



Projeto de Estabilidade de um Edifício em Betão Armado

DIOGO MANUEL ABREU MAIA

novembro de 2021

PROJETO DE ESTABILIDADE DE UM EDIFÍCIO EM BETÃO ARMADO

DIOGO MANUEL ABREU MAIA

Projeto submetido para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL – RAMO DE ESTRUTURAS

Orientador: Isabel Maria Alvim Teles

NOVEMBRO DE 2021

Eu, Diogo Manuel Abreu Maia, estudante nº 1111086, 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 em Betão Armado” 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, 2021/12/19

ÍNDICE GERAL

Índice Geral	iii
Resumo.....	v
Abstract	vii
Agradecimentos	ix
Índice de Texto.....	xi
Índice de Figuras.....	xiii
Índice de Tabelas.....	xv
CAPÍTULO 1 Introdução.....	17
CAPÍTULO 2 Solução Estrutural	23
CAPÍTULO 3 Bases do Projeto	25
CAPÍTULO 4 Sismo	35
CAPÍTULO 5 Modelação no Robot.....	43
CAPÍTULO 6 Dimensionamento.....	53
CAPÍTULO 7 Considerações Finais	71
Referências Bibliográficas	73
Anexo 1 – Projeto de arquitetura.....	75
Anexo 2 – projeto de estruturas	77

RESUMO

O presente documento tem como propósito apresentar o relatório final da unidade curricular de DIPRE. Trata-se do projeto de estabilidade de um edifício em betão armado, onde são expostas as diferentes etapas que o abarcam, nomeadamente a definição de uma solução estrutural, o pré-dimensionamento, a modelação num programa de cálculo automático, o dimensionamento e o desenvolvimento de peças desenhadas e escritas.

Na conceção do projeto foram utilizados uma vastidão de conhecimentos adquiridos ao longo de todo o percurso académico, especialmente nas unidades curriculares de estruturas.

A utilização de ferramentas informáticas tem um papel incontornável no desempenho da atividade de projetista de especialidade, daí que uma metodologia guiada por essas ferramentas tenha sido adotada. Foi utilizado um programa tridimensional de elementos finitos (Robot), no entanto, foram também aplicados métodos tradicionais de cálculo nas fases de pré-dimensionamento e dimensionamento.

Palavras-chave: Robot Structural Analysis, Projeto de Estabilidade, Dimensionamento Estrutural

ABSTRACT

The purpose of this document is to present the final report of the DIPRE curricular unit.

This is the stability project of a reinforced concrete building, where the different stages that comprise it are exposed, namely the definition of a structural solution, pre-dimensioning, modeling in an automatic calculation program, design and development of drawn and written pieces.

In designing the project, a vast amount of knowledge acquired throughout the academic path was used, especially in the structural curricular units.

The use of computer tools has an unavoidable role in the performance of the specialty designer activity, hence a methodology guided by these tools has been adopted.

A three-dimensional finite element program (Robot) was used, however, traditional calculation methods were also applied in the pre-dimensioning and design phases.

Keywords: Robot Structural Analysis, Stability Project, Structural Sizing

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e à minha avó, que tornaram tudo possível.

Também à minha orientadora, Engenheira Isabel Maria Alvim Teles, por toda a colaboração e disponibilidade para me orientar neste projeto.

ÍNDICE DE TEXTO

CAPÍTULO 1	Introdução.....	17
1.1	Considerações Iniciais.....	17
1.2	Projeto Arquitetónico.....	17
1.3	Descrição do Trabalho.....	22
CAPÍTULO 2	Solução Estrutural.....	23
CAPÍTULO 3	Bases do Projeto.....	25
3.1	Tempo de Vida Útil do Projeto.....	25
3.2	Classe de Exposição.....	25
3.3	Ações Atuantes.....	26
3.3.1	Ações Permanentes.....	26
3.3.2	Ações Variáveis.....	31
3.3.2.1	Vento.....	31
CAPÍTULO 4	Sismo.....	35
4.1	Ação Sísmica no Robot.....	40
CAPÍTULO 5	Modelação no Robot.....	43
5.1	Vigas e Pilares.....	44
5.2	Lajes e Paredes.....	46
5.3	Condições de Apoio.....	49
5.4	Ações.....	50
5.5	Combinações de Ações.....	51
5.5.1	Estado Limite Último.....	51
5.5.2	Estado Limite de Serviço.....	52

CAPÍTULO 6	Dimensionamento.....	53
6.1	Aspetos Gerais.....	54
6.1.1	Recobrimento das Armaduras.....	54
6.1.2	Distância Mínima entre Varões.....	55
6.1.3	Diâmetro mínimo de dobragem de varões.....	55
6.1.4	Comprimentos de amarração dos varões.....	56
6.1.5	Comprimento de emenda de armaduras.....	57
6.2	Estado Limite Último.....	58
6.2.1	Dimensionamento das Vigas.....	58
6.2.2	Dimensionamento das Lajes.....	61
6.2.3	Dimensionamento dos Pilares e Paredes.....	62
6.2.4	Dimensionamento das Sapatas.....	65
CAPÍTULO 7	Considerações Finais.....	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 - Planta de arquitetura do Piso -1.....	18
Figura 1.2 - Planta de arquitetura do Piso 0.....	18
Figura 1.3 - Planta de arquitetura do Piso 1.....	19
Figura 1.4 - Planta de arquitetura do Piso 2.....	19
Figura 1.5 - Planta de arquitetura do Piso 3.....	20
Figura 1.6 - Planta de arquitetura do Piso 4.....	20
Figura 1.7 - Planta de arquitetura da Cobertura.	21
Figura 1.8 - Planta de arquitetura do Corte A-A.....	21
Figura 1.9 - Planta de arquitetura do Corte B-B.	22
Figura 2.1 - Modelo da estrutura no programa Robot (Vista 1).....	24
Figura 2.2 - Modelo da estrutura no programa Robot (Vista 2).....	24
Figura 3.1 - Fachadas D e E (Eurocódigo 1 – Parte 4).....	33
Figura 3.2 - Aplicação da carga do vento no Robot.....	34
Figura 4.1 - Robot – Definição da ação sísmica tipo 2.....	37
Figura 4.2 - Folha de cálculo do sismo (1/2).....	38
Figura 4.3 - Folha de cálculo do sismo (2/2).....	39
Figura 4.4 - Modo de vibração 1 (direção Y).	41
Figura 4.5 - Modo de vibração 3 (direção X).	41
Figura 5.1 - Grelhas auxiliares.	43
Figura 5.2 - Modelação de elementos de barras no Robot.....	44
Figura 5.3 - Definição das propriedades das barras.....	44
Figura 5.4 - Momentos fletores atuantes nas barras.....	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 5.5 - Seleção dos esforços a visualizar.....	45
Figura 5.6 - Diagrama de esforço transverso de uma viga.....	46
Figura 5.7 - Diagrama de momentos fletores de uma viga.....	46
Figura 5.8 - Modelação de uma laje.....	47
Figura 5.9 - Envolvente dos momentos fletores positivos para cálculo das armaduras inferiores na direção y.....	48
Figura 5.10 - Envolvente dos momentos fletores negativos para cálculo das armaduras superiores na direção y.....	48
Figura 5.11 - Modelação dos apoios dos pilares.....	49
Figura 5.12 - Modelação dos apoios das paredes.....	49
Figura 5.13 - Exemplo de cargas exteriores atuantes na laje.....	50
Figura 7.1 - Estrutura modelada no Robot.....	71

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.1 - Tabela de cargas permanentes nas zonas no interior do piso 0.	26
Tabela 3.2 - Tabela de cargas permanentes nas zonas no exterior do piso 0.....	27
Tabela 3.3 - Tabela de cargas permanentes nas zonas no interior do piso 1.	27
Tabela 3.4 - Tabela de cargas permanentes nas zonas no exterior do piso 1.....	28
Tabela 3.5 - Tabela de cargas permanentes nas zonas no interior do piso 2.	28
Tabela 3.6 - Tabela de cargas permanentes nas zonas no exterior do piso 2.....	29
Tabela 3.7 - Tabela de cargas permanentes nas zonas no interior dos pisos 3 e 4.	29
Tabela 3.8 - Tabela de cargas permanentes nas zonas no exterior dos pisos 3 e 4.....	30
Tabela 4.1 - Ação sísmica no Robot: modos de vibração, frequências e percentagens de participação da massa.	40
Tabela 6.1 – Diâmetro mínimo de dobragem de varões.....	55
Tabela 6.2 – Comprimentos de amarração dos varões.....	57
Tabela 6.3 – Comprimentos de emenda de armaduras.....	57
Tabela 6.4 - Tabela de cálculo de vigas à flexão.....	60
Tabela 6.5 - Tabela de cálculo de vigas ao esforço transverso.	61
Tabela 6.6 - Tabela de cálculo de um pilar.....	64
Tabela 6.7 - Tabela de cálculo de uma sapata.	68

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O presente trabalho expõe a elaboração do projeto de estabilidade de um edifício em betão armado, destinado a comércio e habitação, situado na Póvoa de Varzim. Tem como finalidade estabelecer uma solução estrutural que garanta a segurança do edifício, respeitando as condicionantes arquitetónicas, e baseando estas verificações nas estabelecidas na regulamentação em vigor.

Estão aqui explícitas as diferentes etapas percorridas num projeto estrutural, nas quais são aplicados os conhecimentos adquiridos durante o percurso académico no ISEP. Estas etapas vão desde a definição de uma solução estrutural até ao dimensionamento dos elementos estruturais, passando por uma avaliação sísmica da estrutura e terminando na elaboração de desenhos pormenorizados dos diferentes elementos estruturais.

Devido à enorme importância que os programas de cálculo automático têm na conceção de um projeto estrutural nos dias que correm, foi utilizado neste projeto o programa ROBOT para modelar e analisar a estrutura desenvolvida. Feita esta análise, procede-se ao dimensionamento verificando a segurança aos estados limites último e de utilização.

1.2 PROJETO ARQUITETÓNICO

Foi utilizado para este trabalho o projeto arquitetónico de um edifício com uma configuração usual num edifício habitacional com comércio. Possui 7 pisos e a sua área em planta vai diminuindo à medida que o edifício sobe. O piso -1 encontra-se parcialmente enterrado e é destinado a estacionamento. O piso 0 tem como propósito a atividade comercial e os restantes até ao piso 4 são para habitação, sendo que as habitações dos pisos 3 e 4 estão ligadas. O piso 5 trata-se de uma cobertura não acessível.

A comunicação entre pisos é feita por escadas e elevador. O piso 0 tem a sua fachada principal recuada em relação aos restantes pisos e na sua zona exterior das traseiras existe um logradouro cercado por um muro com dois metros de altura. No interior existem três lojas e o átrio principal das habitações, onde se

realiza o acesso às escadas e ao elevador. Os pisos 1, 2 e 3 possuem configurações semelhantes, todos com varandas, sendo que a do piso 1 possui um canteiro no seu limite exterior. Contêm no seu interior um hall de entrada, uma cozinha com lavanderia e dispensa, uma casa de banho comum, uma suite com quarto de vestir e casa de banho, dois quartos e outra casa de banho. O piso 3 tem a particularidade de as habitações aí presentes estarem ligadas ao piso 4 por intermédio de escadas. Deste modo, estas contêm dois quartos e o piso 4 duas suites com quarto de vestir e casa de banho. Ambas as suites têm saída para o terraço no exterior, que se encontra mais recuado em relação às varandas abaixo.

