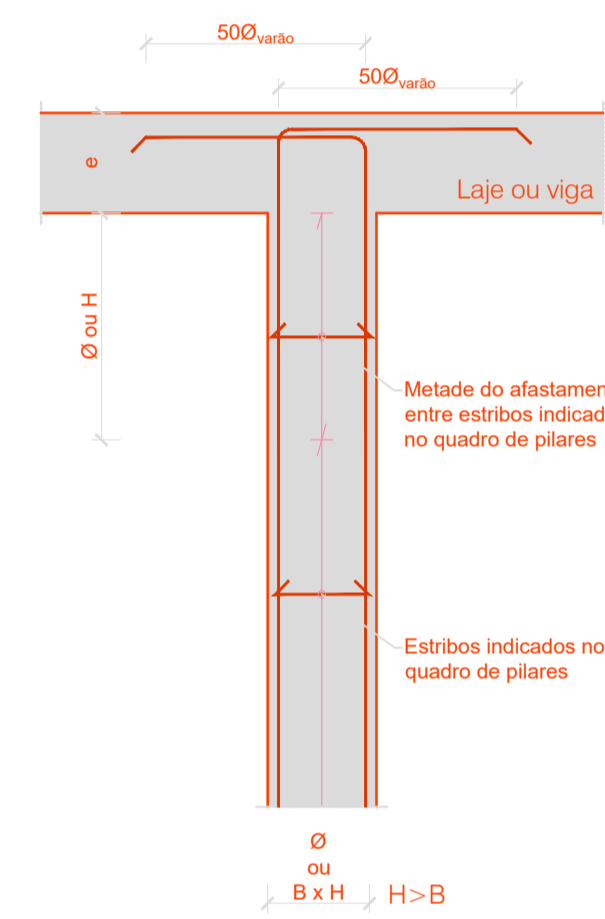
PORMENOR DA AMARRAÇÃO DA ARMADURA DOS PILARES A ELEMENTOS DE FUNDAÇÃO
S/ Escala



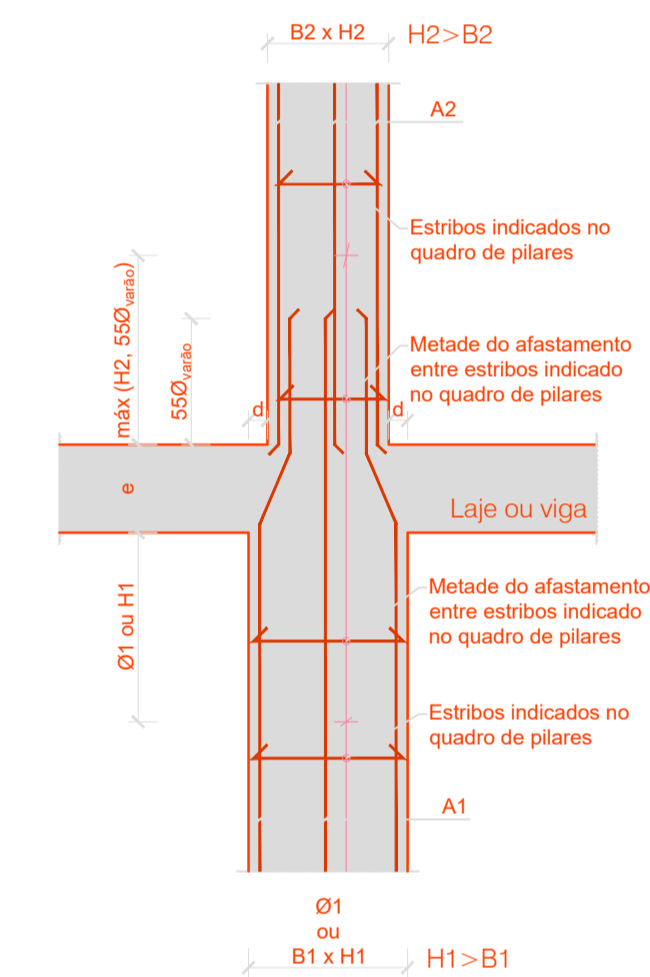
PORMENOR DA AMARRAÇÃO DA ARMADURA DOS PILARES A PAREDES OU VIGAS-PAREDE
S/ Escala



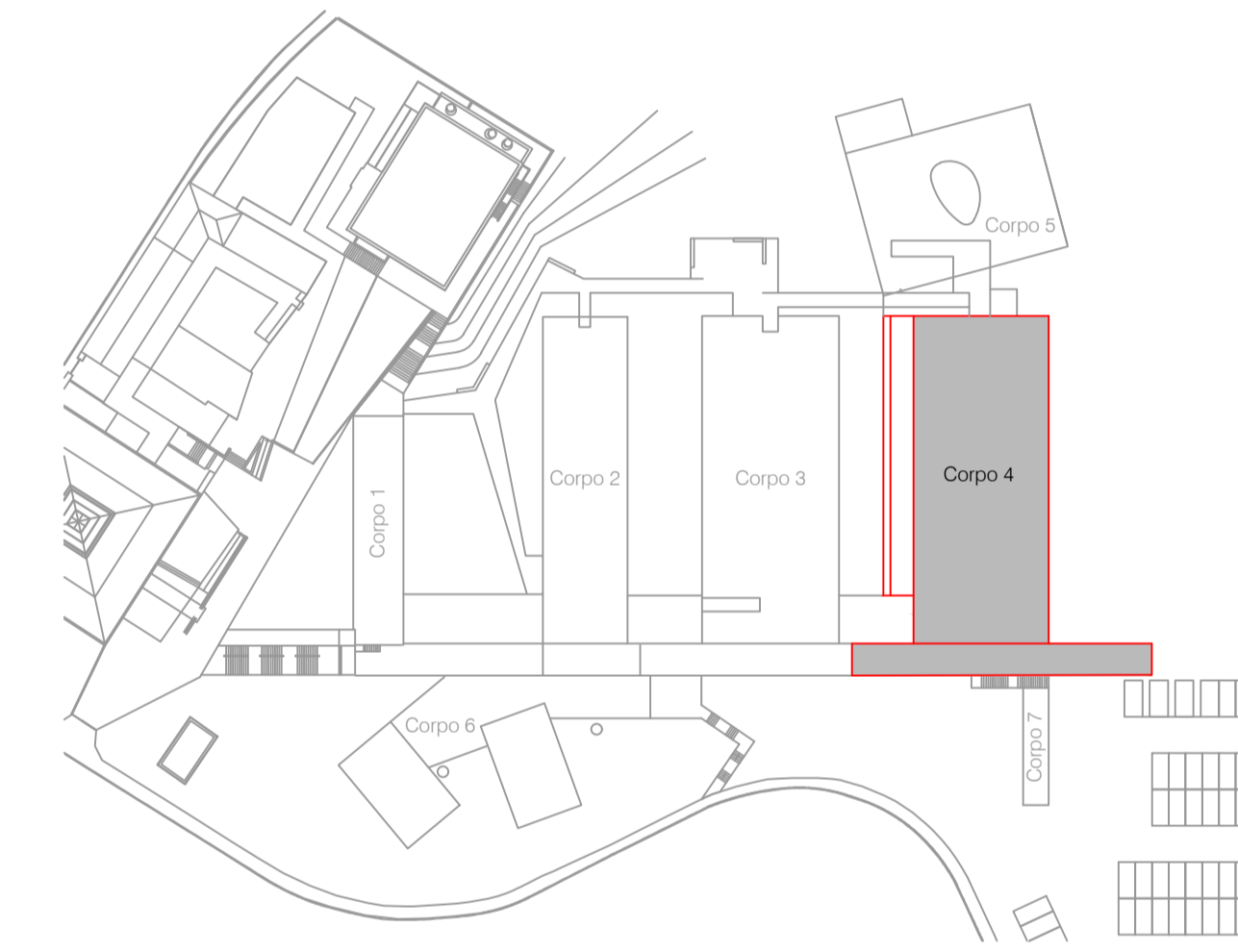
PORMENOR DA AMARRAÇÃO DA ARMADURA DOS PILARES A PAREDES OU VIGAS-PAREDE
S/ Escala



PORMENOR DA AMARRAÇÃO DA ARMADURA DOS PILARES A LAJES OU VIGAS
S/ Escala

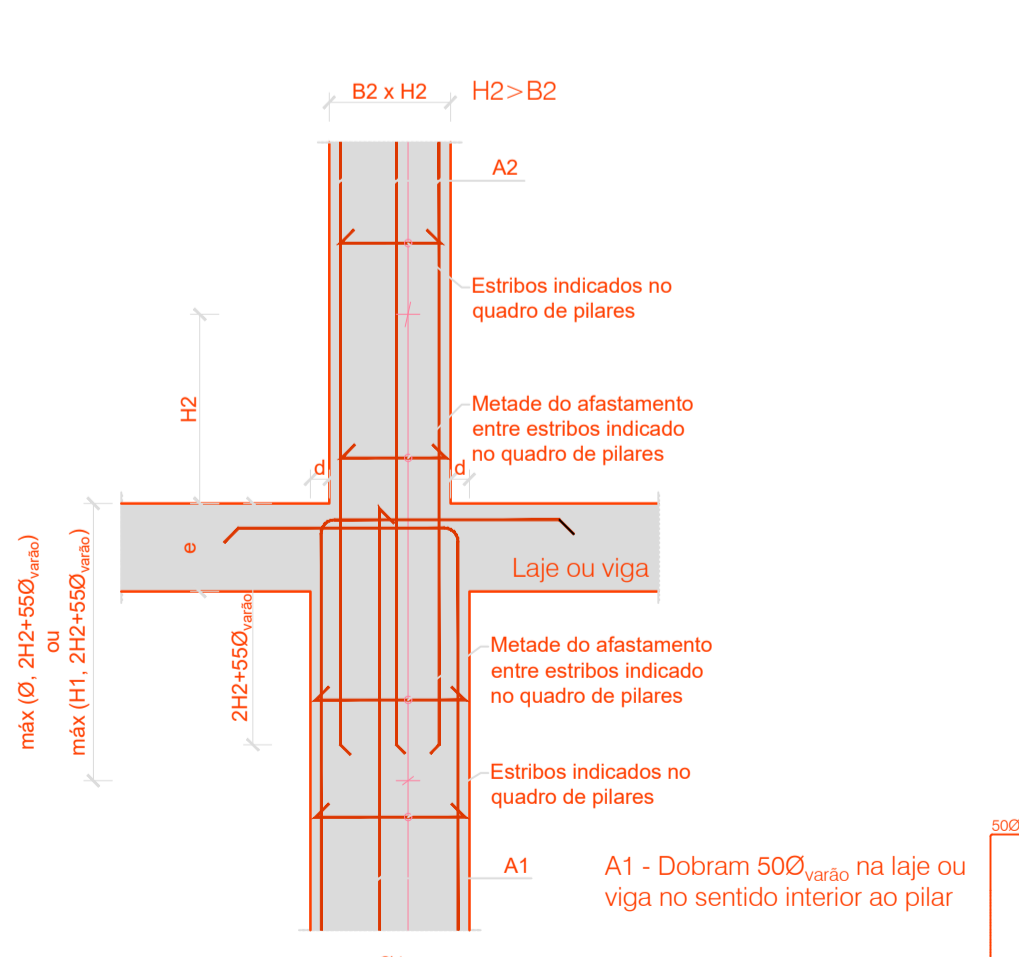


PORMENOR DA EMENDA DA ARMADURA LONGITUDINAL DOS PILARES (PARA d < 1/2)
S/ Escala

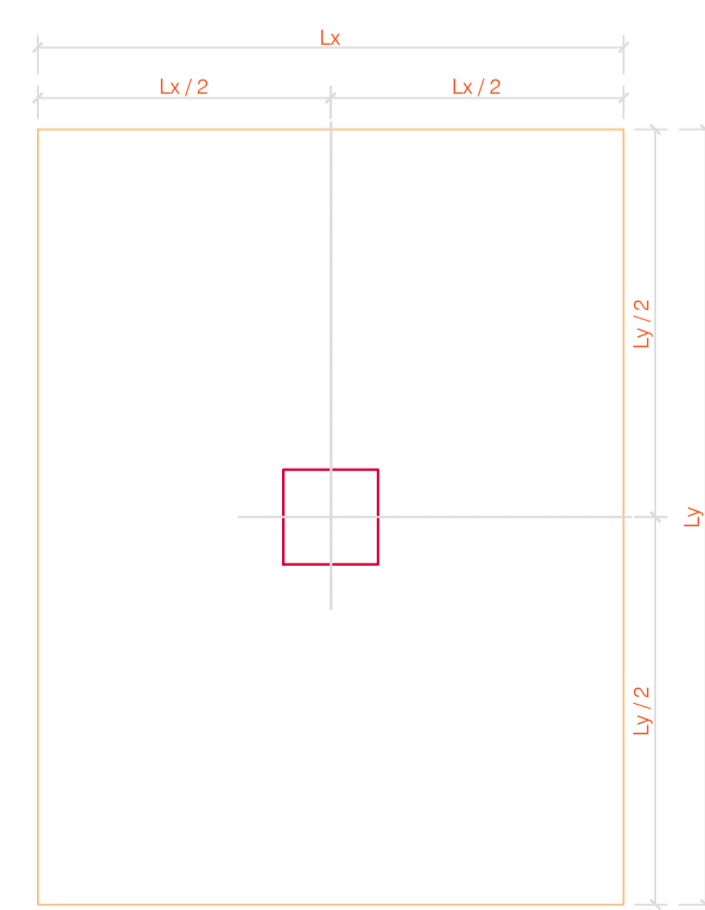


QUADRO DE SAPATAS ISOLADAS
Escala 1/20

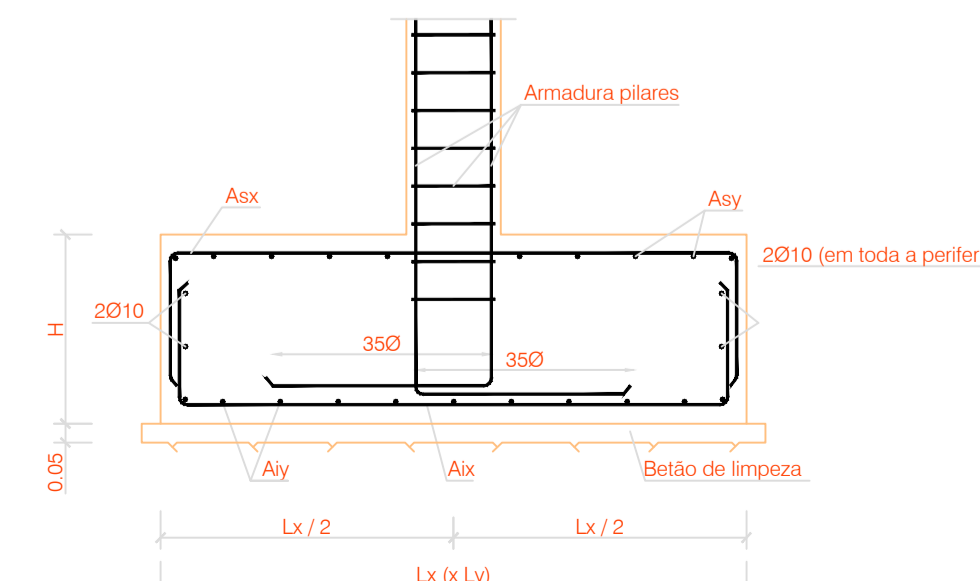
Sapata	Geometria			Armaduras			
	Lx (m)	Ly (m)	h (m)	Asx	Asy	Aix	Aiy
S							
S1.1	4.50	2.50	0.60	Ø12/0.15	Ø12/0.15	Ø12/0.15	Ø12/0.15
S1.2	4.50	5.34	0.60	Ø12/0.15	Ø12/0.15	Ø12/0.15	Ø12/0.15
S1.3	2.00	2.50	0.60	Ø12/0.15	Ø12/0.15	Ø12/0.15	Ø12/0.15
S1.4	2.50	2.50	0.60	Ø12/0.15	Ø12/0.15	Ø12/0.15	Ø12/0.15
S1.5	1.70	1.70	0.50	Ø12/0.175	Ø12/0.175	Ø12/0.175	Ø12/0.175
S1.6	3.05	2.50	0.60	Ø12/0.15	Ø12/0.15	Ø12/0.15	Ø12/0.15
S1.7	1.60	1.985	0.50	Ø12/0.175	Ø12/0.175	Ø12/0.175	Ø12/0.175
S1.8	4.09	1.985	0.50	Ø12/0.175	Ø12/0.175	Ø12/0.175	Ø12/0.175
S. NU.1.1	4.13	2.285	1.00	Ø16/0.125	Ø16/0.125	Ø12/0.175	Ø12/0.175