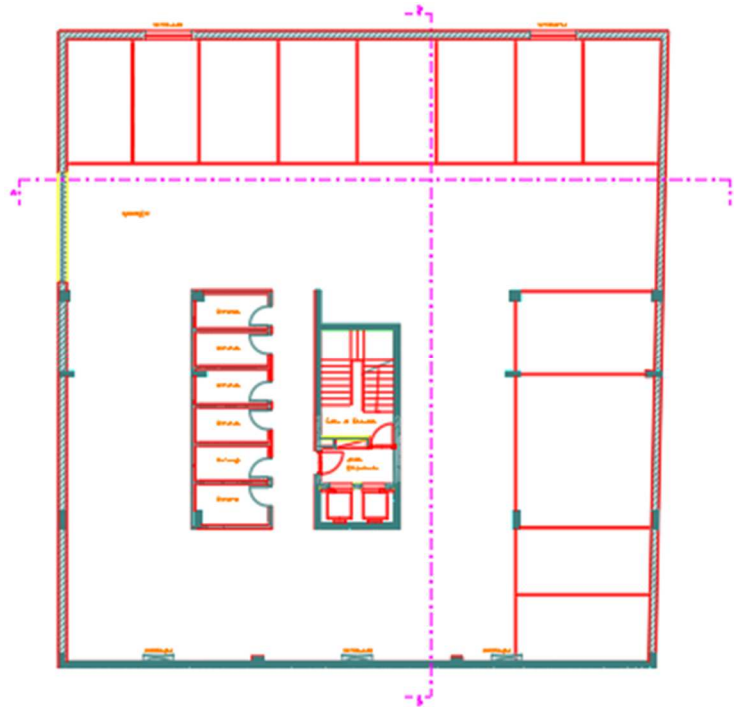


Figura 1.1 - Planta de arquitetura do Piso -1

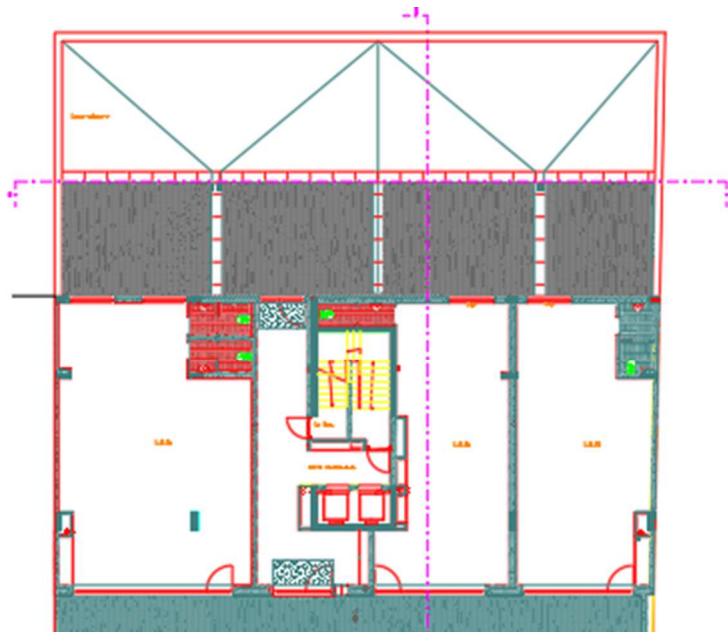


Figura 1.2 - Planta de arquitetura do Piso 0.

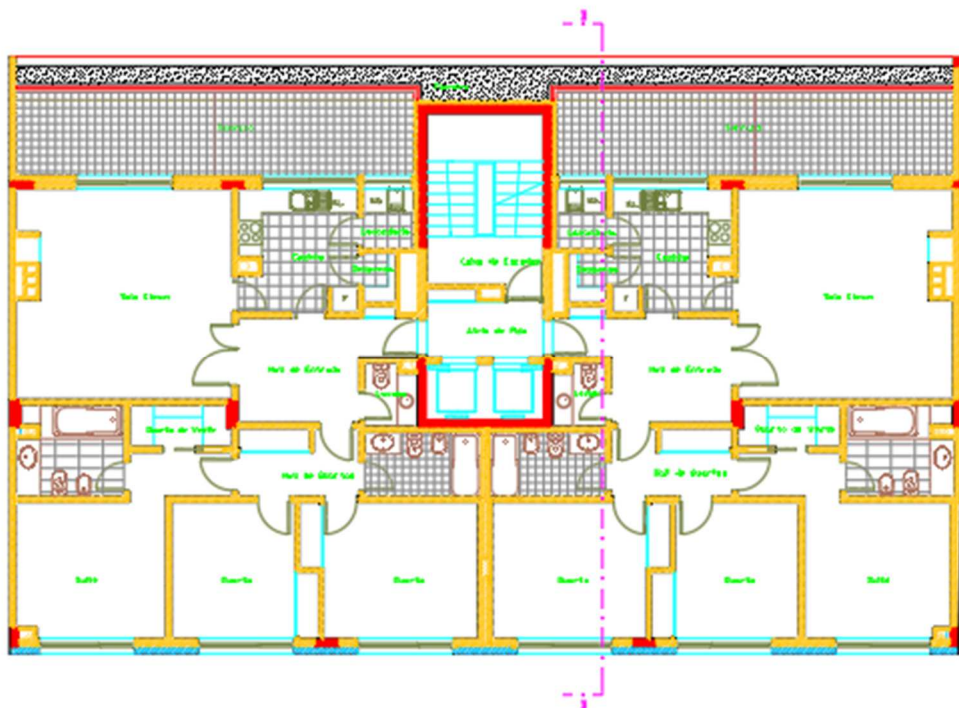


Figura 1.3 - Planta de arquitetura do Piso 1.

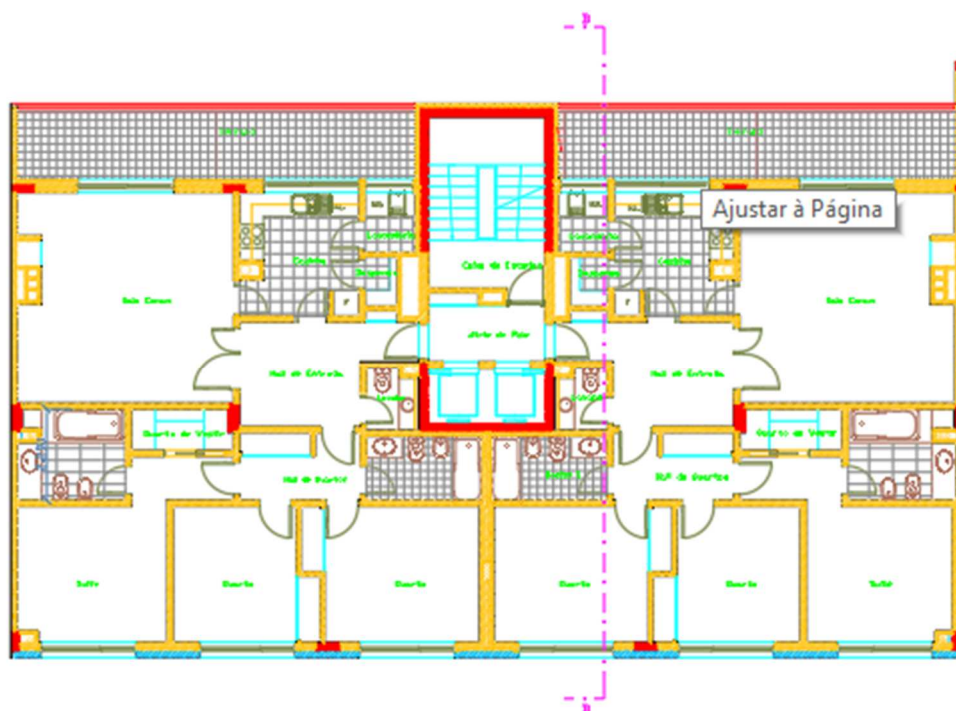


Figura 1.4 - Planta de arquitetura do Piso 2.

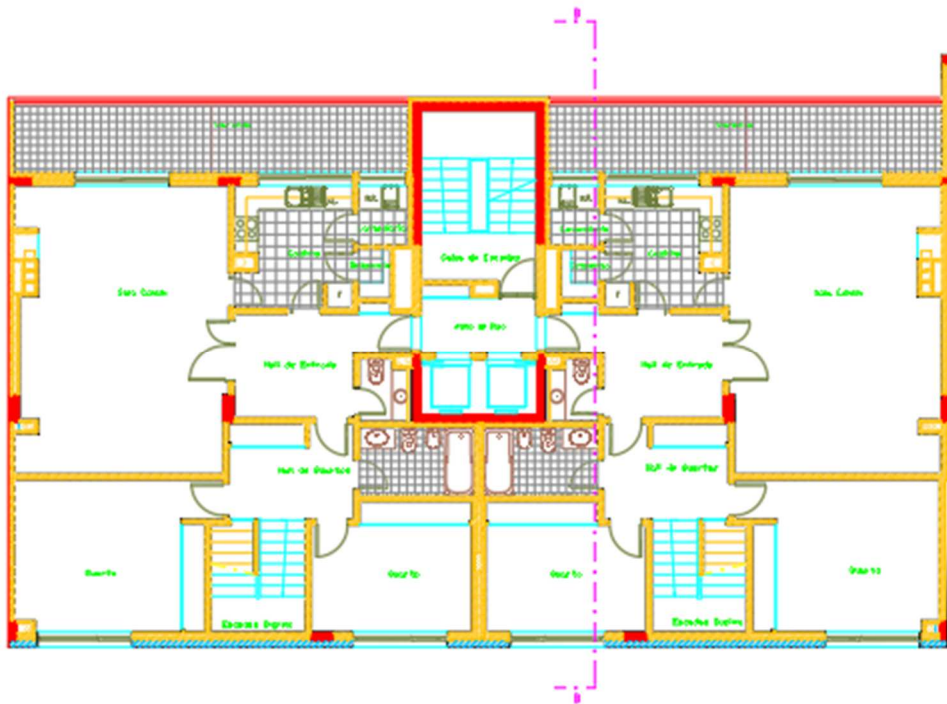


Figura 1.5 - Planta de arquitetura do Piso 3.

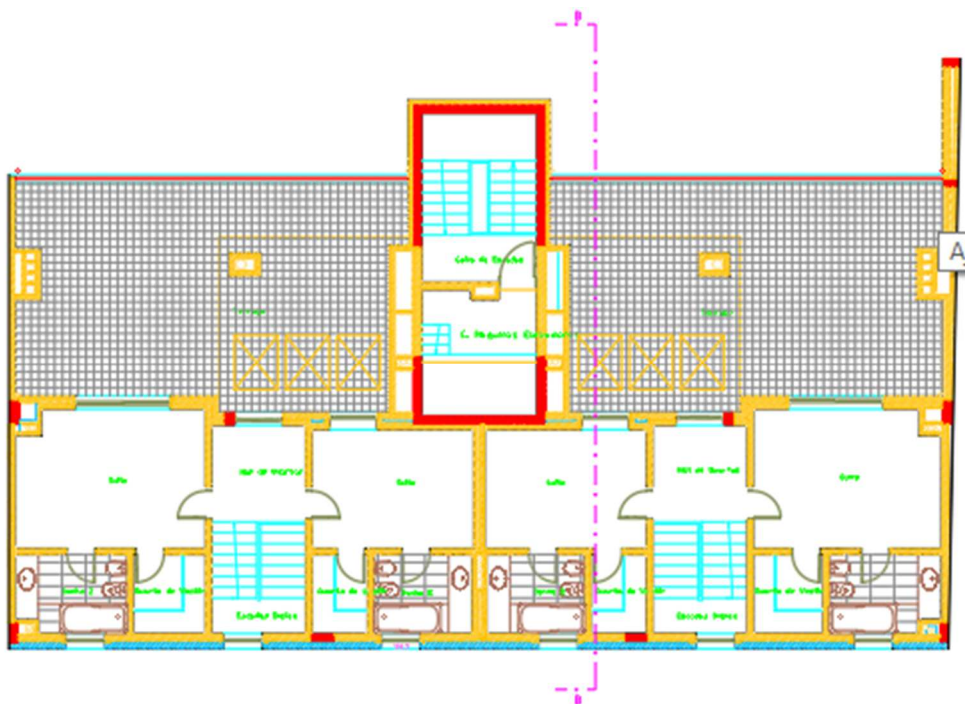


Figura 1.6 - Planta de arquitetura do Piso 4.

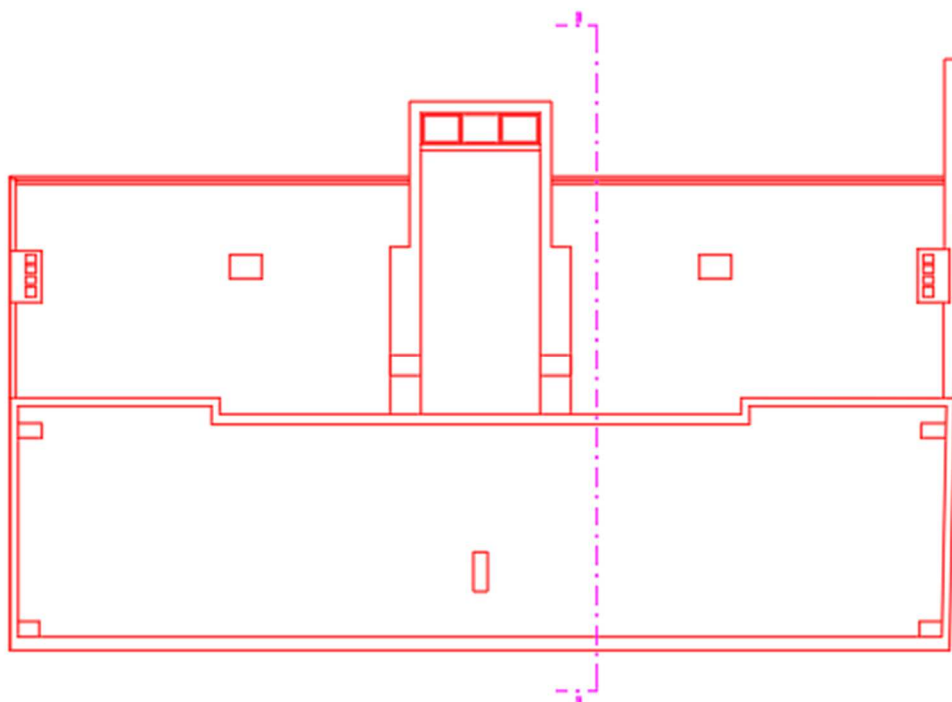


Figura 1.7 - Planta de arquitetura da Cobertura.

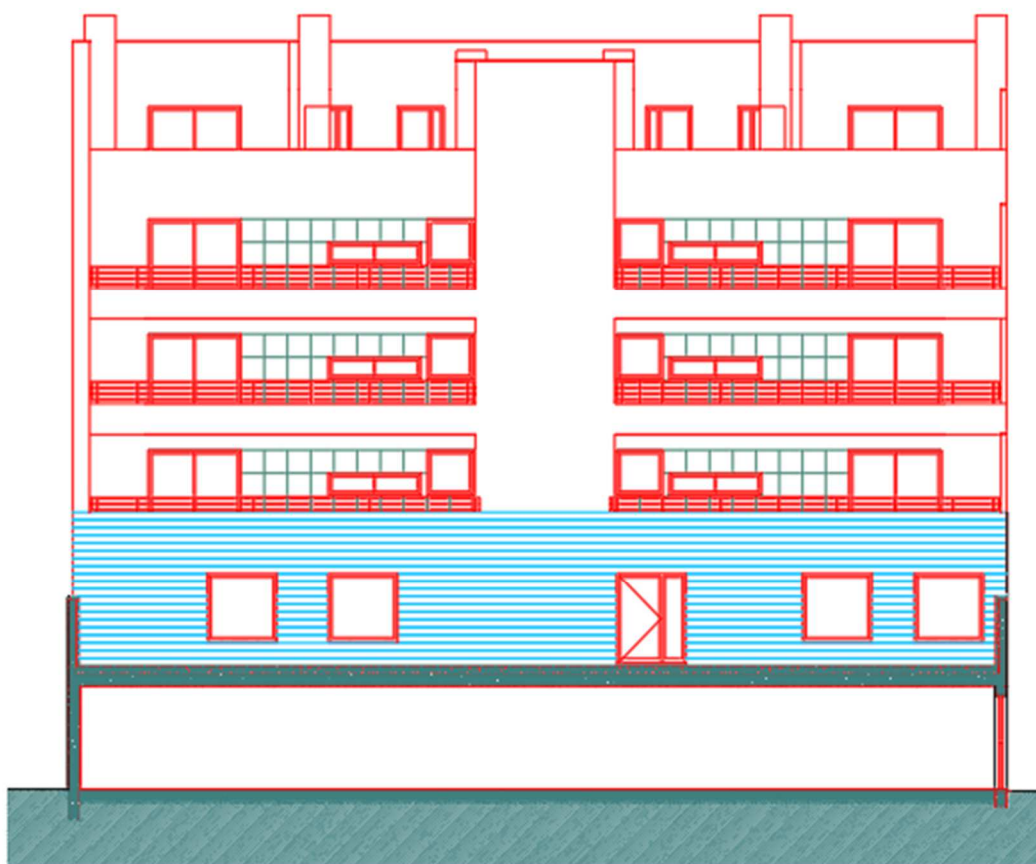


Figura 1.8 - Planta de arquitetura do Corte A-A.

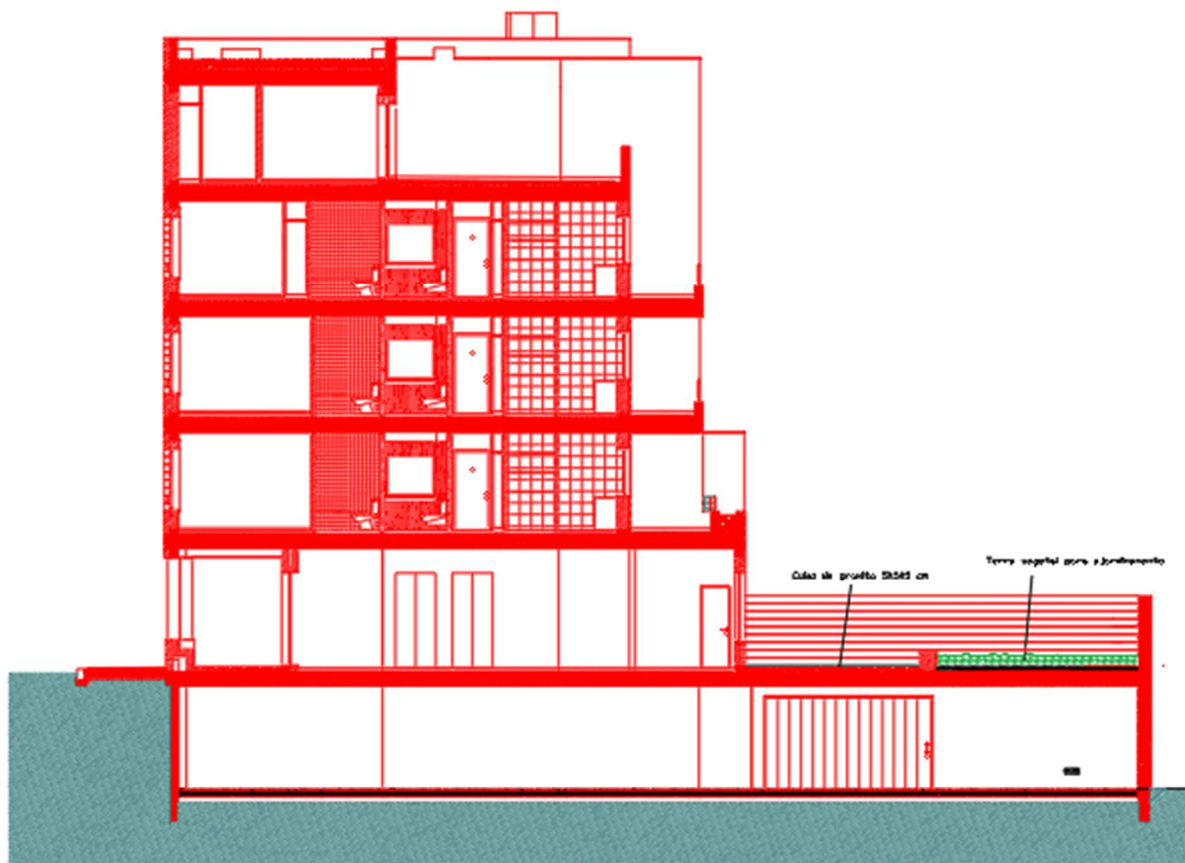


Figura 1.9 - Planta de arquitetura do Corte B-B.

1.3 DESCRIÇÃO DO TRABALHO

O presente documento encontra-se estruturado nos seguintes capítulos:

Capítulo 1 – Introdução

Capítulo 2 – Solução estrutural

Capítulo 3 – Bases do Projeto (Ações atuantes, combinações de ações, regulamentação utilizada)

Capítulo 4 – Sismo

Capítulo 5 – Modelação no Robot

Capítulo 6 – Dimensionamento

Capítulo 7 – Considerações Finais

CAPÍTULO 2

SOLUÇÃO ESTRUTURAL

A solução estrutural inicia-se fazendo uma análise do projeto de arquitetura, para posteriormente poder ser definida a disposição dos elementos estruturais respeitando as suas condicionantes. As condicionantes do projeto de arquitetura influenciam fortemente a escolha de uma solução estrutural.

Devem ser cumpridas exigências de segurança e de conforto, mas também de economia, sendo esta uma das mais importantes.

Para o edifício em estudo foi criada uma solução que respeita todos estes requisitos, no entanto foi necessário efetuar alterações pontuais que não afetaram a arquitetura. A primeira consistiu em acrescentar pilares no piso -1 num eixo com um vão demasiado grande. A segunda alteração ocorreu no piso 4, em que foi necessário mover um canto da parede exterior para esta coincidir com o pilar. Este tipo de ajuste é corrente no desenvolvimento dos projetos de Engenharia Civil e são resolvidos com a comunicação entre as várias especialidades envolvidas.

O edifício tem uma forma retangular comum, o que tornou possível uma definição de pórticos paralelos entre si. Para isto foi criada uma malha sobre a planta de arquitetura, onde foram definidos eixos paralelos e perpendiculares a passar nos eixos dos pórticos, sendo isto a primeira base de conceção da estrutura.

Para que este projeto abranja várias soluções possíveis, foi decidido que as lajes dos diferentes pisos sejam diferentes, da seguinte forma:

Piso 0: Laje Maciça

Piso 1: Laje Fungiforme

Piso 2: Laje Aligeirada de Vigotas

Pisos 3, 4 e Cobertura: Lajes Maciças

A laje aligeirada do segundo piso é o tipo de pavimento V5-BN24x24-27 da Faprel. A laje fungiforme do piso 1 não foi estudada neste trabalho.

Pode ver-se na seguinte imagem a modelação final da estrutura no Robot:

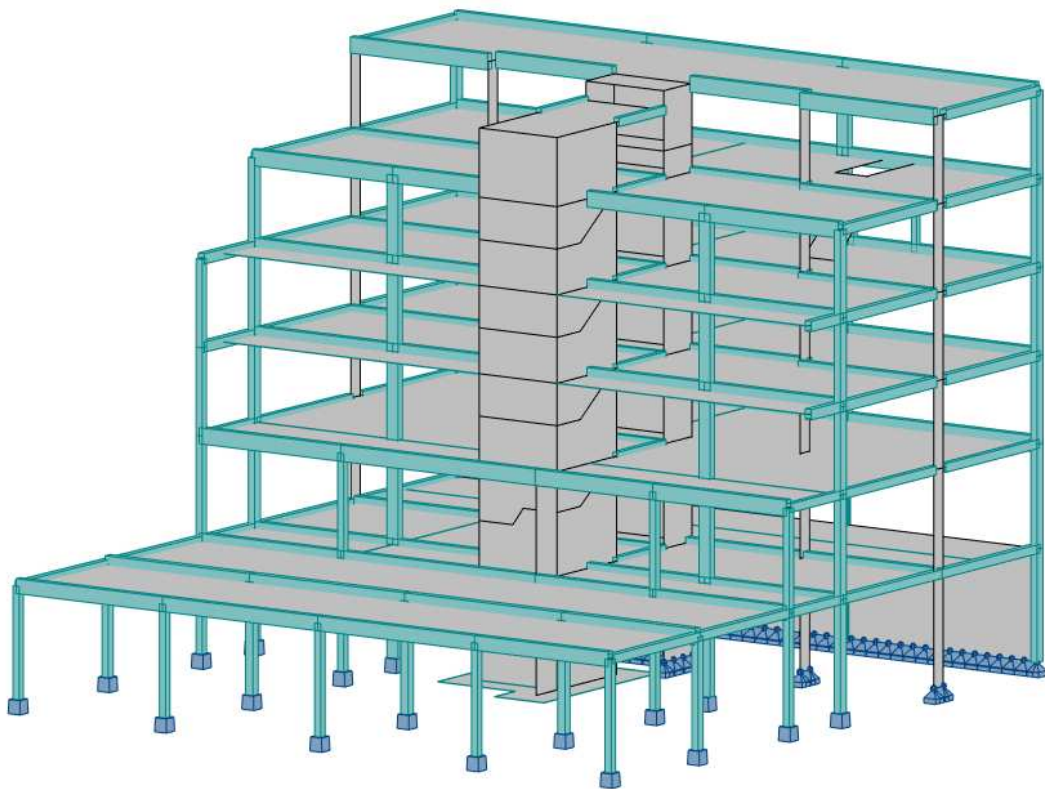


Figura 2.1 - Modelo da estrutura no programa Robot (Vista 1).