PORMENOR DA EMENDA DA ARMADURA LONGITUDINAL DOS PILARES (PARA d ≥ 1/2)
S/ Escala



SAPATAS PILARES CENTRAIS - PLANTA



SAPATAS - CORTE TIPO

REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO	PROJETOU	DESENHOU	APROVOU
PROJETO			MORADA		DATA
Instalações da Escola Superior de Tecnologia e Gestão			Rua do Curral - Margaride, 4610 - 156 Felgueiras		21.08.2022
INSTITUTO POLITÉCNICO DO PORTO			ESPECIALIDADE		FASE PROJETO
			Estruturas		EXE
DESENHOS			ESCALA	DESENHO Nº	REVISÃO Nº
Quadro de pilares			1:20	06	00
Quadro de sapatas isoladas					
NOME DO DESENHO					
EST - 06 - EXE					
DESENHO			APROVOU	VERIFICOU	
Daniel Magalhães					

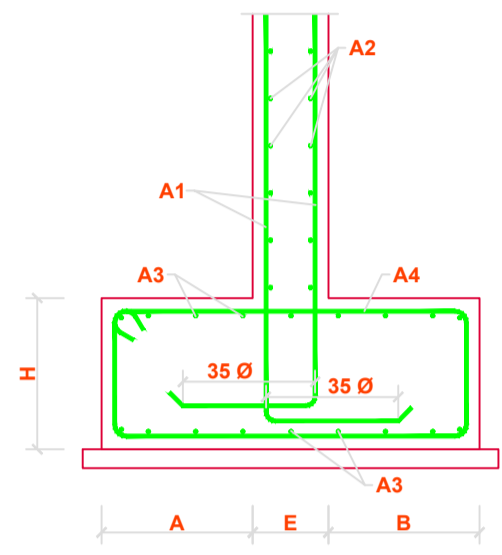


QUADRO DE PAREDES
Escala 1/20

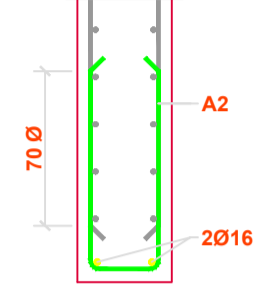
Parede	E (m)	A (m)	B (m)	H (m)	A1	A2	A3	A4
Pa 1.1	0.25	1.00	1.00	1.00	Ø12/0.15	Ø10/0.15	Ø12/0.125	Ø12/0.125
Pa 1.2	0.25	1.00	1.00	1.00	Ø12/0.15	Ø10/0.15	Ø12/0.125	Ø12/0.125
Pa 1.3	----	----	----	----	Ø12/0.15	Ø10/0.15	Ø12/0.125	Ø12/0.125
Núcleo 1.1	Ver corte							

NOTA IMPORTANTE:
Complemento de armaduras nos cantos, intersecção com lajes e em zonas "T" representado nos cortes tipo.

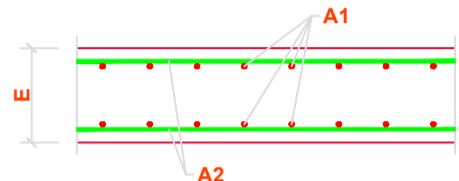
PAREDE - CORTE TIPO NA FUNDAÇÃO
Escala 1/20



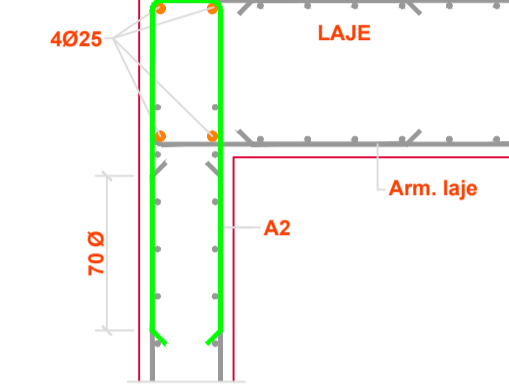
PAREDE - CORTE TIPO EM BORDO LIVRE
Escala 1/20



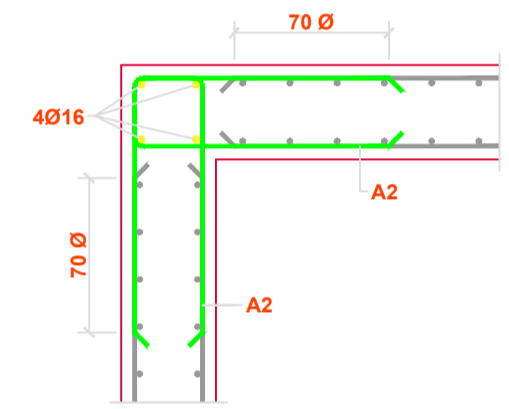
PAREDE - CORTE TIPO NA ZONA CORRENTE
Escala 1/20



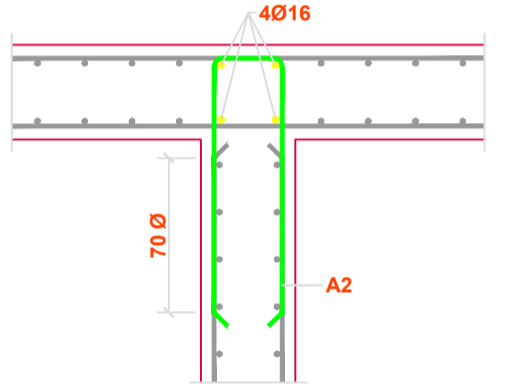
PAREDE - CORTES TIPO INTERSECÇÃO COM LAJE COM 0,35m DE ESPESSURA
Escala 1/20



PAREDE - CORTE TIPO NOS CANTOS
Escala 1/20

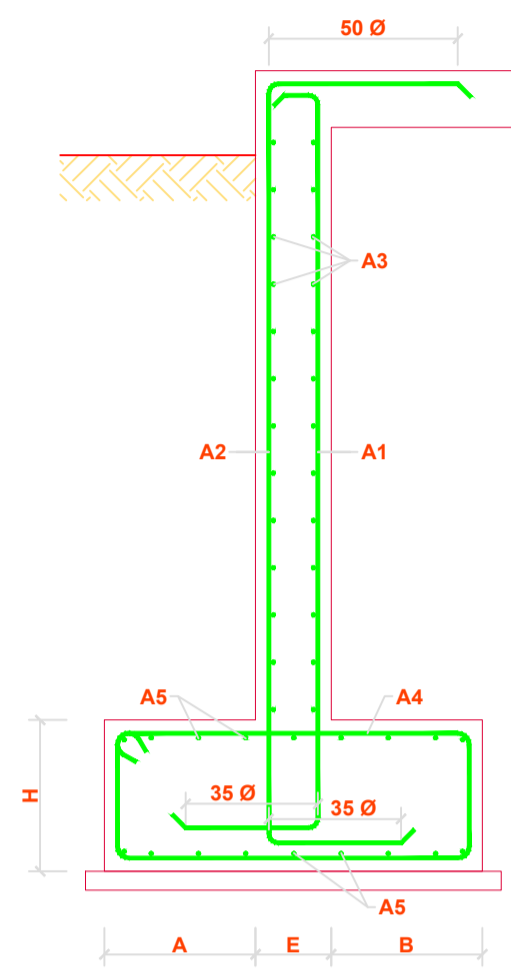


PAREDE - CORTE TIPO NA ZONA EM T
Escala 1/20

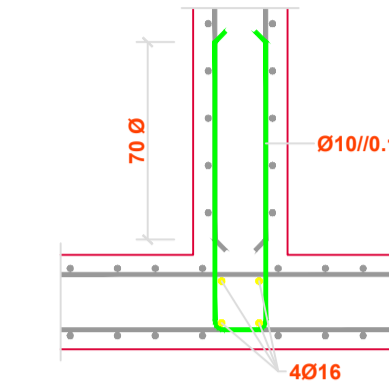


QUADRO DE PAREDES DE CONTENÇÃO
Escala 1/20

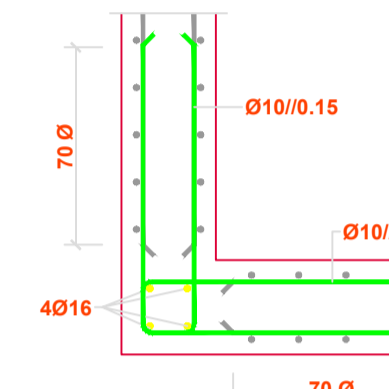
Parede	E (m)	A (m)	B (m)	H (m)	A1	A2	A3	A4	A5
Pc 1.1	0.25	1.00	1.00	1.00	Ø16/0.15	Ø16/0.15	Ø10/0.15	Ø12/0.125	Ø12/0.125
Pc 1.2	0.25	1.30	1.64	1.00	Ø16/0.15	Ø16/0.15	Ø10/0.15	Ø12/0.125	Ø12/0.125
Pc 1.3	0.20	1.64	1.35	1.00	Ø16/0.15	Ø16/0.15	Ø10/0.15	Ø12/0.125	Ø12/0.125