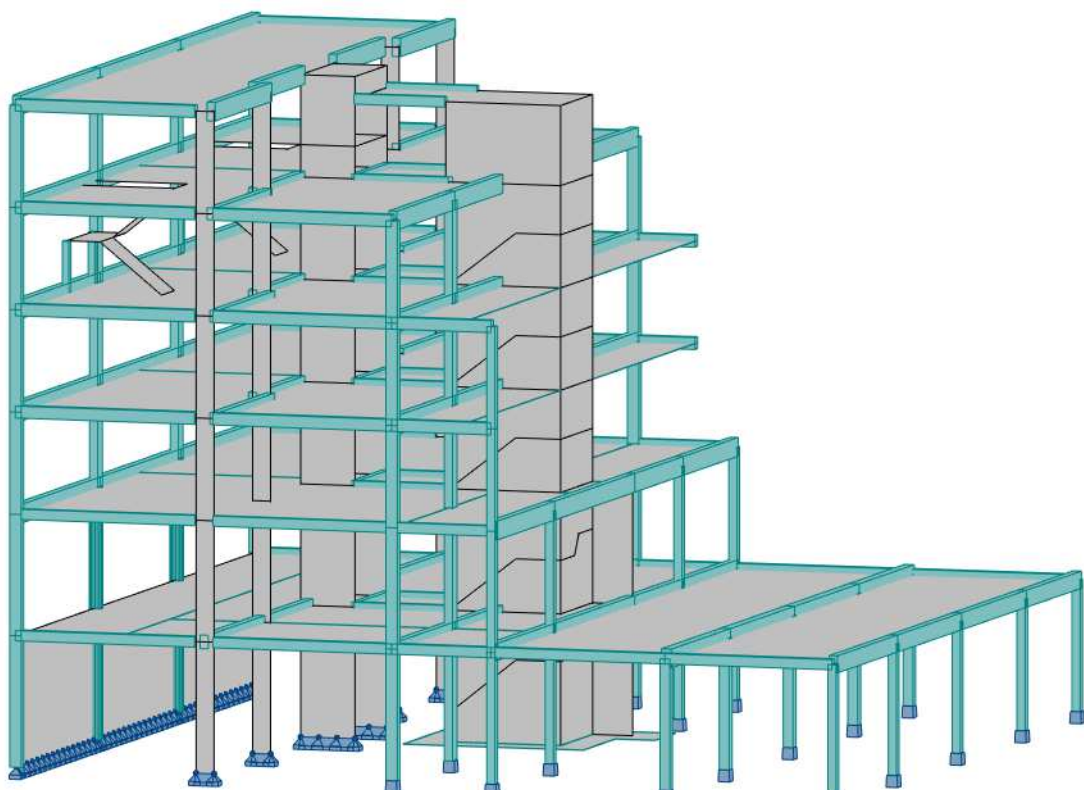


Figura 2.2 - Modelo da estrutura no programa Robot (Vista 2).

CAPÍTULO 3

BASES DO PROJETO

A escolha de um determinado sistema estrutural e dos seus materiais constituintes devem respeitar alguns requisitos básicos referidos nas regulamentações e que dependem de vários fatores. Assim são de grande importância a definição do tempo de vida útil do projeto, a localização da obra (que irá influenciar a determinação da ação do vento e ação sísmica), a sua classe de exposição (que irá ditar as características do betão a ser utilizado), a sua utilização (que irá caracterizar as sobrecargas do projeto), etc.

Os regulamentos que serviram de base para a elaboração do projeto foram os seguintes:

- Eurocódigo 1, Parte 1-4
- Eurocódigo 2, Parte 1-1
- Eurocódigo 7, Parte 1
- Eurocódigo 8, Parte 1
- REBAP – Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado

3.1 TEMPO DE VIDA ÚTIL DO PROJETO

O tempo de vida útil de um projeto é determinado consoante o fim a que a estrutura é destinada. Para isto é necessário recorrer ao Eurocódigo 0, Quadro 2.1. Para a estrutura em estudo, destinada a um edifício de habitação, obtém-se um valor indicativo do tempo de vida útil de projeto de 50 anos. Este valor corresponde a uma classe estrutural S4.

3.2 CLASSE DE EXPOSIÇÃO

As condições de exposição são as condições químicas e físicas a que a estrutura está exposta para além das ações mecânicas. Estas condições são classificadas de acordo com o quadro 4.1 do Eurocódigo 2. Para

a estrutura aqui descrita, foi obtida uma classe de exposição XS1, referente a estruturas próximas da costa.

3.3 AÇÕES ATUANTES

Antes de dar início ao pré-dimensionamento é necessário fazer uma quantificação das ações que atuam na estrutura. Uma ação pode ser classificada como:

Ação direta – Conjunto de forças aplicadas à estrutura

Ação indireta – Conjunto de deformações ou acelerações impostas, provocadas, por exemplo, por variações de temperatura ou humidade, assentamentos diferenciais ou sismos.

Estas ações são divididas em ações permanentes, ações variáveis e ações de acidente.

As ações permanentes são aquelas com maior probabilidade de atuar, sendo neste trabalho divididas em Peso Próprio e Restantes Cargas Permanentes. O Peso Próprio é o peso do material utilizado na estrutura, neste caso foi utilizado o valor de 25kN/m^3 referente ao betão armado. As restantes Cargas Permanentes englobam o peso de todos os materiais não estruturais presentes nos pisos, como revestimentos, paredes, muros exteriores, canteiros e impermeabilizações. São a seguir expostas estas cargas por piso:

3.3.1 Ações Permanentes

- Piso 0 – Zonas no interior do edifício

Pé direto: 3,2m

Tabela 3.1 - Tabela de cargas permanentes nas zonas no interior do piso 0.

Material	Espessura (cm)	Peso
Parede divisória simples + reboco	2 + 20 + 2	2,5 kN/m ²
Parede divisória dupla com caixa de ar + reboco	2 + 11 + 3 + 11 + 2	2,6 kN/m ²
Parede em contacto com edifício à esquerda	2 + 11 + 2	1,8 kN/m ²
Parede em contacto com edifício à direita	2 + 15 + 2	2,1 kN/m ²
Betonilha	3	20 kN/m ³

Revestimento em ladrilho cerâmico	-	0,7 kN/m ²
Parede dupla da fachada principal	2 + 13 + 10 + 13 + 2	3 kN/m ²
Parede das traseiras	2 + 11 + 3 + 11 + 2	2,6 kN/m ²

- Piso 0 – Zonas no exterior do edifício

Tabela 3.2 - Tabela de cargas permanentes nas zonas no exterior do piso 0.

Material	Espessura (cm)	Peso
Betonilha	3	20 kN/m ³
Granito	5	26 kN/m ³
Terra vegetal húmida	30	16 kN/m ³
Brita	6	15 kN/m ³
Muro divisório (altura 2m)	27	25 kN/m ³
Tela	-	0,1 kN/m ²

- Pisos 1 – Zonas no interior do edifício

Pé direito: 2,64m

Tabela 3.3 - Tabela de cargas permanentes nas zonas no interior do piso 1.

Material	Espessura (cm)	Peso
Parede divisória simples + reboco	2 + 20 + 2	2,5 kN/m ²
Parede divisória dupla com caixa de ar + reboco	2 + 13 + 6 + 13 + 2	3 kN/m ²

Parede em contacto com edifício à esquerda	2 + 11 + 2	1,8 kN/m ²
Parede em contacto com edifício à direita	2 + 15 + 2	2,1 kN/m ²
Betonilha	3	20 kN/m ³
Revestimento em ladrilho cerâmico	-	0,7 kN/m ²
Parede dupla da fachada principal	2 + 13 + 10 + 13 + 2	3 kN/m ²
Parede das traseiras	2 + 11 + 3 + 11 + 2	2,6 kN/m ²

- Piso 1 – Zonas no exterior do edifício

Tabela 3.4 - Tabela de cargas permanentes nas zonas no exterior do piso 1.

Material	Espessura (cm)	Peso
Brita	6	15 kN/m ³
Terra vegetal húmida	30	16 kN/m ³
Betonilha	9	20 kN/m ³
Revestimento em ladrilho cerâmico	-	0,7 kN/m ²

- Piso 2 – Zonas no interior do edifício

Pé direito: 2,64m

Tabela 3.5 - Tabela de cargas permanentes nas zonas no interior do piso 2.

Material	Espessura (cm)	Peso
Parede divisória simples + reboco	2 + 20 + 2	2,5 kN/m ²
Parede divisória dupla com caixa de ar + reboco	2 + 11 + 3 + 11 + 2	2,6 kN/m ²

Parede em contacto com edifício à esquerda	2 + 11 + 2	1,8 kN/m ²
Parede em contacto com edifício à direita	2 + 15 + 2	2,1 kN/m ²
Betonilha	3	20 kN/m ³
Revestimento em ladrilho cerâmico		0,7 kN/m ²
Parede dupla da fachada principal	2 + 13 + 10 + 13 + 2	3 kN/m ²
Parede das traseiras	2 + 11 + 3 + 11 + 2	2,6 kN/m ²

- Piso 2 – Zonas no exterior do edifício

Tabela 3.6 - Tabela de cargas permanentes nas zonas no exterior do piso 2.

Material	Espessura (cm)	Peso
Betonilha	9	20 kN/m ³
Revestimento em ladrilho cerâmico	-	0,7 kN/m ²

- Pisos 3 e 4 – Zonas no interior do edifício

Pé direito: 2,64m

Tabela 3.7 - Tabela de cargas permanentes nas zonas no interior dos pisos 3 e 4.

Material	Espessura (cm)	Peso
Parede divisória simples + reboco	2 + 20 + 2	2,5 kN/m ²
Parede divisória dupla com caixa de ar + reboco	2 + 11 + 3 + 11 + 2	2,6 kN/m ²

Parede em contacto com edifício à esquerda	2 + 11 + 2	1,8 kN/m ²
Parede em contacto com edifício à direita	2 + 15 + 2	2,1 kN/m ²
Betonilha	3	20 kN/m ³
Revestimento em ladrilho cerâmico	-	0,7 kN/m ²
Parede dupla da fachada principal	2 + 13 + 10 + 13 + 2	3 kN/m ²
Parede das traseiras	2 + 11 + 3 + 11 + 2	2,6 kN/m ²

- Pisos 3 e 4 – Zonas no exterior do edifício

Tabela 3.8 - Tabela de cargas permanentes nas zonas no exterior dos pisos 3 e 4.

Material	Espessura (cm)	Peso
Betonilha	9	20 kN/m ³
Revestimento em ladrilho cerâmico	-	0,7 kN/m ²

O peso volúmico dos revestimentos foi multiplicado pela espessura do respetivo material para obter uma carga por metro quadrado, posteriormente inserida no programa de cálculo automático. As cargas uniformemente distribuídas correspondentes às paredes divisórias foram quantificadas tendo em consideração uma percentagem do seu peso por m². Para as paredes exteriores foi multiplicado o seu peso/m² pelo pé direito do piso para obter uma carga por metro, efetuando seguidamente uma redução à carga em proporção com a presença de aberturas nas paredes para as janelas.