PAREDE DE CONTENÇÃO CORTE TIPO
Escala 1/20

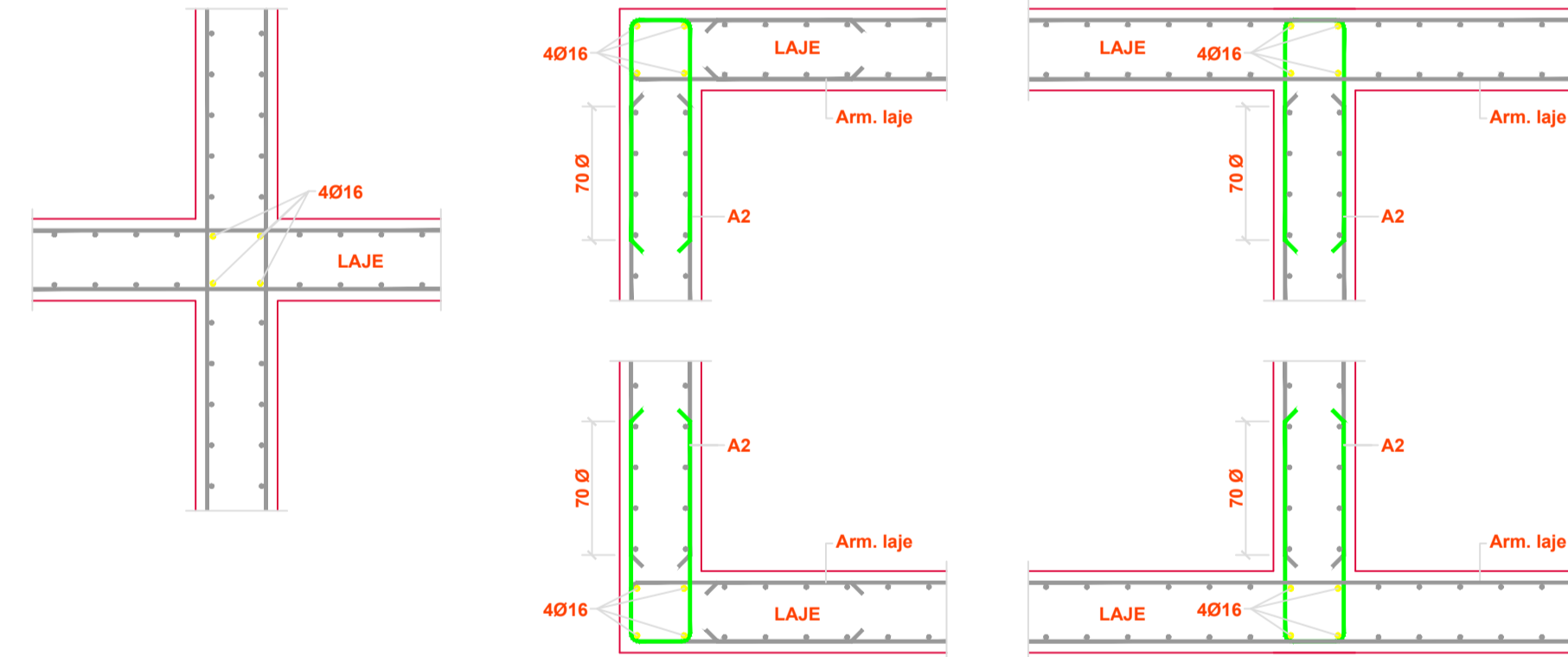


PAREDE DE CONTENÇÃO INTERCEPÇÃO TIPO 1 (PLANTA)
Escala 1/20

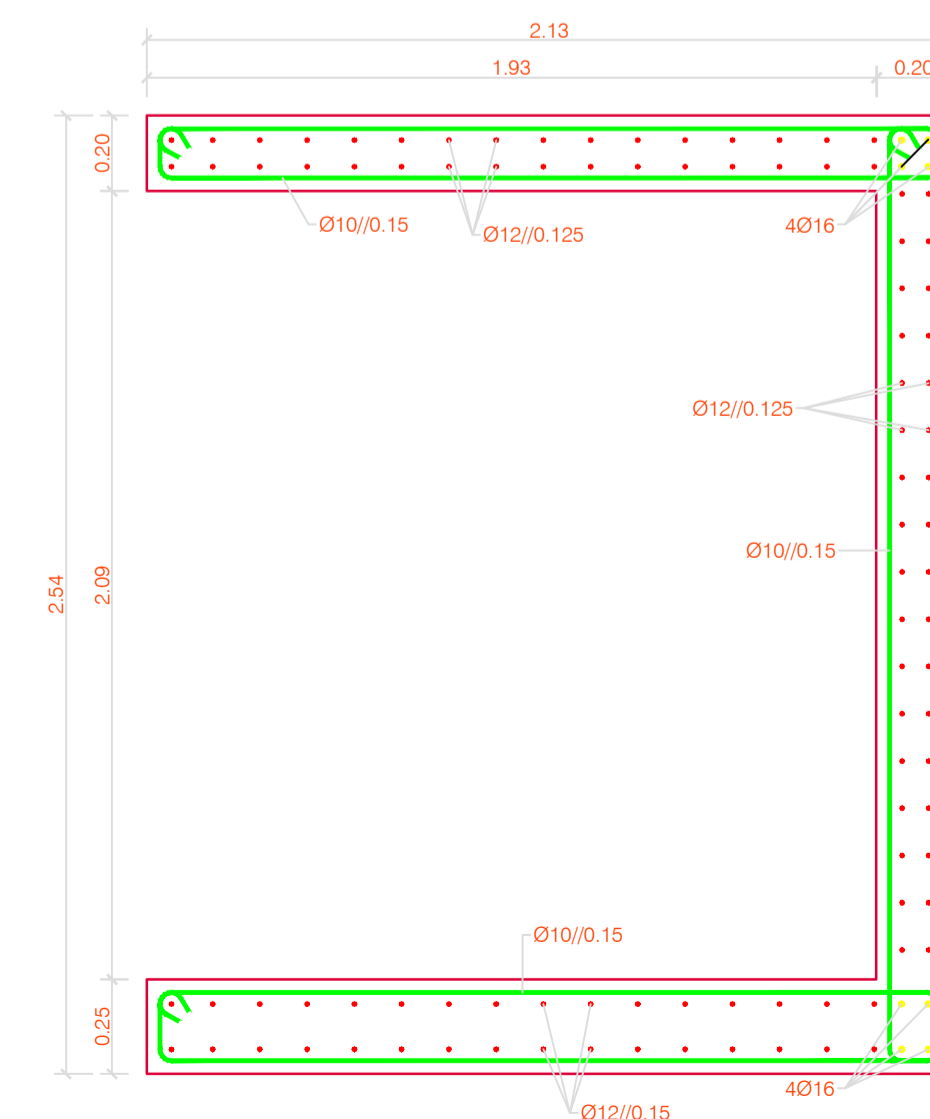


PAREDE DE CONTENÇÃO INTERCEPÇÃO TIPO 2 (PLANTA)
Escala 1/20

PAREDE - CORTES TIPO INTERSECÇÃO COM LAJE
Escala 1/20



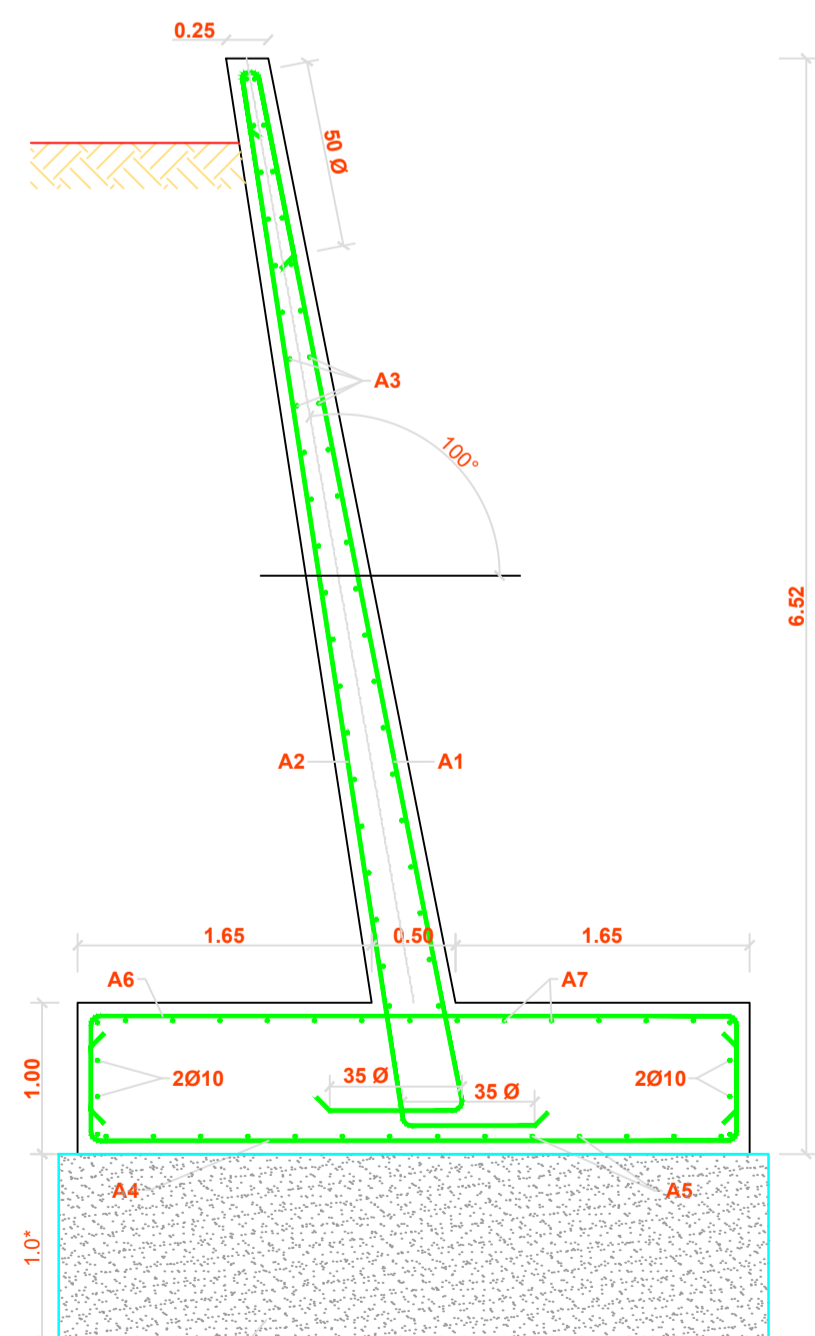
NÚCLEO 1.1
Escala 1/20



NOTA IMPORTANTE:
Consultar dimensões da sapata na planta de fundações e quadro de sapatas.

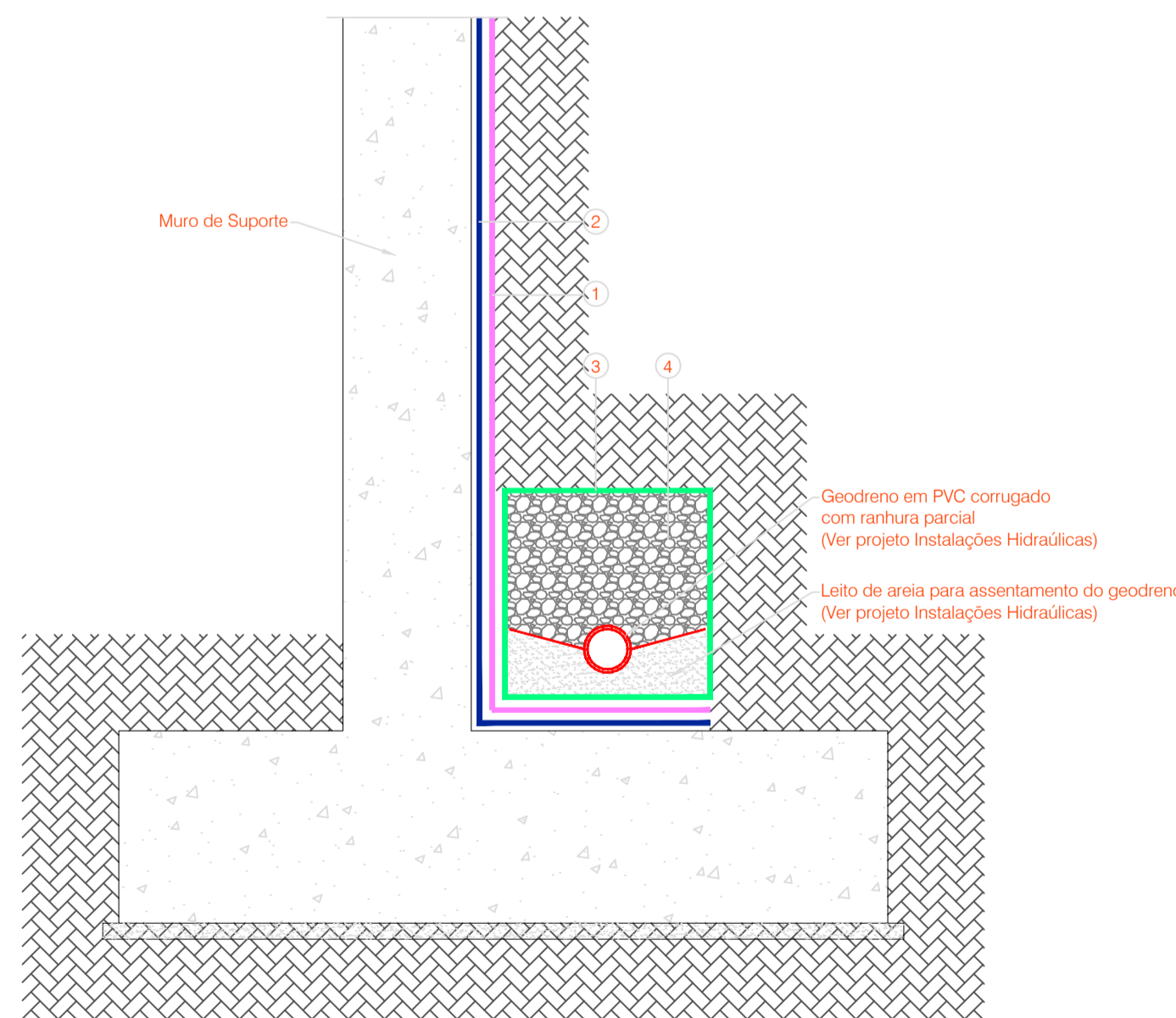
QUADRO DE MUROS DE SUORTE
Escala 1/20

MURO	GEOMETRIA					ARMADURAS							
	Htot (m)	E (m)	A (m)	B (m)	H (m)	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	
Ms1.4	Ver corte					1.00	Ø12/0.125	Ø16/0.125	Ø12/0.15	Ø16/0.125	Ø12/0.125	Ø16/0.125	Ø12/0.125



MURO Ms1.1 - CORTE TIPO
Escala 1/20

Nota: * Profundidade do betão de enchimento a confirmar em obra



LEGENDA	
	1 - Manta Betónica do tipo Voltex da Cetco ou equivalente
	2 - Membrana drenante (consultar projecto de Arquitectura);
	3 - Geotêxtil de separação não tecido (consultar projecto de Instalações Hidráulicas);
	4 - Camada drenante (consultar projecto de Instalações Hidráulicas).

PORMENOR DE DRENAGEM E IMPERMEABILIZAÇÃO DE MUROS DE SUORTE
s/escala

MATERIAIS ESTRUTURAIS

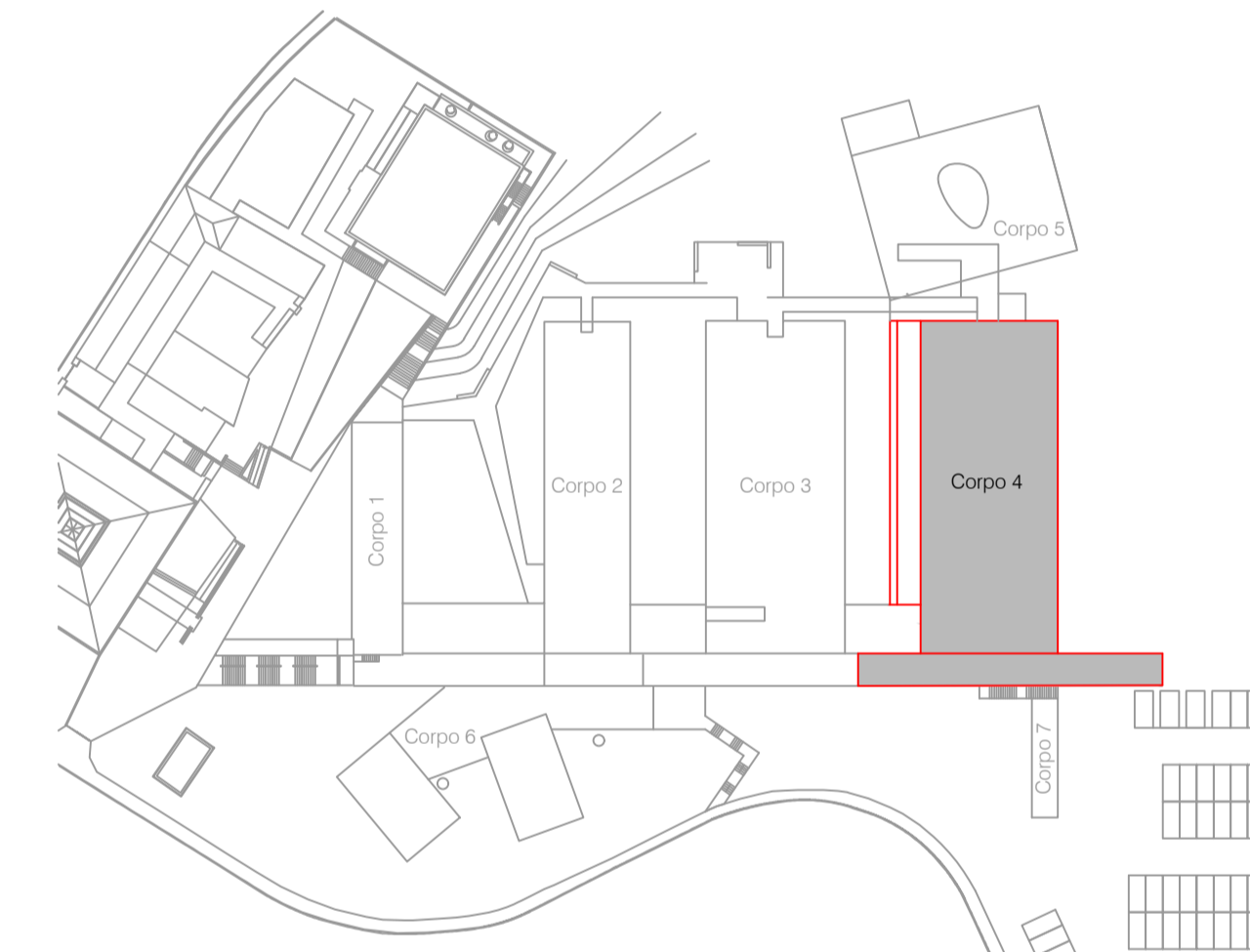
Betão :
Betão de limpeza - C12/15
Fundações, elementos enterrados e pavimentos térreos - C30/37 - XA1 e XC2
Restantes elementos estruturais - C30/37 - XC4

Aço :
Aço em varão - A500 NR
Redes electrossoldadas - A500 ER
Aço em perfis e chapas - S275

Soldadura :
Caso nada seja especificado, deve ser usado um cordão (de ângulo) geral de soldadura em S355 ou superior em toda a periferia das superfícies em contacto com espessura a=0.7 x menor espessura das chapas a soldar.

RECOBRIMENTO DE ARMADURAS

Elementos de fundação - 50 mm
Em lajes e paredes - 35 mm
Restantes elementos estruturais - 40 mm



			PROJETOU	DESENHOU	APROVOU
REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO	PROJETOU	DESENHOU	APROVOU
PROJETO				DATA	FASE PROJETO
Instalações da Escola Superior de Tecnologia e Gestão				21.08.2022	EXE
Instituto Politécnico do Porto					
MORADA					
Rua do Curral - Margaride, 4610 - 156 Felgueiras					
ESPECIALIDADE					
Estruturas					
DESENHOS	ESCALA	DESENHO Nº	REVISÃO Nº		
Quadro de paredes	1:20	07	00		
Quadro de paredes de contenção					
Quadro de muros de suporte					
NOME DO DESENHO					
EST - 07 - EXE					
DESENHO	APROVOU	VERIFICOU			
Daniel Magalhães					

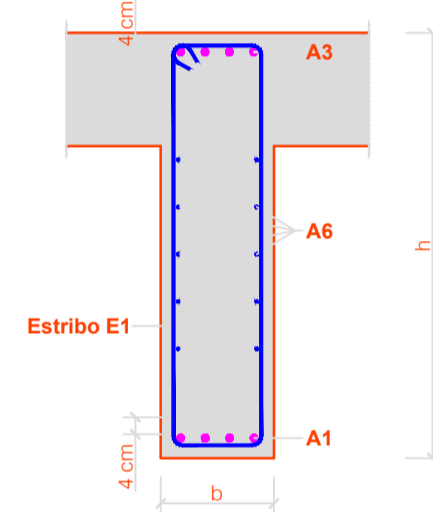


QUADRO DE VIGAS							
VIGA	GEOMETRIA		ARMADURAS				OBSERVAÇÕES
	b (m)	h (m)	A1	A3	A6	E1	
V1	0.20	2.52	3Ø20	2Ø16	Ø8//0.15	Ø8//0.25 (2R)	-
V2	0.20	2.32	3Ø20	3Ø20	Ø8//0.15	Ø8//0.25 (2R)	Viga com espessamento interior para acomodar caixa de estore - ver corte tipo.
V3	0.20	1.00	3Ø16	3Ø16	Ø8//0.15	Ø8//0.25 (2R)	-
V4	0.20	1.00	3Ø20	2Ø16	Ø8//0.15	Ø8//0.25 (2R)	-
V5	0.20	0.80	3Ø20	3Ø20	Ø8//0.15	Ø8//0.175 (2R)	-
V6	0.20	1.00	3Ø20	3Ø20	Ø8//0.15	Ø8//0.175 (2R)	-
V7	0.20	0.80	3Ø16	3Ø16	Ø8//0.15	Ø8//0.25 (2R)	-
V8	0.20	2.65	3Ø20	2Ø16	Ø8//0.15	Ø8//0.25 (2R)	Viga com espessamento interior para acomodar caixa de estore - ver corte tipo.
V9	0.20	1.00	3Ø16	2Ø16	Ø8//0.15	Ø8//0.25 (2R)	-
V10	0.20	0.80	3Ø16	2Ø16	Ø8//0.15	Ø8//0.25 (2R)	-

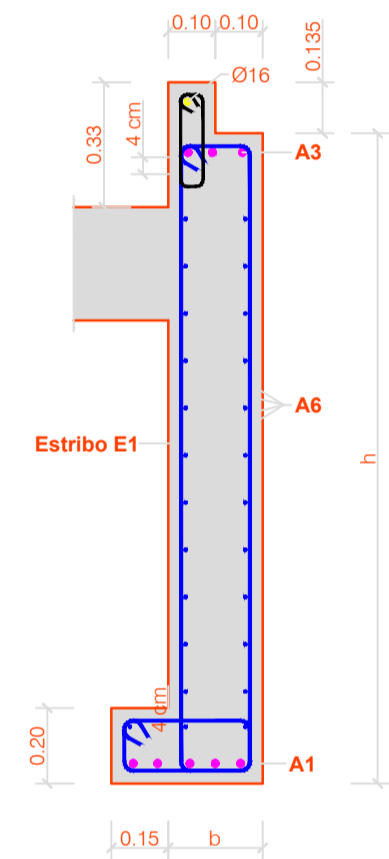
NOTA:
As armaduras tipo A1 e A3 só deverão ser colocadas em 2ª camada se não for possível coloca-las na 1ª camada de modo a cumprir o espaçamento mínimo entre varões.

MATERIAIS ESTRUTURAIS	
Betão : Betão de limpeza Fundações, elementos enterrados e pavimentos térreos Restantes elementos estruturais	- C12/15 - C30/37 - XA1 e XC2 - C30/37 - XC4
Aço : Aço em varão Redes electrossoldadas Aço em perfis e chapas	- A500 NR - A500 ER - S275
Soldadura :	
Caso nada seja especificado, deve ser usado um cordão (de ângulo) geral de soldadura em S355 ou superior em toda a periferia das superfícies em contacto com espessura a=0.7 x menor espessura das chapas a soldar.	
RECOBRIMENTO DE ARMADURAS	
Elementos de fundação Em lajes e paredes Restantes elementos estruturais	- 50 mm - 35 mm - 40 mm

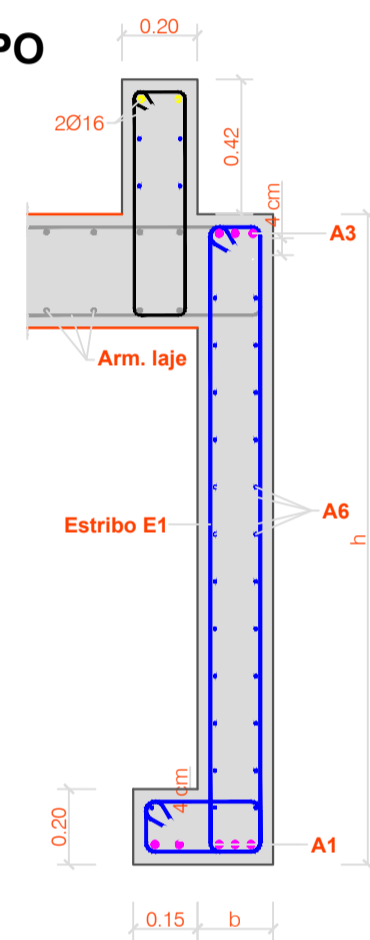
VIGA CORTE TIPO S/Escala



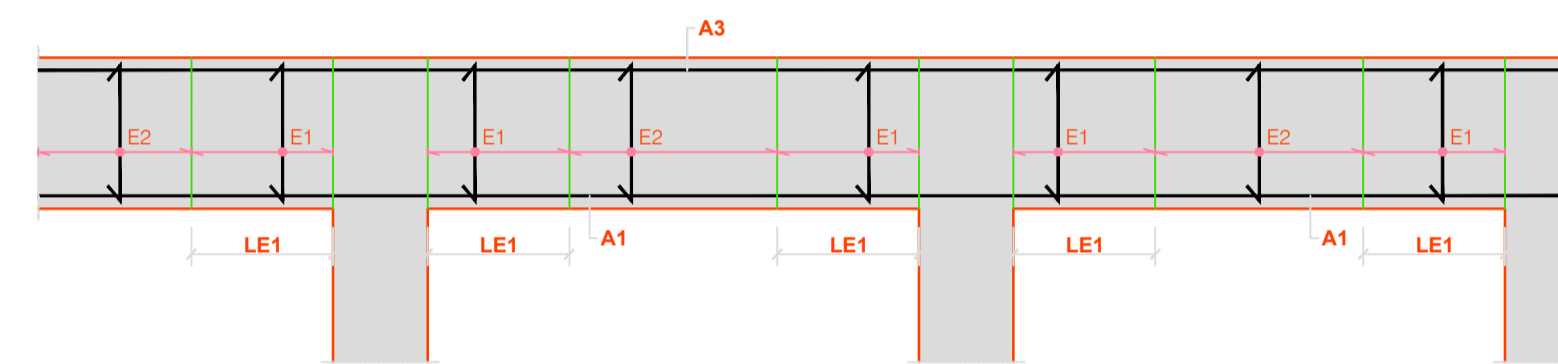
V8 - VIGA COM ESPESSAMENTO INFERIOR PARA CAIXA DE ESTORE COBERTURA CORTE TIPO S/Escala



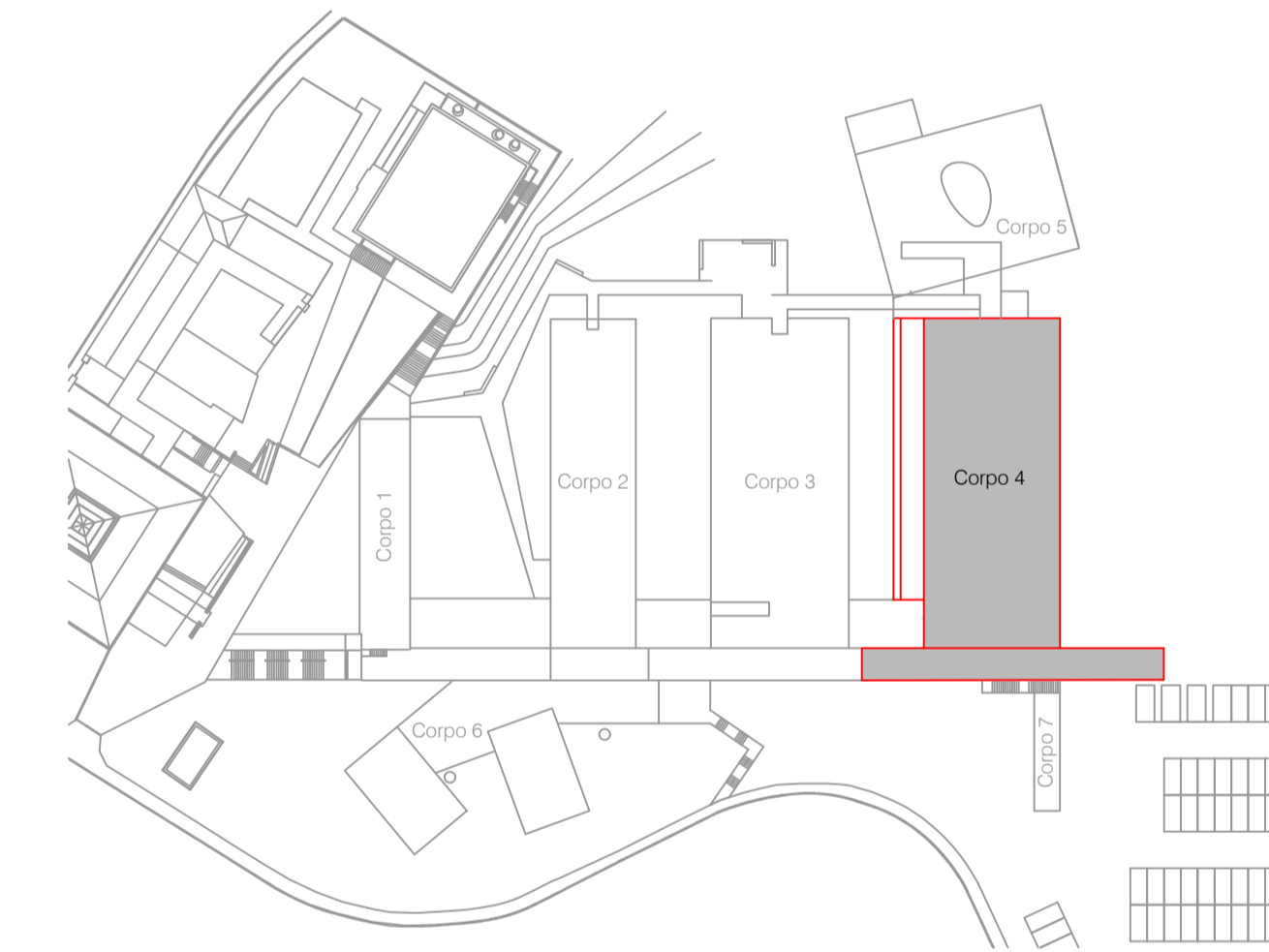
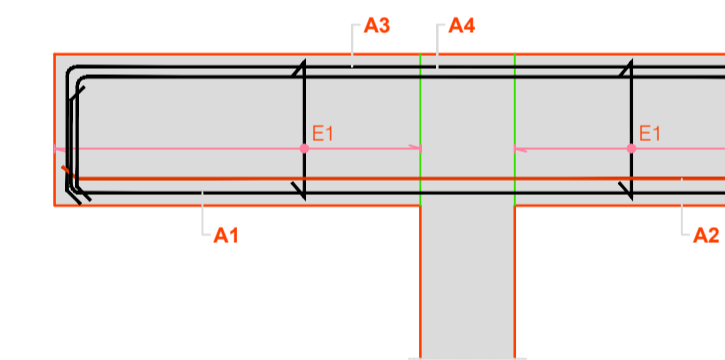
V2 - VIGA COM ESPESSAMENTO INFERIOR PARA CAIXA DE ESTORE PISO 0 CORTE TIPO S/Escala



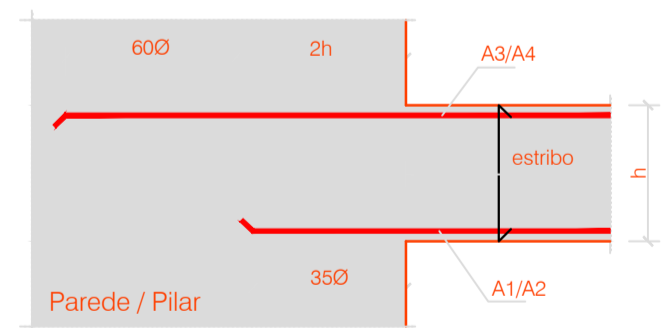
VIGA - ALÇADO TIPO S/Escala



VIGA - ALÇADO TIPO - CONSOLAS S/Escala

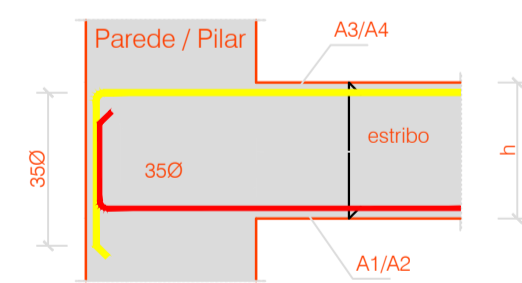


VIGA - AMARRAÇÃO TIPO 1 S/Escala



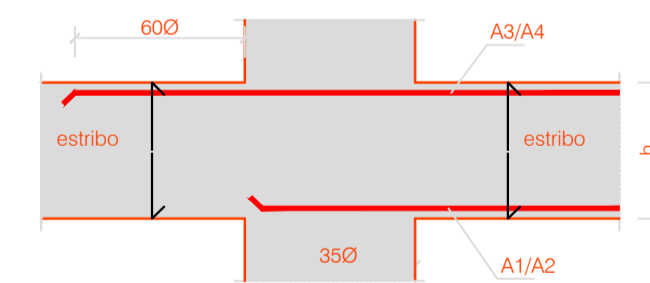
Ø - Diâmetro da secção da armadura que está a dobrar/amarrar

VIGA - AMARRAÇÃO TIPO 2 S/Escala



Ø - Diâmetro da secção da armadura que está a dobrar/amarrar

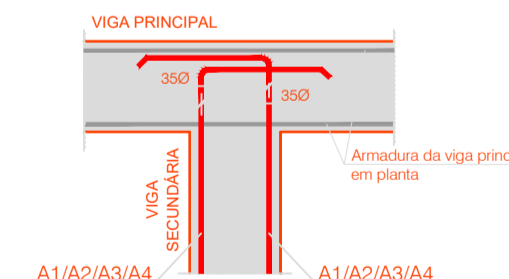
VIGA - AMARRAÇÃO TIPO 3 S/Escala



Ø - Diâmetro da secção da armadura que está a dobrar/amarrar

VIGA - AMARRAÇÃO TIPO 4 - PLANTA S/Escala

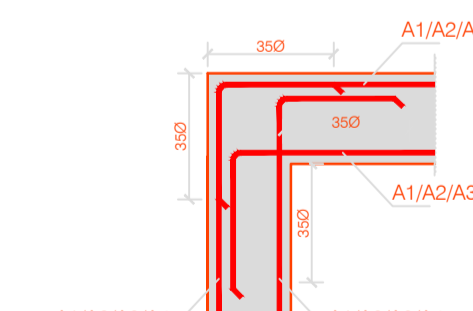
Pormenor de amarração da armadura longitudinal de uma viga secundária apoiada numa viga principal: a armadura longitudinal da viga secundária "dobra" para a principal (em planta), de acordo com o indicado no desenho seguinte:



Ø - Diâmetro da secção da armadura que está a dobrar/amarrar

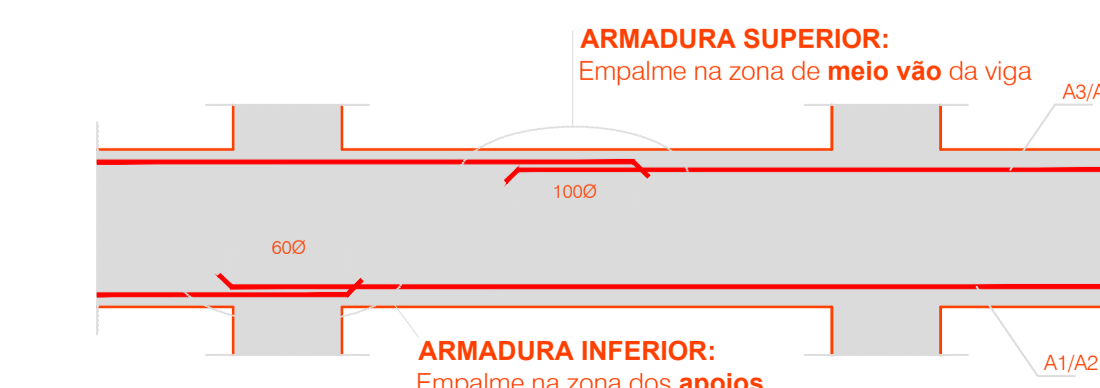
VIGA - AMARRAÇÃO TIPO 5 - PLANTA S/Escala

Pormenor de amarração das armaduras longitudinais de vigas que se interceptam em canto:



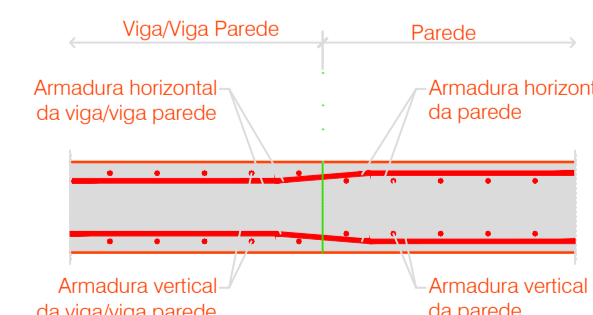
Ø - Diâmetro da secção da armadura que está a dobrar/amarrar

EMENDA DAS ARMADURAS LONGITUDINAIS DE VIGAS - CRITÉRIOS S/Escala



Ø - Diâmetro da secção da armadura que está a dobrar/amarrar

PORMENOR DA TRANSIÇÃO DAS ARMADURAS NA LIGAÇÃO DAS PAREDES ÀS VIGAS/VIGAS PAREDE - PLANTA S/Escala



VIGAS - NOMENCLATURA S/Escala

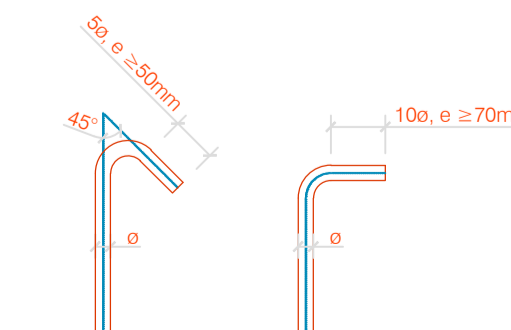
DESCRITIVO:

V 1 (0,20 x 0,80)
Largura = 0,20
Altura = 0,80
Número 1
Viga

ESTRIBOS:

Exemplo: Ø8 //0.15 (2R)
Ø8
0,15m

VIGAS - AMARRAÇÃO DOS ESTRIBOS S/Escala



REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO	PROJETOU	DESENHOU	APROVOU
PROJETO: Instalações da Escola Superior de Tecnologia e Gestão Instituto Politécnico do Porto			DATA: 21.08.2022	FASE PROJETO: EXE	
MORADA: Rua do Curral - Margaride, 4610 - 156 Felgueiras					
ESPECIALIDADE: Estruturas					
DESENHOS: Quadro de vigas Pormenores tipo	ESCALA: s/escala	DESENHO Nº: 08	REVISÃO Nº: 00		
NOME DO DESENHO: EST - 08 - EXE					
DESENHO: Daniel Magalhães	APROVOU: -	VERIFICOU: -			



MATERIAIS ESTRUTURAIS

Betão :
 Betão de limpeza - C12/15
 Fundações, elementos enterrados e pavimentos térrcos - C30/37 - XA1 e XC2
 Restantes elementos estruturais - C30/37 - XC4

Aço :
 Aço em varão - A500 NR
 Redes electrossoldadas - A500 ER
 Aço em perfis e chapas - S275

Soldadura :
 Caso nada seja especificado, deve ser usado um cordão (de ângulo) geral de soldadura em S355 ou superior em toda a periferia das superfícies em contacto com espessura $a=0.7 \times$ menor espessura das chapas a soldar.

RECOBRIMENTO DE ARMADURAS

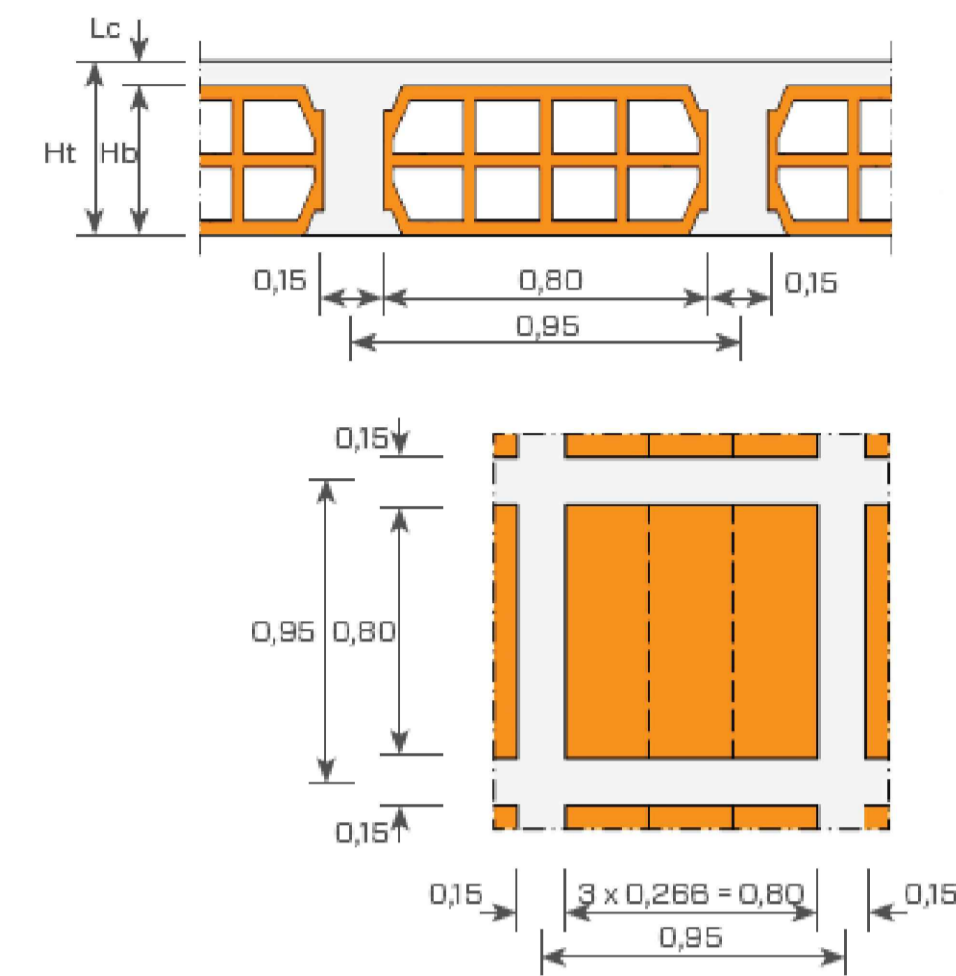
Elementos de fundação - 50 mm
 Em lajes e paredes - 35 mm
 Restantes elementos estruturais - 40 mm

NOTAS:
 • Nas zonas onde não estiver indicada armadura inferior, deverá ser colocada Ø10/0.125 (nas duas direcções), devidamente empalmada com a armadura existente.

LAJE FUNGIFORME
QUADRO DE NERVURAS

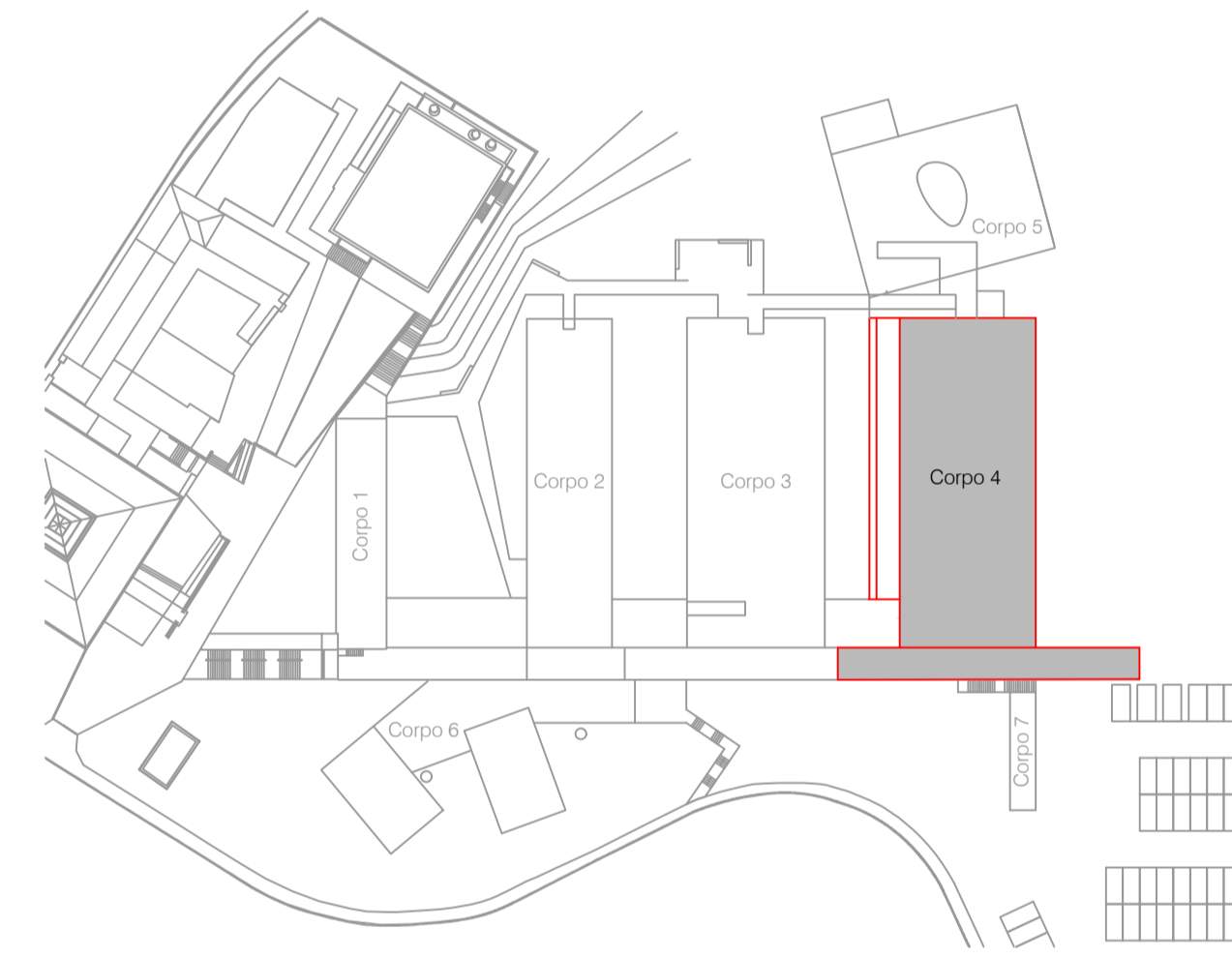
Viga Nervura	Armadura Longitudinal (As)	Estribos	
		Zona corrente	Zona de reforço
N1	2Ø12	Ø6/0.25	Ø6/0.125
N2	2Ø16	Ø6/0.25	Ø6/0.125
N3	2Ø20	Ø8/0.25	Ø8/0.125
N4	2Ø25	Ø8/0.25	Ø8/0.125

SECÇÃO TIPO DAS NERVURAS DA LAJE ALIGEIRADA LAccob
 Em toda a extensão das nervuras da laje aligeirada, deverão ser colocados estribos de acordo com o quadro de nervuras e as zonas reforçadas indicadas na planta de armaduras inferiores.

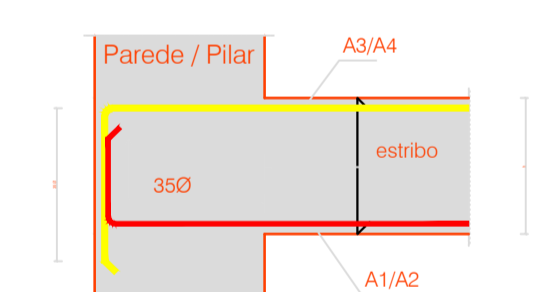


CARACTERÍSTICAS DA LAJE NERVURADA

Bloco	Ht	Hb	Lc	Largura da nervura	Volume de betão	Peso próprio da laje
	cm	cm	cm	cm	m³/m²	kNm²
FF 80/25	35,0	25,0	10,0	15,0	0,127	4,00