Na quantificação dos impulsos do terreno sobre as paredes de contenção foi considerado um peso volúmico das terras de 19 kN/m³. O ângulo de atrito do terreno considerado foi $\phi' = 30^\circ$. O coeficiente de impulso em repouso, k_0 , é calculado através da fórmula $k_0 = 1 - \text{sen}(\phi')$, que neste caso corresponde a 0,5.

3.3.2 Ações Variáveis

As ações variáveis são aquelas cuja variação de intensidade no tempo não é desprezável. Neste edifício as ações com estas características são as sobrecargas, o vento e o sismo.

Os valores característicos das sobrecargas são obtidos conforme a categoria da zona analisada. Estas categorias estão caracterizadas no Eurocódigo 1 Quadro 6.1 e dependem da utilização específica da zona.

As zonas existentes nos diferentes pisos deste edifício são:

- Piso 0 – Atividades comerciais (Categoria D1)
- Piso 1, 2 e 3 – Atividades domésticas e residências (Categoria A)
- Cobertura – Coberturas não acessíveis, exceto para operações de manutenção e reparação correntes (Categoria H)
- Varandas
- Escadas

Os valores correspondentes a estas categorias são 4 kN/m² para a categoria D1, 2 kN/m² para a categoria A, 0,4 kN/m² para a categoria H, 5 kN/m² para as varandas e 3 kN/m² para as escadas.

3.3.2.1 Vento

A ação do vento foi calculada com recurso à parte 4 do Eurocódigo 1. Esta divide o país em duas zonas, zona A e zona B, utilizadas para efeitos de quantificação do valor básico da velocidade de referência do vento. Este edifício situa-se na Zona B, referente a regiões situadas numa faixa costeira com 5 km de largura. A Zona B tem como valor básico da velocidade de referência do vento, $v_{b,0}$, 30 km/h.

O valor de referência de velocidade do vento, v_b , é obtido pela seguinte fórmula:

$$v_b = C_{dir} \times C_{season} \times v_{b,0} \quad (3.1)$$

onde:

$$C_{dir} = 1,0$$

$$C_{season} = 1,0$$

Portanto, $v_b = v_{b,0} = 30$ km/h

O terreno está inserido na categoria II, ou seja, zona de vegetação rasteira, tal como erva, e obstáculos isolados (árvores, edifícios) com separações entre si de, pelo menos, 20 vezes a sua altura. Esta categoria será importante para os próximos passos.

CAPÍTULO 3

O edifício dispões de uma volumetria de $11,56(b_x) \times 23,59(b_y) \times 19,42(h) \text{ m}^3$.

- **Direção X**

Na direção X o edifício está inserido dentro do parâmetro $b_x < h \leq 2b_x$. Este parâmetro divide edifício em duas alturas de referência, a superior $z = h = 19,42 \text{ m}$ e a inferior $z = b_x = 11,56 \text{ m}$

- **Direção Y**

Na direção Y o edifício está inserido dentro do parâmetro $h \leq b_y$. Este parâmetro coloca o edifício apenas com uma altura de referência, $z = h = 19,42\text{m}$

Prossegue-se com o cálculo da velocidade média do vento para as duas alturas de referência em estudo, através da expressão:

$$v_m(z) = C_r(z) \times C_0(z) \times v_b \tag{3.2}$$

onde:

$$C_0(z) = \text{coeficiente de orografia} = 1,0$$

$$C_r(z) = \text{coeficiente de rugosidade} = k_r \times \ln(z / z_0)$$

$z =$ alturas de referência

$$z_0 = \text{comprimento de rugosidade} = 0,005$$

$$K_r = \text{coeficiente de terreno} = 0,19 \times (z_0 / z_{0II})^{0,07}$$

$$z_{0II} = 0,05$$

$$\text{Então, } k_r = 0,19 \times (0,005 / 0,05)^{0,07} = 0,1617$$

- **Altitude de referência 19,42m:**

$$C_r(19,42\text{m}) = 0,1617 \times \ln(19,42 / 0,005) = 1,3364$$

$$V_m(19,42) = 1,3364 \times 1,0 \times 30 = 40,1 \text{ m/s}$$

- **Altitude de referência 11,56m:**

$$C_r(11,56\text{m}) = 0,1617 \times \ln(11,56 / 0,005) = 1,2525$$

$$V_m(11,56\text{m}) = 1,2525 \times 1,0 \times 30 = 37,6 \text{ m/s}$$

Seguidamente á calculada a pressão dinâmica de pico, pela expressão:

$$q_p(z) = [1 + 7 \times I_v(z)] \times 1 / 2 \times \rho \times v_m^2(z) \tag{3.3}$$

onde:

ρ = massa volúmica do ar = $1,25 \text{ kg/m}^3$

$I_v(z)$ = intensidade de turbulência = $k_1 / (C_0(z) \times \ln(z / z_0))$

$K_1 = 1.0$

Então,

- Altitude de referência 19,42m:

$$I_v(19,42\text{m}) = 1 / (1 \times \ln(19,42 / 0,005)) = 0,1240$$

$$q_p(19,42\text{m}) = [1 + 7 \times 0,1240] \times (1 / 2) \times 1,25 \times 40,1^2 = 1855,5 \text{ N/m}^2$$

- Altitude de referência 11,56m:

$$I_v(11,56\text{m}) = 1 / (1 \times \ln(11,56 / 0,005)) = 0,1291$$

$$q_p(11,56\text{m}) = [1 + 7 \times 0,1291] \times (1 / 2) \times 1,25 \times 37,6^2 = 1679,5 \text{ N/m}^2$$

- **Pressão exercida pelo vento na direção X**

$$h / d = 19,42 / 23,59 = 0,823$$

Efetuada uma interpolação linear para os valores dos coeficientes de pressão exterior, $C_{pe,10}$, presentes no Eurocódigo, que são dependentes da relação h / d demonstrada em cima, chega-se ao valor de 0,776 para a fachada D. Para a fachada E, o valor de $C_{pe,10}$ será 0,453. Assim, o C_{pe} será igual à soma destes valores, 1,225.

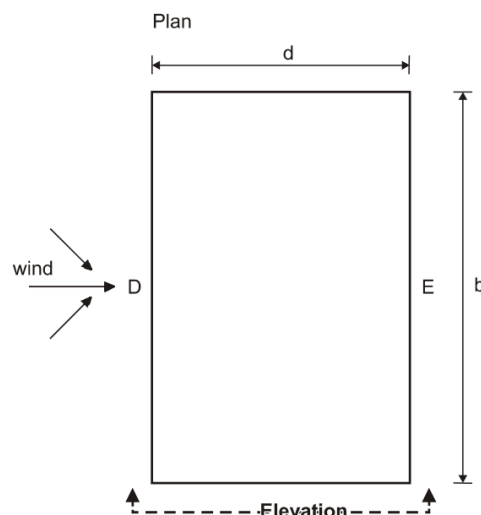


Figura 3.1 - Fachadas D e E (Eurocódigo 1 – Parte 4).

Então, a pressão exercida pelo vento na direção X, w_x , é obtida pela expressão:

$$w_x = q_p(z) \times C_{pe} \quad (3.4)$$

Para a altura de referência 19,42m:

$$w_x = 1855,5 \times 1,225 = 2,28 \text{ kN/m}^2$$

Para a altura de referência 11.56m:

$$w_x = 1679,5 \times 1,225 = 2,06 \text{ kN/m}^2$$

- **Pressão exercida pelo vento na direção Y**

$$h / d = 1,680$$

Seguindo o mesmo método da interpolação linear que na direção X, é obtido um coeficiente de pressão exterior na fachada D de 0,80 e na fachada E de 0,534. Assim, o C_{pe} na direção Y é igual a 1,334.

Para a altura de referência 19,42m:

$$w_x = 1855,5 \times 1,334 = 2,28 \text{ kN/m}^2$$

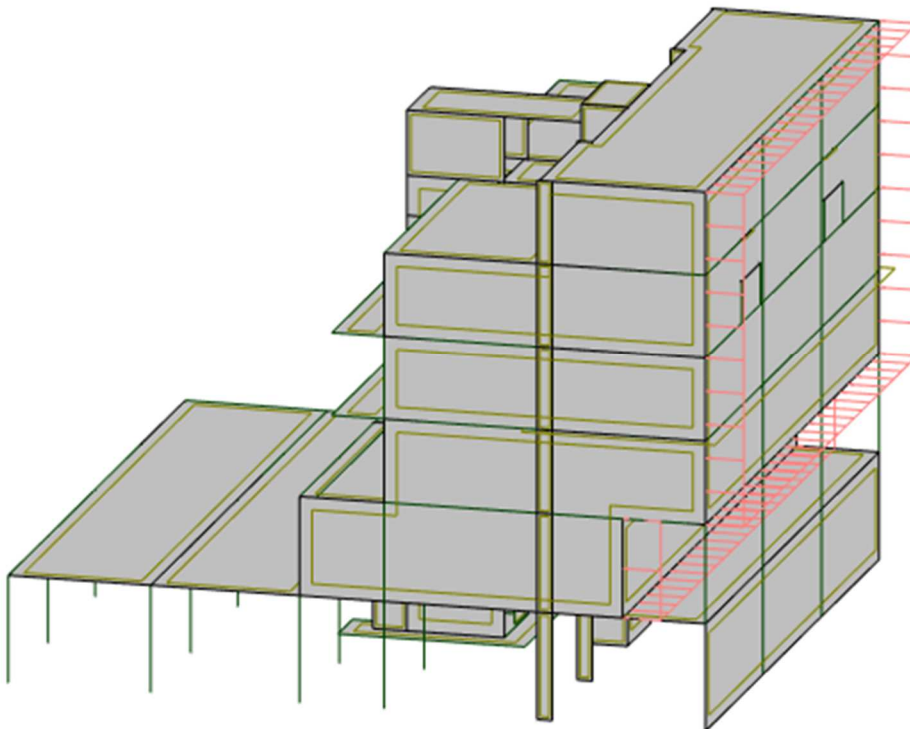


Figura 3.2 - Aplicação da carga do vento no Robot.

CAPÍTULO 4

SISMO

As placas tectónicas da terra movem-se constantemente numa marcha lenta, um processo onde algumas arestas se separam e outras colidem. Portugal está situado um pouco a norte da fronteira entre as placas eurasiática e africana.

As vibrações resultantes de um sismo são transmitidas aos edifícios através das fundações. Quando isto ocorre, as acelerações do solo transmitem-se de baixo para cima ao longo da estrutura do edifício. Ao longo da estrutura geram-se acelerações horizontais em toda a massa do edifício, massa esta que é considerada aceitavelmente como estando concentrada ao nível dos pisos.

É fundamental ter estes efeitos em conta no projeto de um edifício, pois trata-se de um fenómeno com efeitos bastante destrutivos e imprevisíveis. A estrutura deverá estar preparada para resistir a estas ações, para limitar todo o tipo de perdas que daí possam derivar.

O Eurocódigo 8 define vários princípios orientadores que regem a conceção, são eles:

- Simplicidade estrutural;
- Uniformidade, simetria e redundância da estrutura;
- Resistência e rigidez nas duas direções;
- Resistência e rigidez à torção;
- Ação de diafragma ao nível dos pisos;
- Fundação adequada.

Pelo Eurocódigo 8, este edifício encontra-se dentro da classe de importância II, edifícios correntes.

O terreno onde está fundado é do tipo de terreno D, referente a depósitos de solos não coesivos de compacidade baixa a média.

É necessário determinar os parâmetros do espetro de resposta horizontal para as ações sísmicas do tipo 1 e 2, que dependem do tipo de terreno.