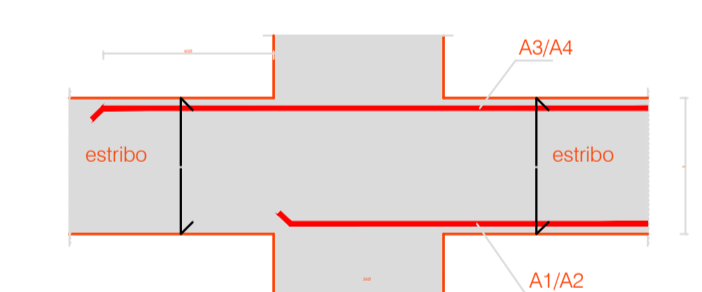


AMARRAÇÃO TIPO 2
S/Escala

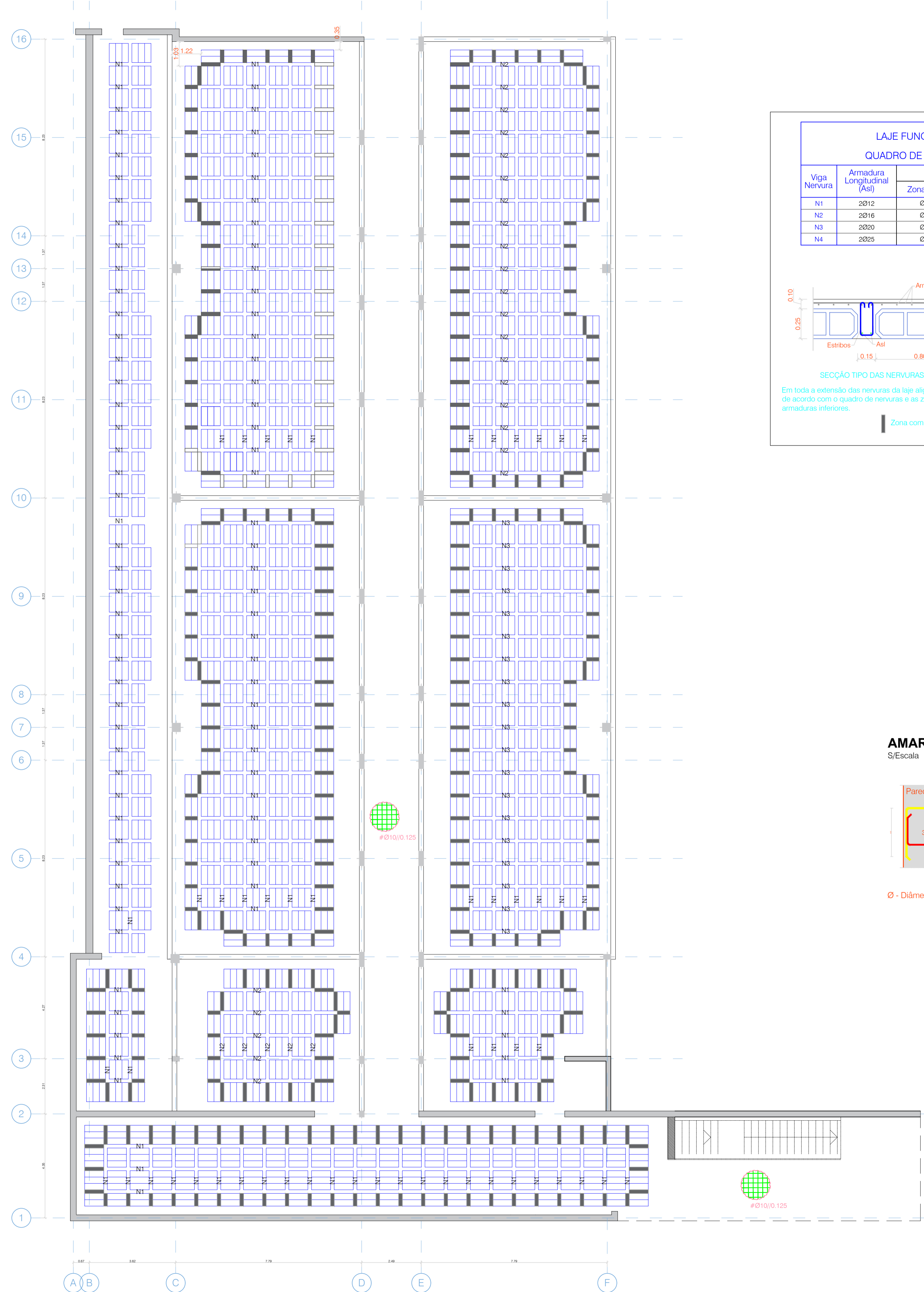


Ø - Diâmetro da secção da armadura que está a dobrar/amarrar

AMARRAÇÃO TIPO 3
S/Escala



Ø - Diâmetro da secção da armadura que está a dobrar/amarrar



PLANTA ESTRUTURAL PISO 1 - ARMADURAS INFERIORES

REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO	PROJETOU	DESENHOU	APROVOU
PROJETO: Instalações da Escola Superior de Tecnologia e Gestão Instituto Politécnico do Porto			DATA: 21.08.2022	FASE PROJETO: EXE	
MORADA: Rua do Curral - Margaride, 4610 - 156 Felgueiras					
ESPECIALIDADE: Estruturas					
DESENHOS: Planta estrutural do piso 1		ESCALA: 1:100	DESENHO Nº: 09	REVISÃO Nº: 00	
NOME DO DESENHO: EST - 09 - EXE					
DESENHO: Daniel Magalhães		APROVOU: -	VERIFICOU: -		



MATERIAIS ESTRUTURAIS

Betão :
 Betão de limpeza - C12/15
 Fundações, elementos enterrados e pavimentos térreos - C30/37 - XA1 e XC2
 Restantes elementos estruturais - C30/37 - XC4

Aço :
 Aço em varão - A500 NR
 Redes electrossoldadas - A500 ER
 Aço em perfis e chapas - S275

Soldadura :
 Caso nada seja especificado, deve ser usado um cordão (de ângulo) geral de soldadura em S355 ou superior em toda a periferia das superfícies em contacto com espessura $a=0.7$ x menor espessura das chapas a soldar.

RECOBRIMENTO DE ARMADURAS

Elementos de fundação - 50 mm
 Em lajes e paredes - 35 mm
 Restantes elementos estruturais - 40 mm

NOTAS:

- Nas zonas onde não estiver indicada armadura inferior, deverá ser colocada Ø10/0.125 (nas duas direcções), devidamente empalmada com a armadura existente.

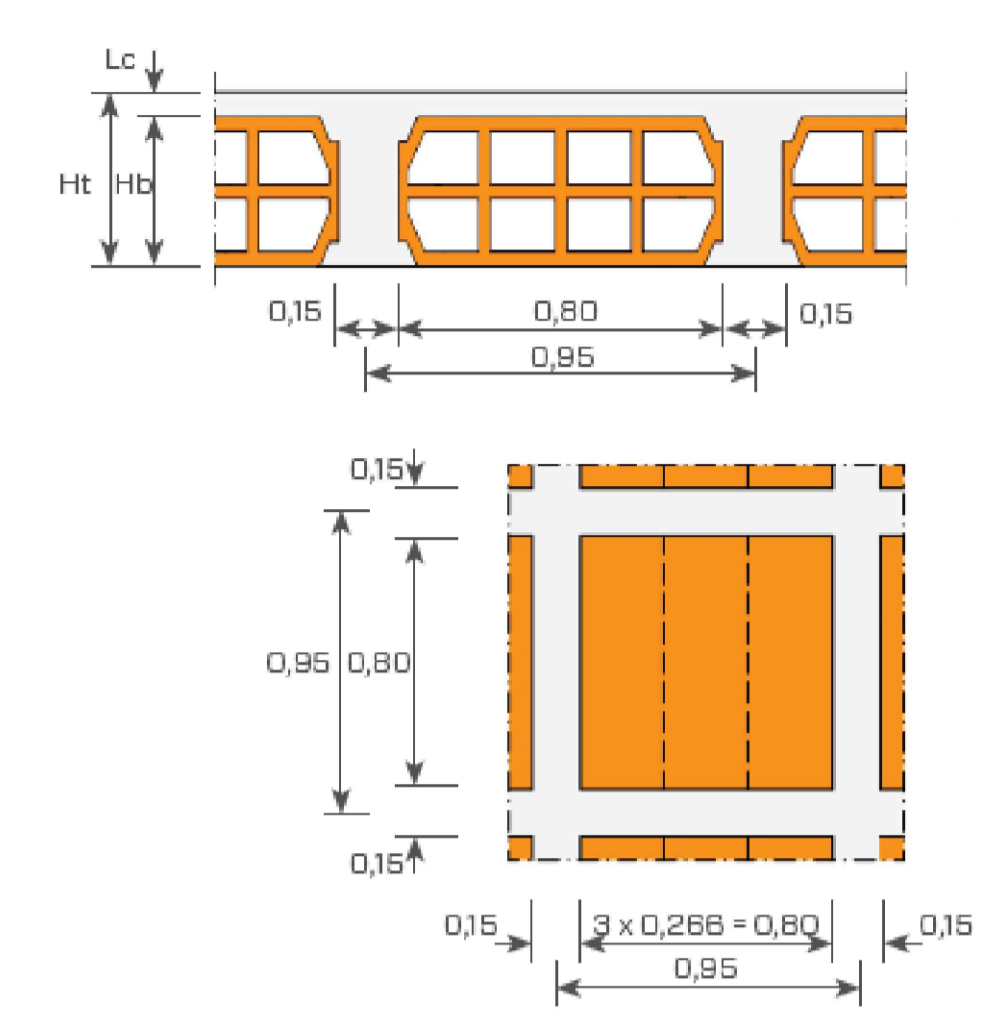
LAJE FUNGIFORME
QUADRO DE NERVURAS

Viga Nervura	Armadura Longitudinal (As)	Estribos	
		Zona corrente	Zona de reforço
N1	2Ø12	Ø6/0.25	Ø6/0.125
N2	2Ø16	Ø6/0.25	Ø6/0.125
N3	2Ø20	Ø8/0.25	Ø8/0.125
N4	2Ø25	Ø8/0.25	Ø8/0.125

SECÇÃO TIPO DAS NERVURAS DA LAJE ALIGEIRADA LAcob

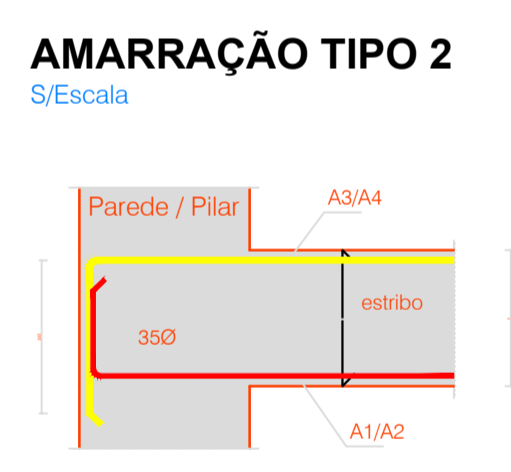
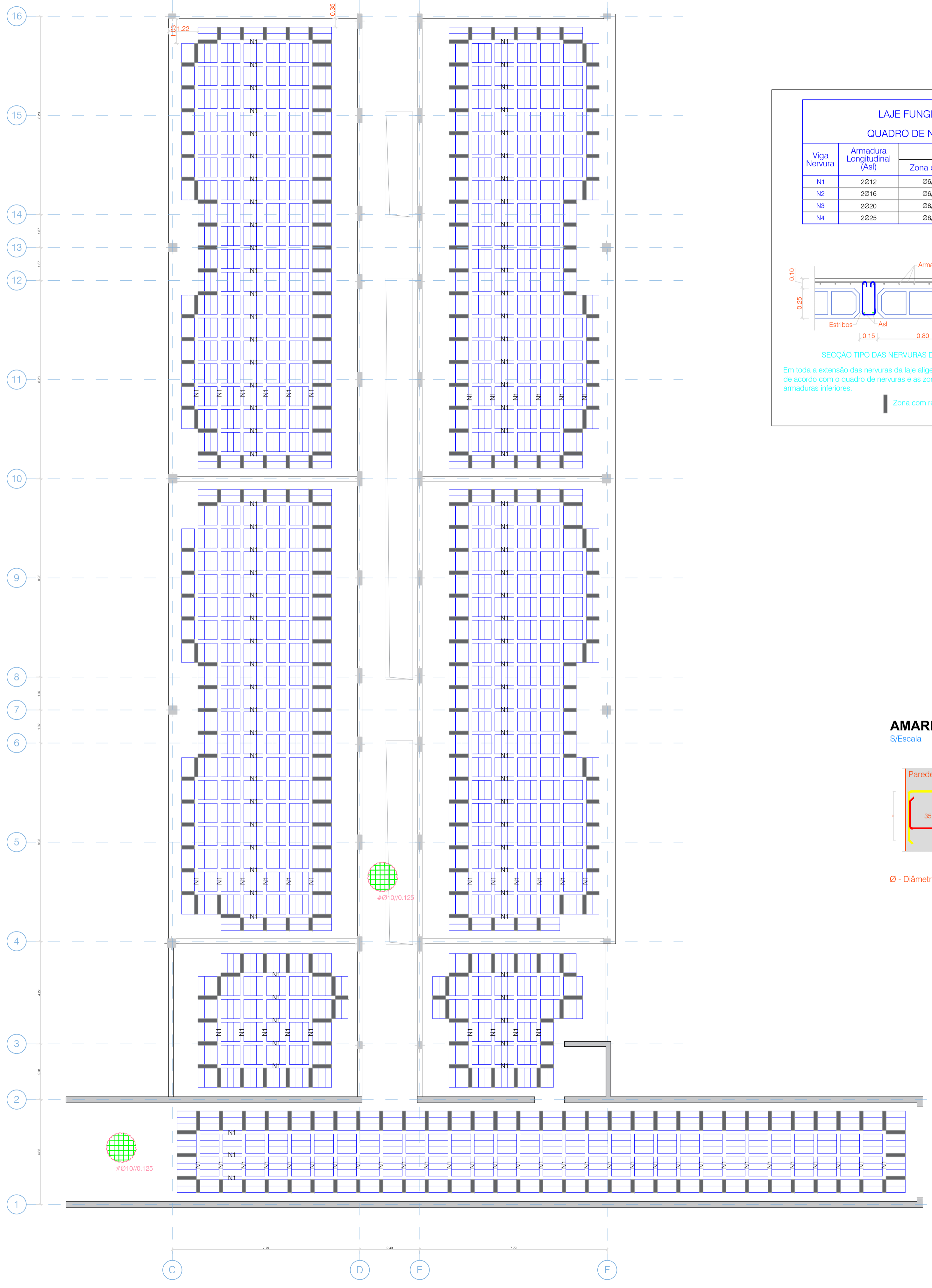
Em toda a extensão das nervuras da laje aligeirada, deverão ser colocados estribos de acordo com o quadro de nervuras e as zonas reforçadas indicadas na planta de armaduras inferiores.

Zona com reforço de estribos

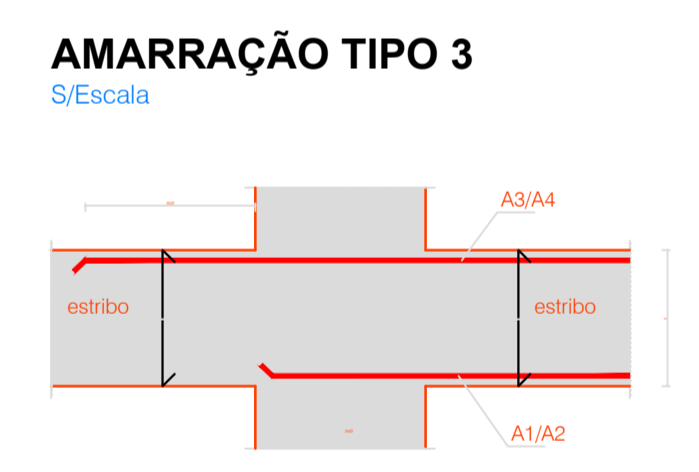


CARACTERÍSTICAS DA LAJE NERVURADA

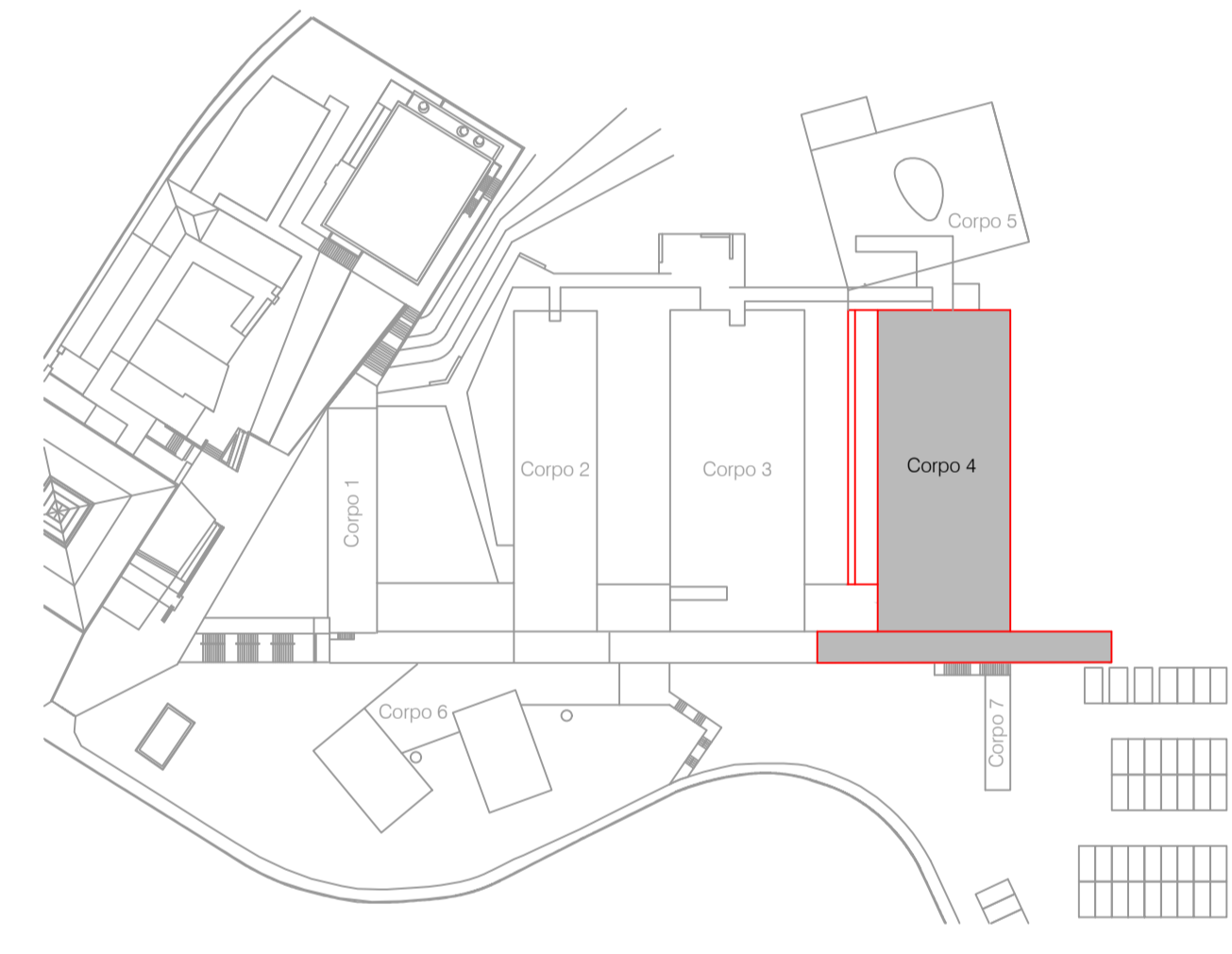
Bloco	Ht	Hb	Lc	Largura da nervura	Volume de betão	Peso próprio da laje
	cm	cm	cm	cm	m ³ /m ²	kN/m ²
FF Ø0,25	35,0	25,0	10,0	15,0	0,127	4,00



Ø - Diâmetro da secção da armadura que está a dobrar/amarrar



Ø - Diâmetro da secção da armadura que está a dobrar/amarrar



PLANTA ESTRUTURAL COBERTURA - ARMADURAS INFERIORES

REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO	PROJETO	DESENHO	APROVOU

PROJETO	Instalações da Escola Superior de Tecnologia e Gestão	DATA	21.08.2022	FASE PROJETO	EXE
Instituto Politécnico do Porto					
MORADA Rua do Curral - Margaride, 4610 - 156 Felgueiras					
ESPECIALIDADE Estruturas					
DESENHOS	ESCALA	DESENHO Nº	REVISÃO Nº		
Planta estrutural da cobertura	1:100	10	00		
NOME DO DESENHO EST - 10 - EXE					
DESENHO	APROVOU	VERIFICOU			
Daniel Magalhães	-	-			



ANEXO 5 - RELATÓRIO GEOTÉCNICO: SONDAGENS S4 E S5

• Os materiais são então referidos a seis classes distintas (W1 a W6), de acordo com o menor ou maior grau de alteração que apresentam, respectivamente.

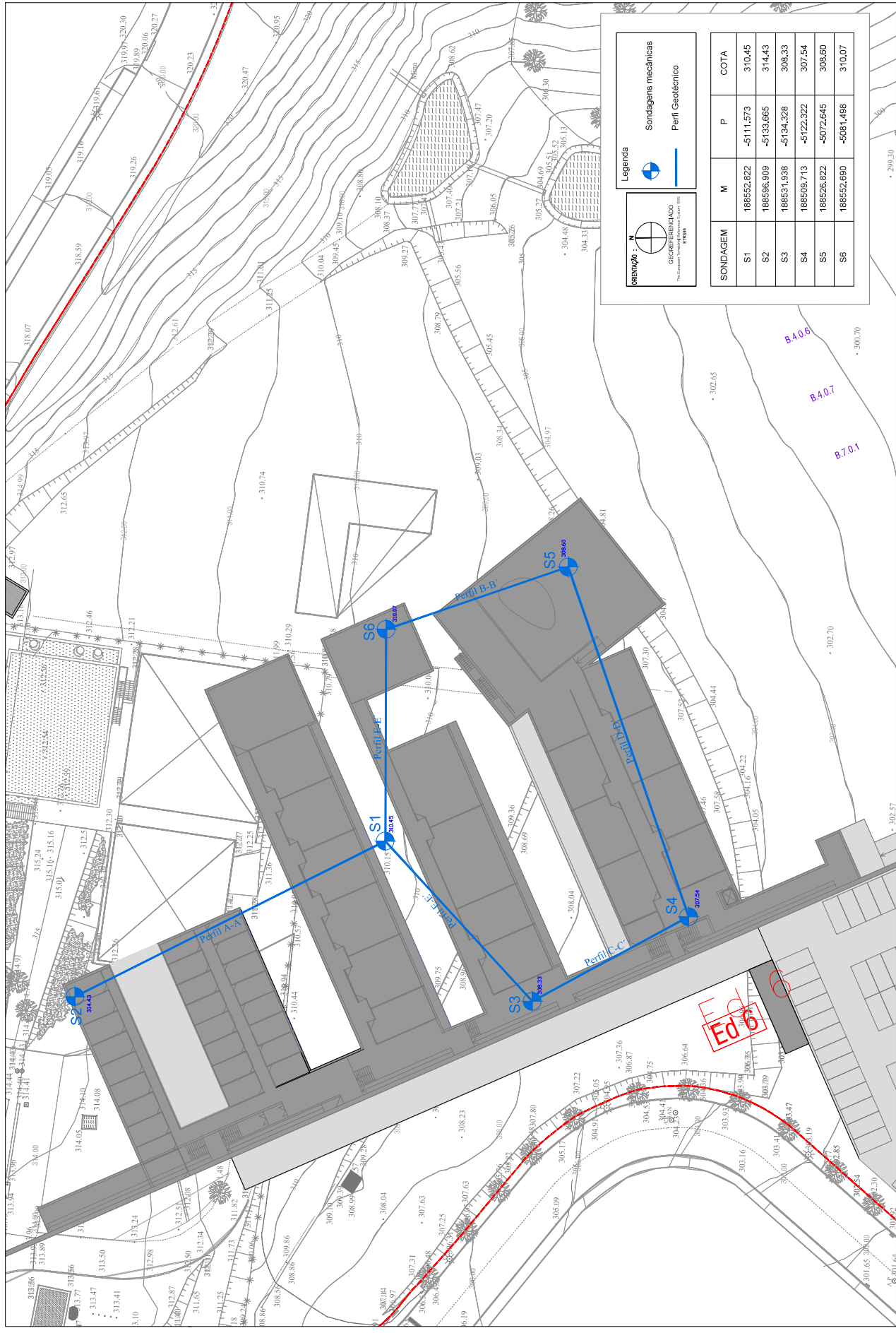
Os graus de alteração W5 e W6 referem-se a solos, os restantes correspondem ao corpo lítico (rocha) propriamente dito.

Quadro 12- Parâmetro “Alteração” (Classificação S.I.M.R.)

Grau	Designação	Características Principais	S.I.M.R.
VI	Solos	A textura da rocha não é reconhecível, as zonas mais superficiais contêm húmus e raízes de plantas. Instável em taludes quando a cobertura é destruída.	W6
V	Rocha completamente alterada	A rocha está completamente decomposta pela alteração in -situ, mas a textura original é ainda visível. Quando a rocha-mãe é o granito, os feldspatos originais estão completamente alterados em minerais de argila, não sendo recuperada como testemunho de sondagem em por rotação normal. Pode ser escavada à mão. Não pode ser utilizada como fundação de barragens de betão ou de grandes estruturas. É possível empregar-se como fundação de barragens de aterro e como aterro. É instável em cortes muito altos e abruptos. Requer protecção contra a erosão.	W5
IV	Rocha muito alterada	A rocha está tão enfraquecida que mesmo grandes fragmentos são facilmente partidos ou esmigalhados à mão. Por vezes é recuperada como testemunho de sondagem em furos à rotação executados cuidadosamente. Apresenta coloração devida à limonite. Contém menos de 50% de rocha.	W4
III	Rocha moderadamente alterada	Alteração considerável em toda a rocha. Possui alguma resistência: grandes fragmentos (testemunhos com diâmetro NX) não são partidos à mão. Muitas vezes apresenta coloração devida à limonite. A percentagem de rocha está compreendida entre 50 e 90%. É escavada com grande dificuldade sem a utilização de explosivos.	W3
II	Rocha pouco alterada	Distintamente alterada na maior parte da rocha e com alguma coloração devida à limonite. Nos granitos há alguma decomposição dos feldspatos. A resistência aproxima-se da rocha sã. Mais de 90% do material é rocha. Necessita de utilização de explosivos na escavação.	W2
I	Rocha sã	A rocha sã pode apresentar alguma coloração devida à limonite em diaclases imediatamente abaixo da rocha alterada.	W1

9. Parametrização e Zonamento Geotécnico

Com base nos resultados obtidos nos trabalhos de prospecção mecânica e ensaios *in situ*, foi efetuado um zonamento geotécnico, considerando uma perspectiva uniformizadora e geotecnicamente coerente e centrada no objetivo deste estudo.



CLIENTE:

GEONORTE
 GEOTECNIA E FUNDAÇÕES ESPECIAIS, LDA

PROJECTO: Eng.º Paulo Dinis

DESENHOU: Paulo Mendes

VERIFICOU: Eng.º Paulo Dinis

ESCALA: 1/500


DESIGNAÇÃO: INSTALAÇÕES DEFINITIVAS DA ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA E GESTÃO DE FELGUEIRAS

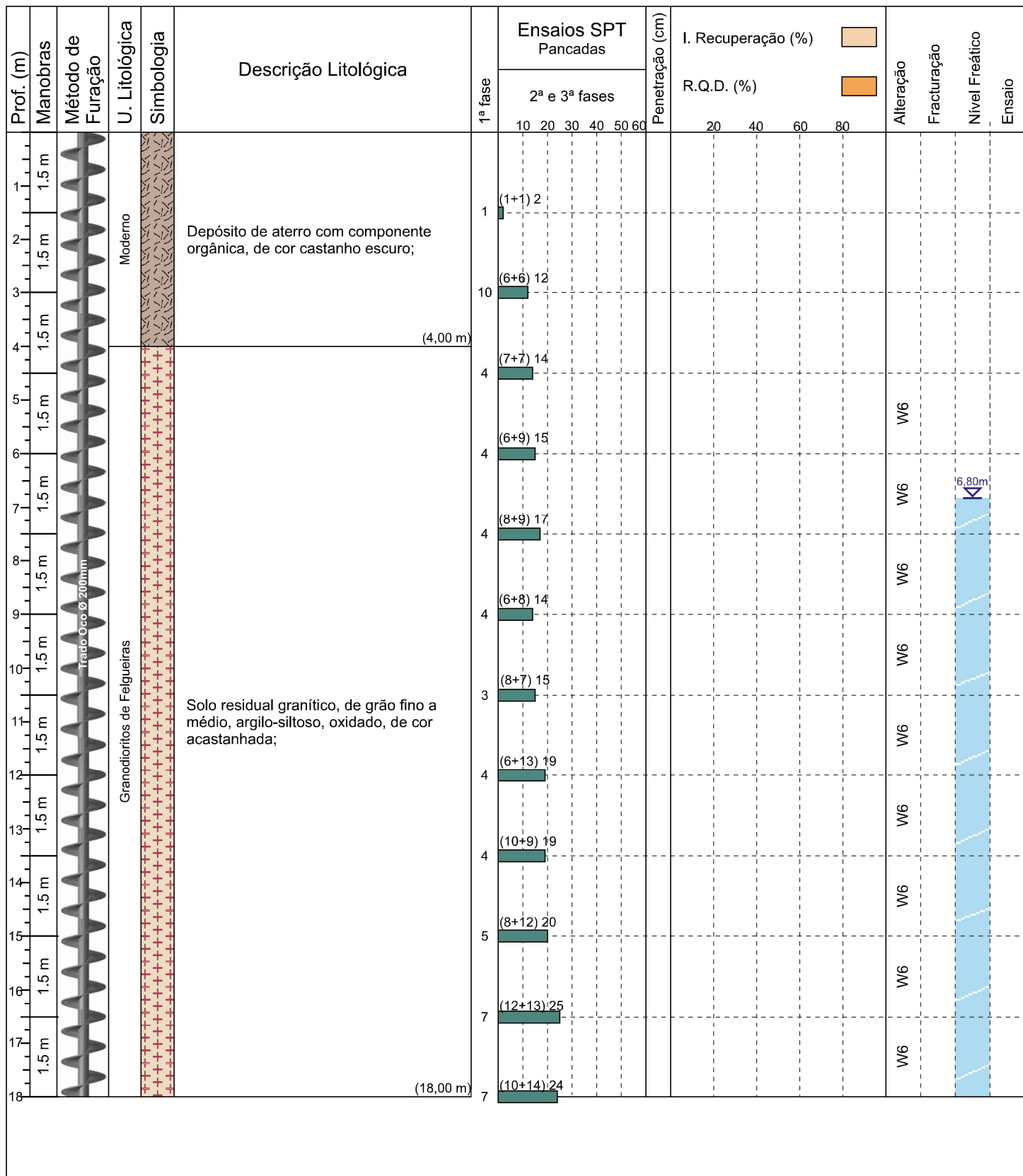
Planta de localização das sondagens

Desenho nº 01


DATA: 2020/03/20





635-PE-GEOR-01-R00

 GEONORTE GEOTECNIA E FUNDAÇÕES ESPECIAIS, LDA.	Sondagem Mecânica Escola superior de Tecnologia e Gestão de Felgueiras Instalações definitivas		Sondagem: S4
	Local: Felgueiras	Início da furação: 09-03-2020	
Inclinação da sondagem: Vertical	Comprimento da sondagem: 25,50 m	Coordenadas: X: Y:	
		Fim de furação: 09-03-2020	



Equipamento: Mustang 4F4	Sond./Chefe de equipa: Márcio Silva	Elaborado: Dr. Pedro Araújo	Verificado: Eng.º Paulo Dinis
--------------------------	-------------------------------------	-----------------------------	-------------------------------



 GEONORTE GEOTECNIA E FUNDAÇÕES ESPECIAIS, LDA.	Sondagem Mecânica		Sondagem: S4
	Escola superior de Tecnologia e Gestão de Felgueiras Instalações definitivas		Cliente: 
	Local: Felgueiras	Início da furação: 09-03-2020	
		Fim de furação: 09-03-2020	
Inclinação da sondagem: Vertical	Comprimento da sondagem: 25,50 m	Coordenadas: X: Y:	Cota aproximada: 307,54 m