São eles:

CAPÍTULO 4

- Ação Sísmica Tipo 1

$$S_{\max} = 2.0$$

$$T_B (s) = 0.1$$

$$T_C (s) = 0.8$$

$$T_D (s) = 2.0$$

- Ação Sísmica Tipo 2

$$S_{\max} = 2.0$$

$$T_B (s) = 0.1$$

$$T_C (s) = 0.3$$

$$T_D (s) = 2.0$$

No anexo nacional do Eurocódigo 8, Portugal fica dividido em várias zonas sísmicas. Para a zona deste edifício, Póvoa de Varzim, é obtido o valor 1,6 para a ação sísmica tipo 1, enquanto para a ação sísmica Tipo 2 o valor é 2,5.

Estes valores são necessários para saber qual o valor de referência da aceleração máxima à superfície do terreno:

- Ação Sísmica Tipo 1

$$a_{gR} = 0,35 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

- Ação Sísmica Tipo 2

$$a_{gR} = 0,8 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

De seguida é necessário calcular o coeficiente de comportamento. Este coeficiente traduz a capacidade da estrutura de dissipar energia. É obtido pela fórmula:

$$q = q_0 \times q_w \geq 1.5 \tag{4.1}$$

onde:

q_0 = valor básico do coeficiente de comportamento = $3 \times \alpha_u / \alpha_1$, para sistemas porticados, mistos ou de paredes acopladas. Quando o fator de majoração α_u / α_1 não tiver sido avaliado através de um cálculo explícito, poderá utilizar-se o seguinte valor aproximado, para edifícios de vários pisos, pórticos ou sistemas mistos equivalentes a pórticos com vários tramos: 1,3.

q_w = fator de reflete o modo de rotura predominante nos sistemas estruturais de paredes, considerado igual a 1 neste projeto.

Assim,

$$q = 3 \times 1,3 \times 1 = 3,9$$

Para as componentes horizontais da ação sísmica, o espectro de cálculo $S_d(T)$, é definido pelas seguintes expressões:

$$0 \leq T \leq T_B : S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \left[\frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \cdot \left(\frac{2,5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right] \quad (4.2)$$

$$T_B \leq T \leq T_C : S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \quad (4.3)$$

$$T_C \leq T \leq T_D : S_d(T) \begin{cases} = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \left[\frac{T_C}{T} \right] \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases} \quad (4.4)$$

$$T_D \leq T : S_d(T) \begin{cases} = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \left[\frac{T_C T_D}{T^2} \right] \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases} \quad (4.5)$$

O cálculo dos espectros de resposta foi efetuado com recurso a uma folha de cálculo desenvolvida pelo aluno na disciplina de Dinâmica de Estruturas. Com os dados aqui apresentados, a folha calcula os espectros elásticos e de cálculo, para posterior introdução no programa de cálculo automático, como demonstrado a seguir:

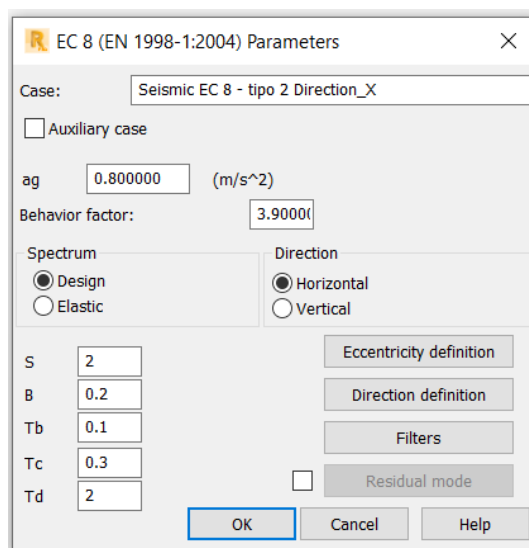


Figura 4.1 - Robot – Definição da ação sísmica tipo 2.


 Instituto Superior de Engenharia do Porto	DIPRE		2020 / 2021
	Mestrado em Engenharia Civil		Diogo Maia
<u>Espectros de Resposta Elástica e de Cálculo</u>			
Terreno			
Região	Continente		
Ação Sísmica	Tipo 1		
Concelho	Póvoa de Varzim		
Tipo de Terreno	D		
Classe de Importância	II		
Propriedades			
Amortecimento Viscoso	ξ	5	%
Coefficiente de Correção do Amortecimento	η	1	-
Coefficiente de Comportamento	q	3,9	-
Coefficiente de Importância	γ_i	1	- NA-4.2.5(5)P
Valor de Referência da Aceleração Máxima	a_{gR}	0,35	m/s^2
Valor de Cálculo da Aceleração	a_g	0,35	m/s^2
Valor de Cálculo da Aceleração	a_{vg}/a_g	0,75	m/s^2

Figura 4.2 - Folha de cálculo do sismo (1/2).

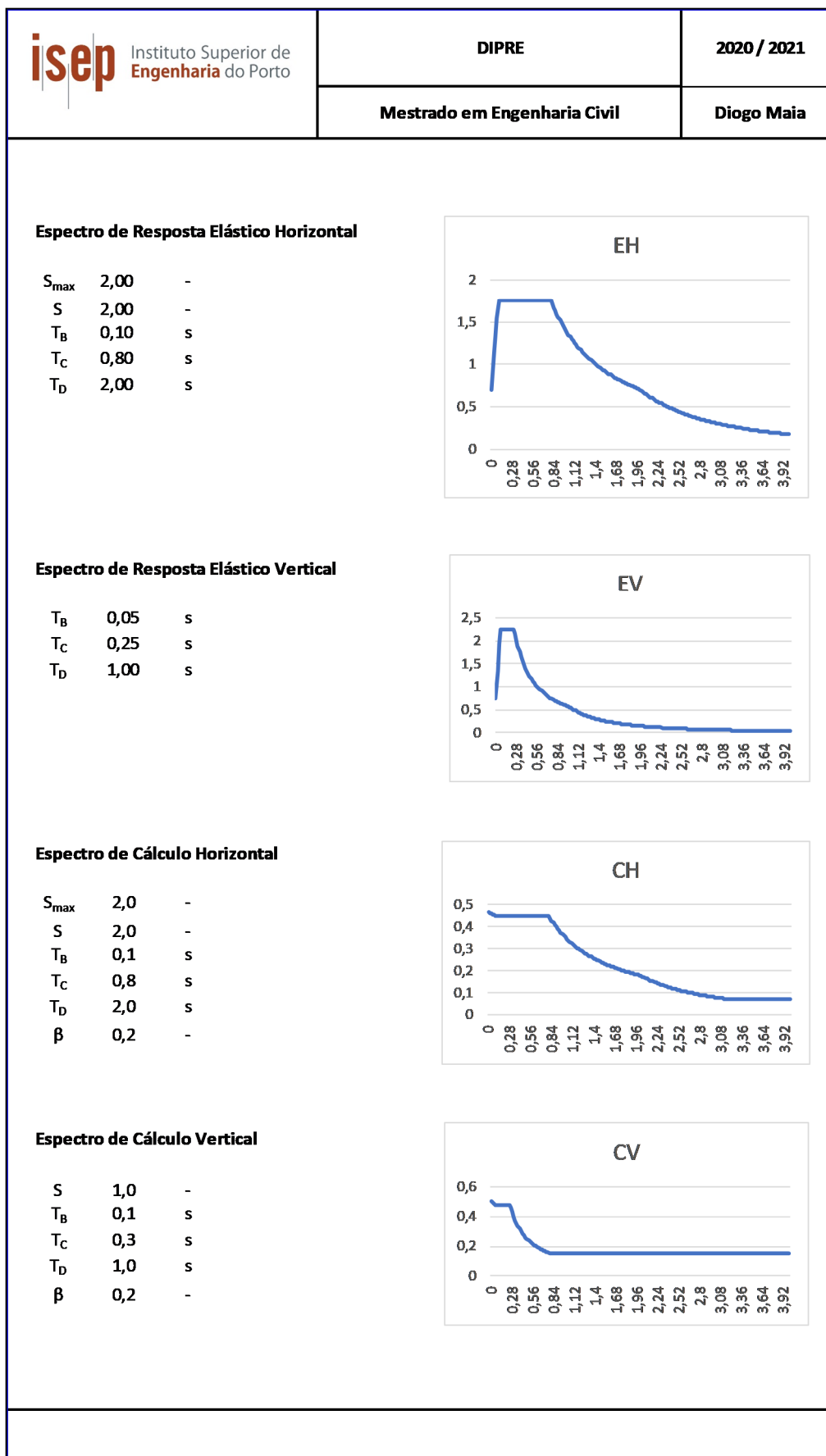


Figura 4.3 - Folha de cálculo do sismo (2/2)

4.1 AÇÃO SÍSMICA NO ROBOT

No Robot foram definidas as ações sísmicas Tipo 1 e Tipo 2. Após análise dos resultados concluiu-se que a ação sísmica Tipo 2 era a mais desfavorável, pois era a que apresentava maior Corte Basal. Como o cálculo da ação sísmica consome muito tempo, foi só considerada nas combinações de ações a ação sísmica Tipo 2.

Tabela 4.1 - Ação sísmica no Robot: modos de vibração, frequências e percentagens de participação da massa.

Case/Mode	Frequency (Hz)	Period (sec)	Rel.mas.UX (%)	Rel.mas.UY (%)	Cur.mas.UX (%)	Cur.mas.UY (%)
25/ 1	1.40	0.71	0.54	71.48	0.54	71.48
25/ 2	1.47	0.68	4.23	72.09	3.69	0.61
25/ 3	1.62	0.62	70.89	72.46	66.66	0.37
25/ 4	4.35	0.23	74.02	72.46	3.13	0.00
25/ 5	5.27	0.19	80.43	72.53	6.41	0.08
25/ 6	5.49	0.18	80.44	94.76	0.01	22.22
25/ 7	7.69	0.13	83.30	94.76	2.85	0.00
25/ 8	9.93	0.10	83.91	94.80	0.61	0.04
25/ 9	10.29	0.10	83.91	98.41	0.00	3.61
25/ 10	11.46	0.09	84.43	98.41	0.52	0.00

Na análise modal foram considerados 10 modos de vibração pois já se atingia 98% de participação da massa na direção y e 84% na direção x.

Como se pode ver na Tabela acima e nas Figura seguintes, o modo de vibração 1 é o predominante na direção Y (71% de participação da massa) e o modo de vibração 3 é o predominante na direção X (67% de participação da massa).

O Robot determina uma componente da ação sísmica na direção x e outra na direção y. Os elementos estruturais são dimensionados para as combinações com ação base sísmo considerando o sísmo numa direção mais (ou menos) 30% do sísmo na outra direção, ou seja:

- Sísmo X + 0,30 Sísmo Y ou - Sísmo X + 0,30 Sísmo Y
- Sísmo X - 0,30 Sísmo Y ou - Sísmo X - 0,30 Sísmo Y
- Sísmo Y + 0,30 Sísmo X ou - Sísmo Y + 0,30 Sísmo X
- Sísmo Y - 0,30 Sísmo X ou - Sísmo Y - 0,30 Sísmo X

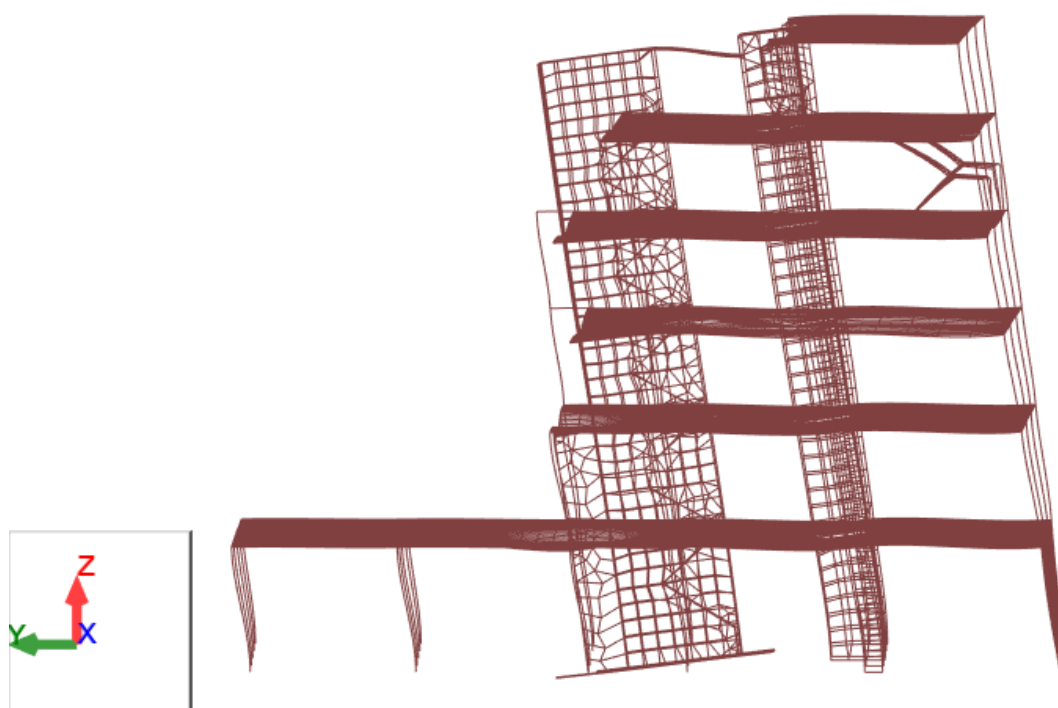


Figura 4.4 - Modo de vibração 1 (direção Y).

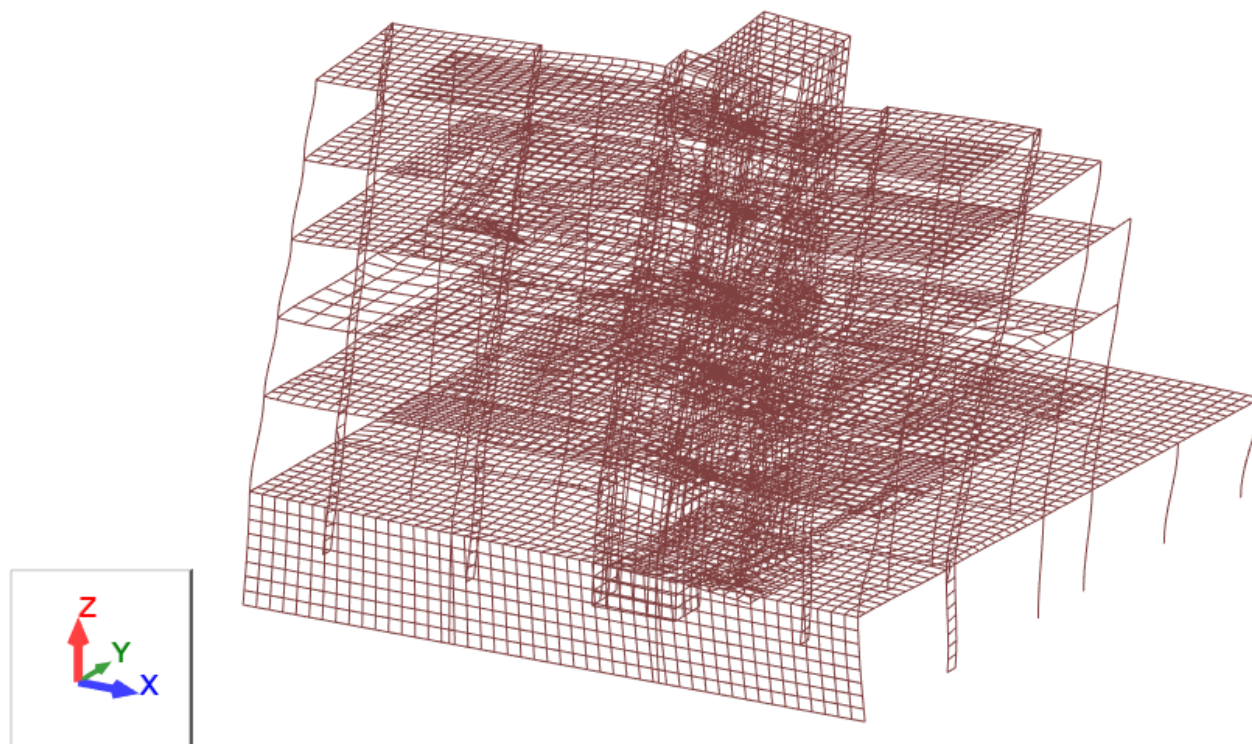


Figura 4.5 - Modo de vibração 3 (direção X).

CAPÍTULO 5

MODELAÇÃO NO ROBOT

Atualmente a concepção de projetos estruturais não dispensa a utilização de programas de cálculo automático. O programa utilizado neste projeto foi o Robot Structural Analysis.

Os esforços atuantes nos elementos estruturais podem ser obtidos por métodos tradicionais de cálculo, no entanto o mercado exige métodos mais rápidos e eficazes, assim como maior facilidade em obter esforços caso seja necessário alterar a estrutura. Apenas com um programa destes é possível analisar convenientemente a ação dinâmica.

Neste capítulo é abordada a forma como os elementos estruturais foram simulados no Robot, de modo a obter um modelo o mais próximo da realidade possível. A estrutura sofreu várias alterações ao longo do processo, ao nível de posicionamento e dimensão das secções. Aqui apenas é apresentado o modelo final.

A modelação inicia-se com a criação de uma grelha com eixos segundo x, y e z. Esta grelha terá como função facilitar no posicionamento dos elementos estruturais.

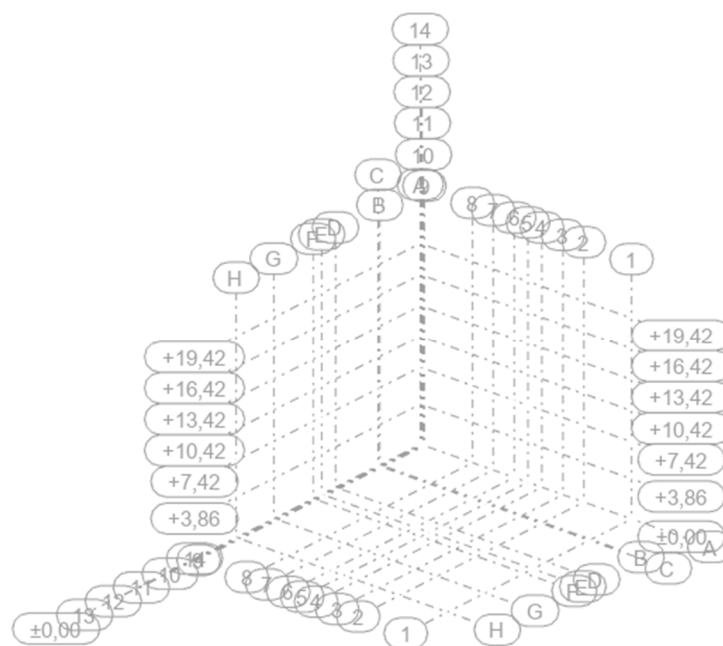


Figura 5.1 - Grelhas auxiliares.

Seguidamente é feita a introdução das características dos materiais da estrutura, como as classes de betão e aço.

5.1 VIGAS E PILARES

As vigas e os pilares foram modelados como elementos de barra. É necessário criar diferentes tipos de viga, com a respetiva referência, material, largura e altura. Os esforços nas barras são obtidos através da opção *Diagrams for Members*, onde é possível escolher qual o tipo de esforço pretendido.

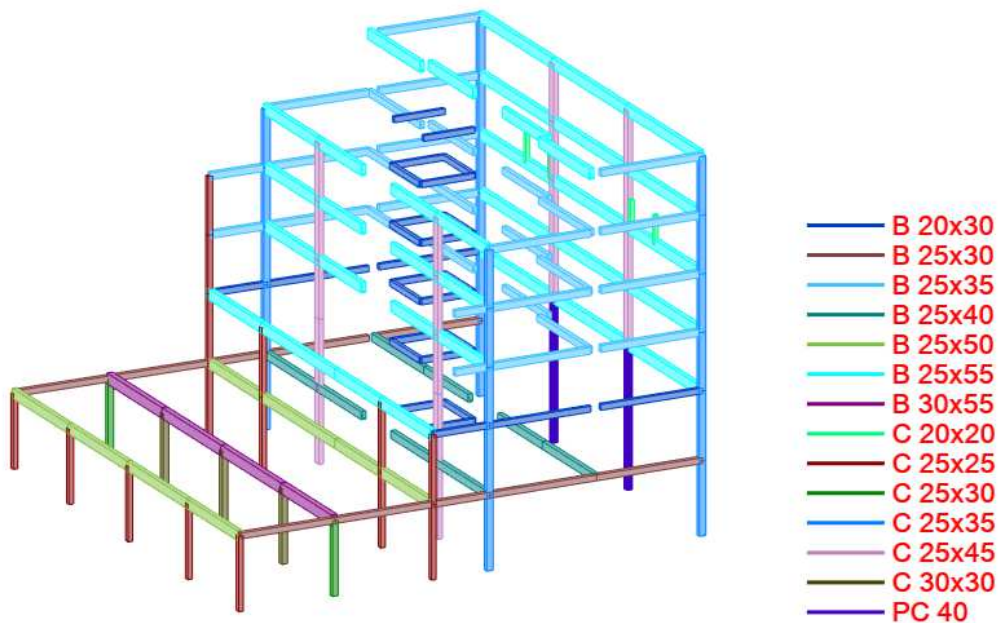


Figura 5.2 - Modelação de elementos de barras no Robot.

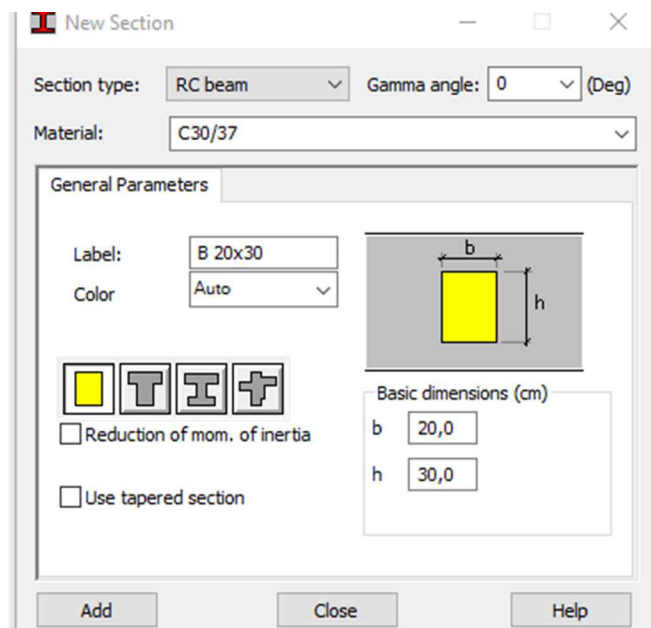


Figura 5.3 - Definição das propriedades das barras

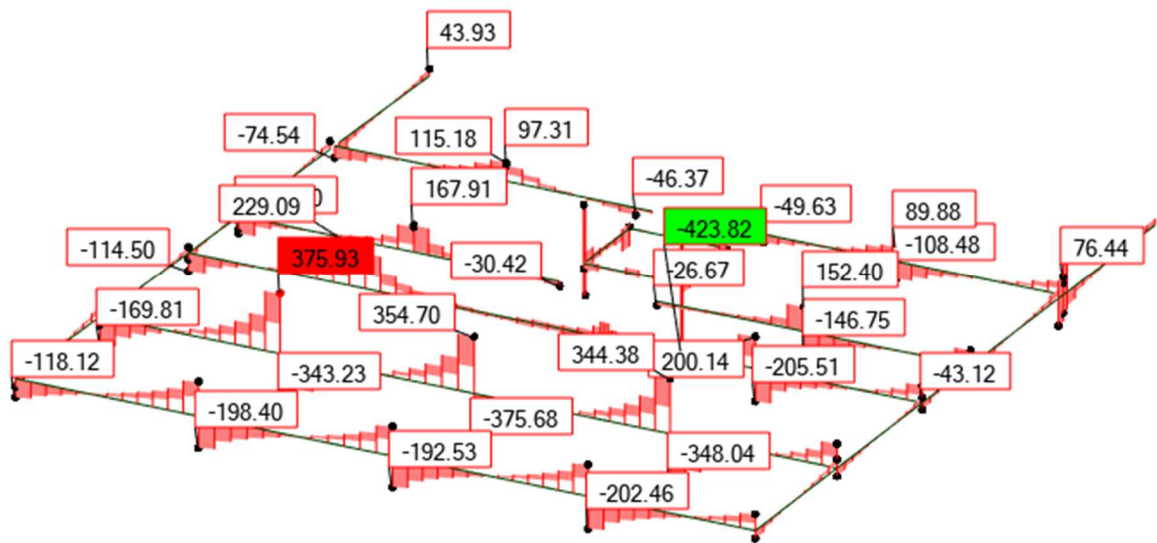


Figura 5.4 - Momentos fletores atuantes nas barras.