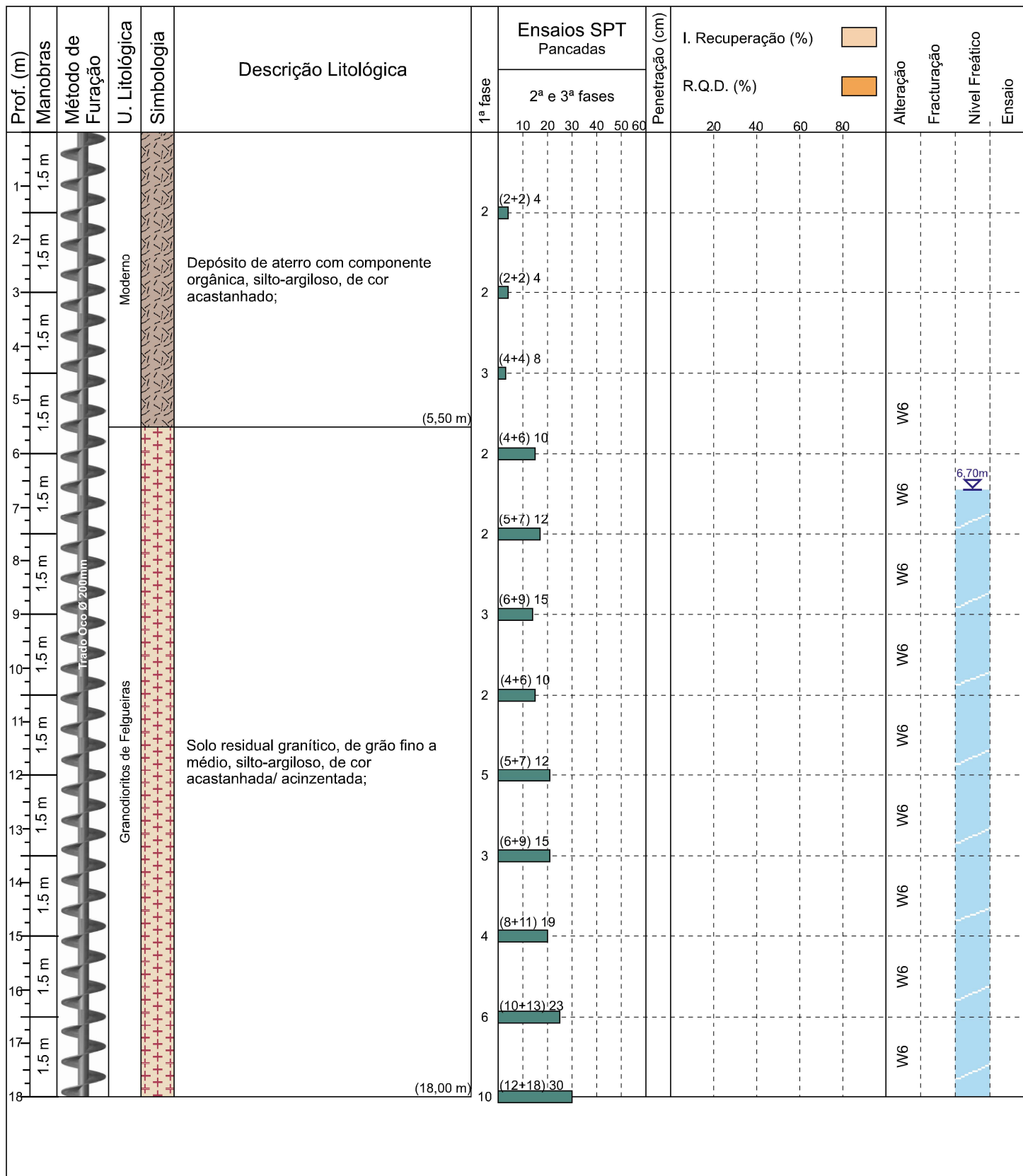
Prof. (m)	Manobras	Método de Furação	U. Litológica	Simbologia	Descrição Litológica	Ensaio SPT Pancadas		Penetração (cm)	I. Recuperação (%)		Alteração	Fracturação	Nível Freático	Ensaio
						1ª fase	2ª e 3ª fases							
19	1.5 m		Granodioritos de Felgueiras		Solo residual granítico, de grão fino a médio, argilo-siltoso, oxidado, de cor acastanhada;						W6			
20	1.5 m					7	(15+14) 29							
21	1.5 m					8	(11+16) 27							
22	1.5 m					7	(20+15) 35							
23	1.5 m						(23,50 m)							
24	1.5 m		9	(13+47) 60	27					W6-W5				
25	1.5 m		14	(28+32) 60	25					W5				
Fim da sondagem														

Observações:


Nível freático identificado aos 6,80 m de profundidade;

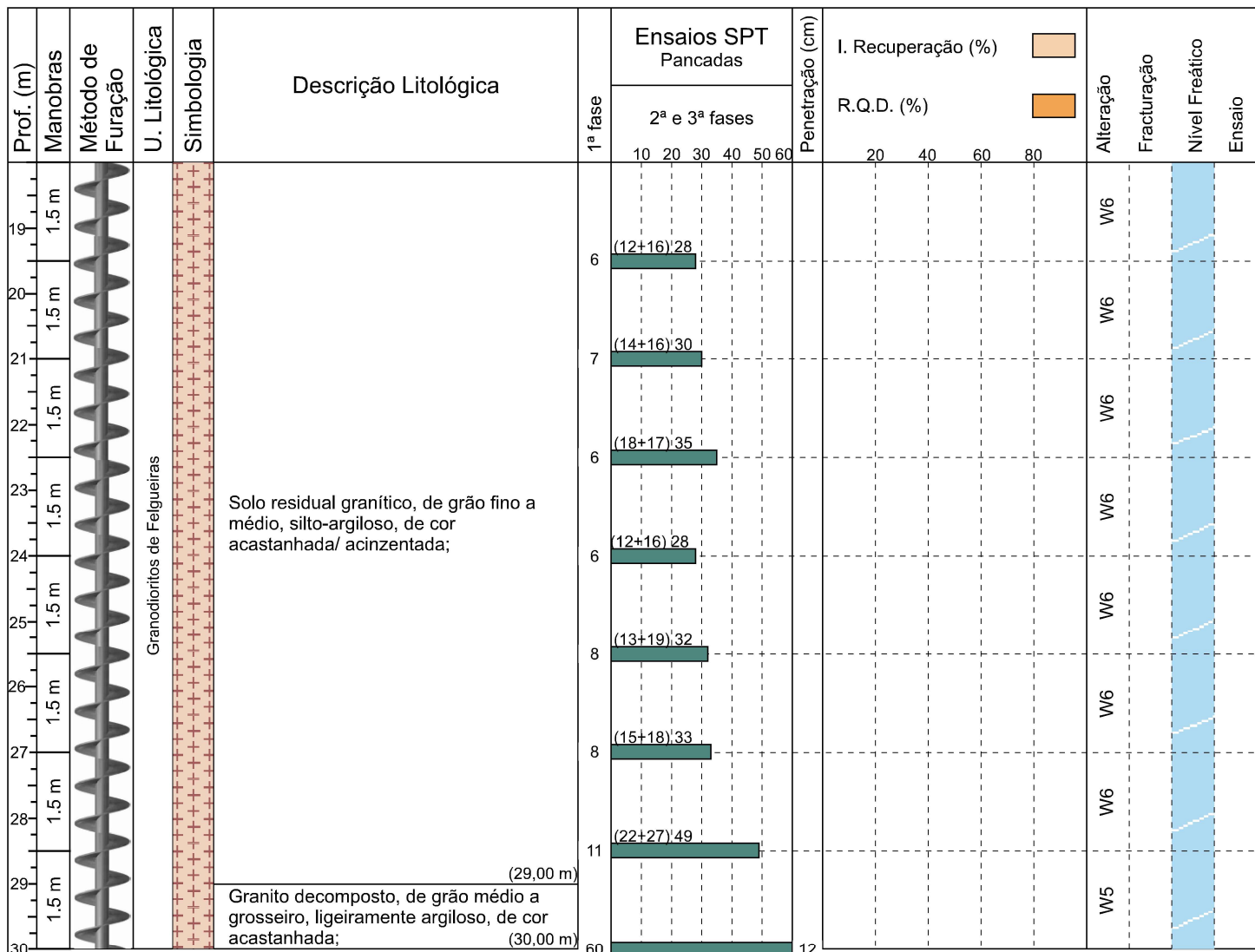
Equipamento: Mustang 4F4	Sond./Chefe de equipa: Márcio Silva	Elaborado: Dr. Pedro Araújo	Verificado: Eng.º Paulo Dinis
-----------------------------	--	--------------------------------	----------------------------------

 GEONORTE GEOTECNIA E FUNDAÇÕES ESPECIAIS, LDA.	Sondagem Mecânica		Sondagem: S5	
	Escola superior de Tecnologia e Gestão de Felgueiras Instalações definitivas		Cliente:	
	Local: Felgueiras	Início da furação: 04-03-2020		
		Fim de furação: 05-03-2020		
Inclinação da sondagem: Vertical	Comprimento da sondagem: 30,00 m	Coordenadas: X: Y:	Cota aproximada: 308,60 m	



Equipamento: Mustang 4F4	Sond./Chefe de equipa: Márcio Silva	Elaborado: Dr. Pedro Araújo	Verificado: Eng.º Paulo Dinis
--------------------------	-------------------------------------	-----------------------------	-------------------------------

 GEONORTE GEOTECNIA E FUNDAÇÕES ESPECIAIS, LDA.	Sondagem Mecânica		Sondagem: S5	
	Escola superior de Tecnologia e Gestão de Felgueiras Instalações definitivas		Cliente:	
Local: Felgueiras		Início da furação: 06-03-2020		
		Fim de furação: 09-03-2020		
Inclinação da sondagem: Vertical	Comprimento da sondagem: 30,00 m	Coordenadas: X: Y:		Cota aproximada: 307,54 m



Fim da sondagem

Observações:
 Nível freático identificado aos 6,70 m de profundidade;

Equipamento: Mustang 4F4	Sond./Chefe de equipa: Márcio Silva	Elaborado: Dr. Pedro Araújo	Verificado: Eng.º Paulo Dinis
-----------------------------	--	--------------------------------	----------------------------------

Perfil B-B'

L = 27,34 m



Sinais Convencionais

- Limite geológico-geotécnico
- ZG Zonamento geotécnico

PROSPEÇÃO GEOTÉCNICA

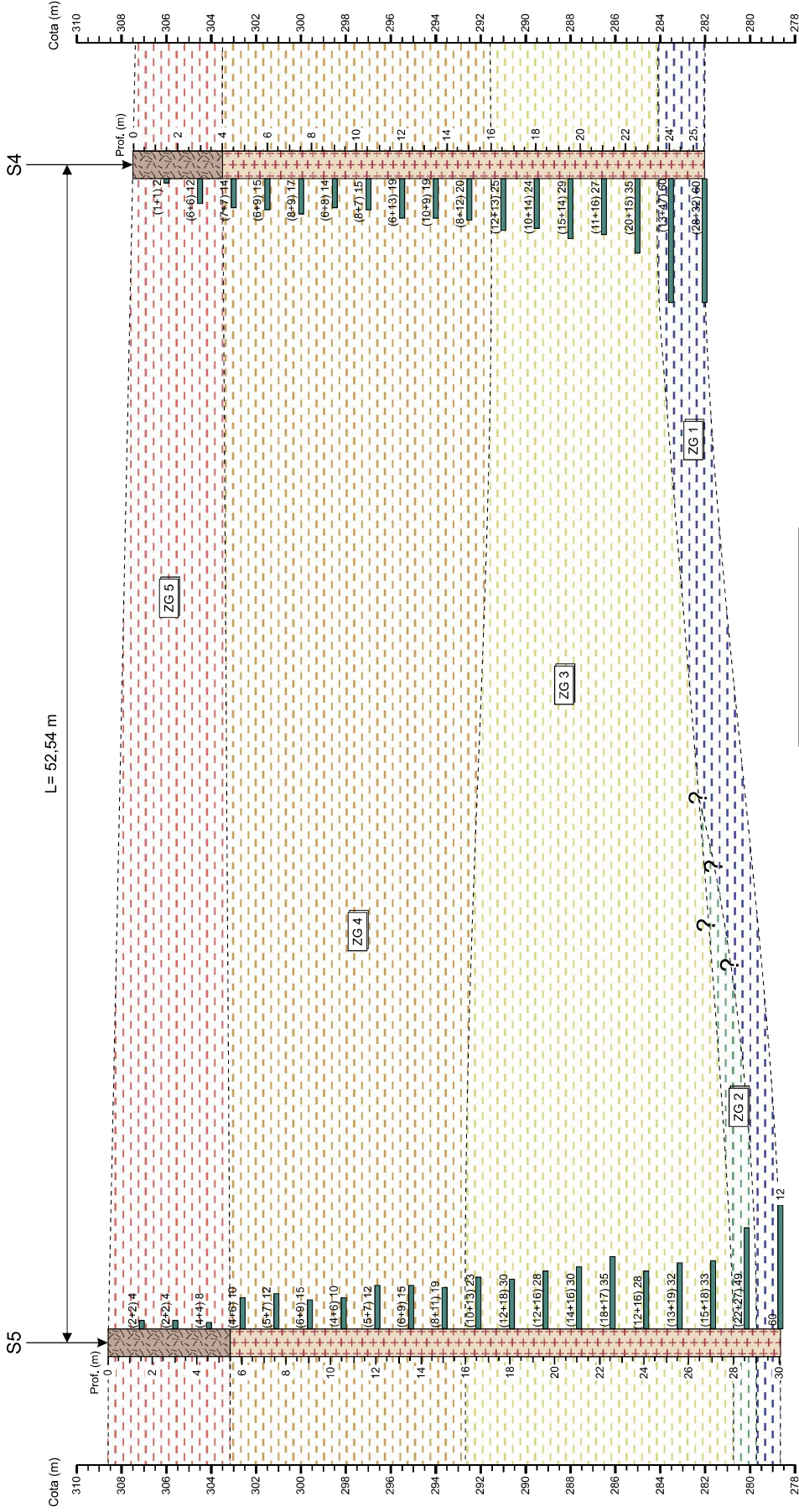
S Sondagem mecânica
 Superfície topográfica
 Nível Freático
 Valor de N_{SPT}
 % de Recuperação
 % de R.O.D.

Zonamento Geotécnico	Litologia
ZG5	Depósitos de cobertura (aterro, solos argilosos e areias de terraço);
ZG4	Solo residual granítico median. compacto ($10 \leq N_{SPT} \leq 20$);
ZG3	Solo residual granítico median. compacto a compacto ($21 \leq N_{SPT} \leq 35$);
ZG2	Solo residual granítico compacto ($36 \leq N_{SPT} \leq 50$);
ZG1	Granito decomposto e muito compacto ($N_{SPT} \geq 55$);

<p>Ref.: 635-PE-GEO-RE-00-R00</p> <p>Desenhou: Dr. Pedro Araújo</p> <p>Verificou: Eng. Paulo Dinis</p>	<p>Esc. V.: 1/200</p> <p>Esc. H.: 1/100</p>	<p>Escola superior de Tecnologia e Gestão de Felgueiras</p> <p>Instalações definitivas</p> <p>PERFIL GEOTÉCNICO</p>	<p>Desenho nº: 03</p> <p>Data: 20-03-2020</p>
	<p>GEONORTE GEOTECNIA E FUNDACOES ESPECIAIS, LDA.</p>		<p>P. PORTO</p>

Perfil D-D'

L = 52,54 m



Sinais Convencionais

- Limite geológico-geotécnico
- ZG Zonamento geotécnico

PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA

- S Sondagem mecânica
- Superfície topográfica
- Nível Freático
- Valor de N_{SPT}
- % de Recuperação
- % de R.C.D.

Zonamento Geotécnico	Litologia
ZG5	Depósitos de cobertura (aterro, solos argilosos e areias de terraço);
ZG4	Solo residual granítico median. compacto ($10 \leq N_{SPT} \leq 20$);
ZG3	Solo residual granítico median. compacto a compacto ($21 \leq N_{SPT} \leq 35$);
ZG2	Solo residual granítico compacto ($36 \leq N_{SPT} \leq 50$);
ZG1	Granito decomposto e muito compacto ($N_{SPT} \geq 55$);

GEONORTE GEOTECNIA E FUNDACOES ESPECIAIS, LDA.	Ref.: 635-PE-GEO-RE-00-R00 Esc. V.: 1/200 Desenhou: Dr. Pedro Araújo Verificou: Eng. Paulo Dinis	Escola superior de Tecnologia e Gestão de Felgueiras Instalações definitivas PERFIL GEOTÉCNICO	Desenho nº: 05 Data: 20-03-2020