Figura 5.5 - Seleção dos esforços a visualizar.

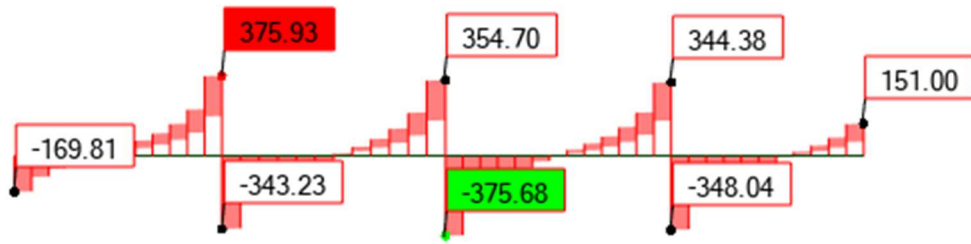


Figura 5.6 - Diagrama de esforço transversal de uma viga.

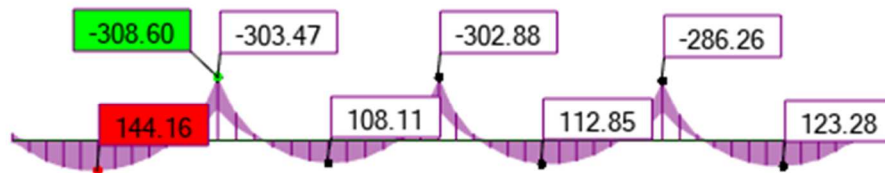


Figura 5.7 - Diagrama de momentos fletores de uma viga

5.2 LAJES E PAREDES

As lajes e as paredes foram modeladas como painéis, modelo *Shell*. Existem três tipos de lajes no projeto, maciças com vigas, fungiforme e aligeirada de vigotas. O Robot não dispõe de forma de introduzir as aligeiradas, pelo que foi necessário calcular uma espessura de laje maciça equivalente ao peso da laje de vigotas.

A laje de vigotas tem 27cm de espessura, pelo que a laje maciça equivalente tem uma altura $h = \text{peso próprio aligeirada} / \text{peso próprio betão} = 17\text{cm}$.

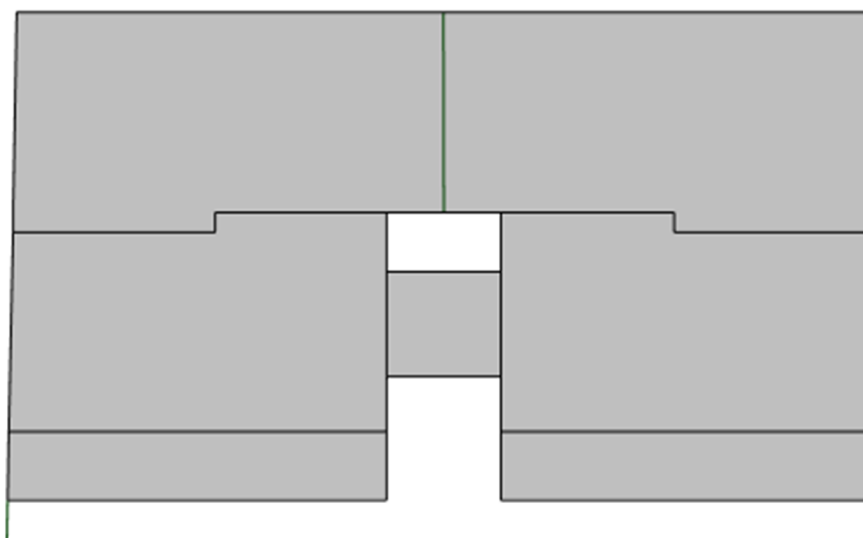


Figura 5.8 - Modelação de uma laje.

Os esforços nas lajes são obtidos através da opção *Maps*, onde é possível determinar a visualização dos momentos nas lajes inferiores e superiores, para as envolturas mais gravosas de cada uma delas.

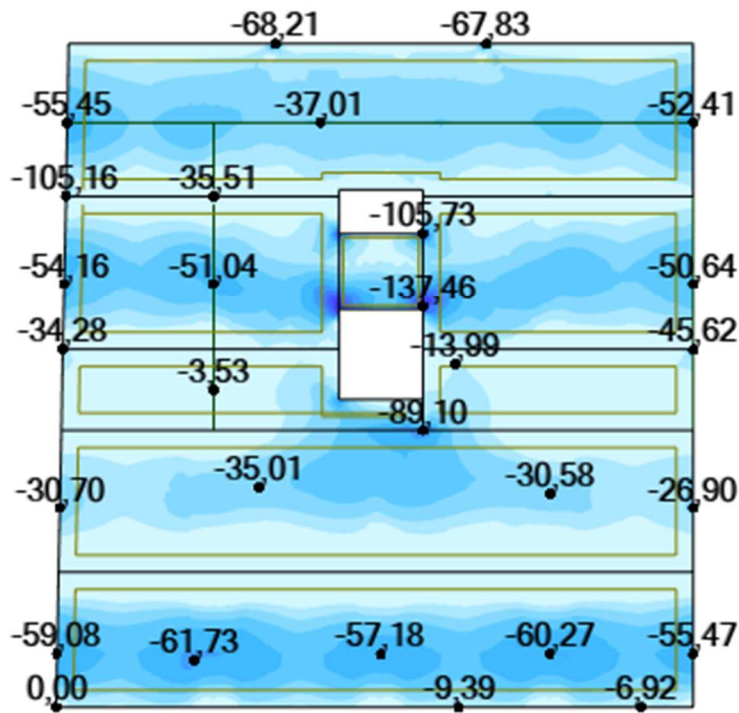


Figura 5.9 - Envolvente dos momentos fletores positivos para cálculo das armaduras inferiores na direção y.

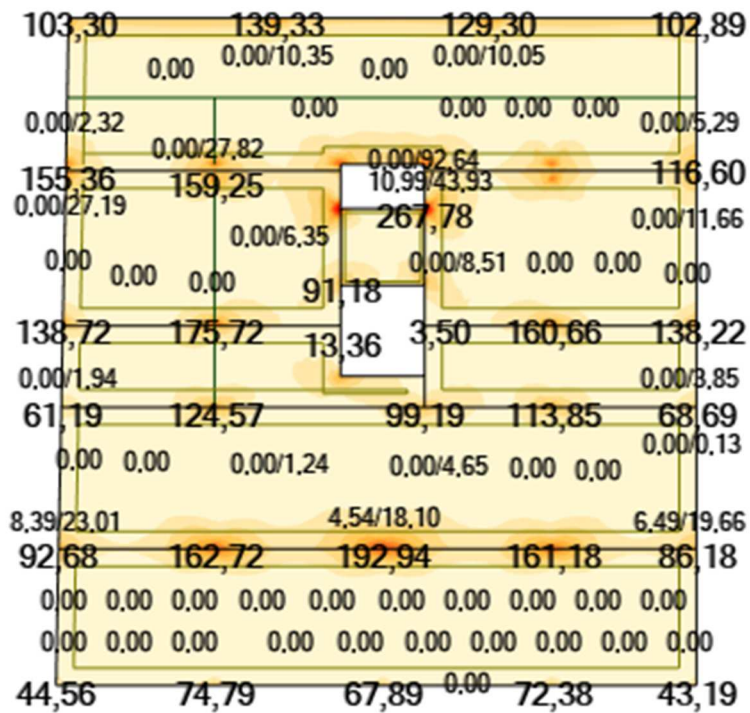


Figura 5.10 - Envolvente dos momentos fletores negativos para cálculo das armaduras superiores na direção y.

5.3 CONDIÇÕES DE APOIO

Os apoios dos pilares foram definidos como totalmente encastrados na base. As paredes foram apoiadas como *linear pinned*, ou seja, apoios lineares simples.

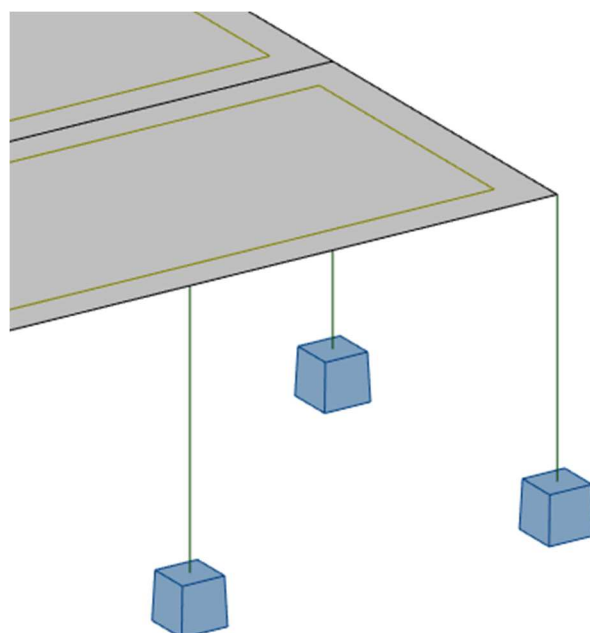


Figura 5.11 - Modelação dos apoios dos pilares.

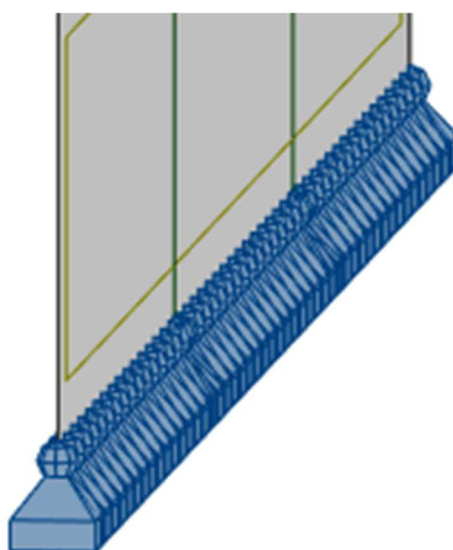


Figura 5.12 - Modelação dos apoios das paredes.

5.4 AÇÕES

As cargas permanentes foram inseridas com PP (Peso Próprio), RCP - Interior (restantes cargas permanentes no interior do edifício), RCP - Exterior (restantes cargas permanentes no exterior do edifício), RCP - Escadas (restantes cargas permanentes nas escadas), RCP - Cobertura (restantes cargas permanentes na cobertura), o impulso das terras e as fachadas. O peso próprio não é necessário inserir manualmente, pois o Robot fá-lo de forma automático, através da volumetria da estrutura e do material utilizado. Todas estas cargas, à exceção do peso próprio e das fachadas, foram introduzidas como cargas uniformemente distribuídas nos painéis. As fachadas são cargas lineares.

As ações variáveis, correspondentes às sobrecargas, foram inseridas conforme o tipo de utilização de cada zona do edifício (habitação, comércio, varandas, escadas, cobertura). Estas ações foram introduzidas como cargas uniformemente distribuídas nos painéis.

A ação variável correspondente ao vento foi inserida em duas direções, X e Y, com dois sentidos em cada. A nomenclatura utilizada foi Vento X+, Vento Y+, Vento X- e Vento Y-. Para introduzir estas cargas no modelo foi necessário criar um *cladding* nas fachadas do edifício. Os cladding tratam-se de painéis sem qualquer função estrutural e serviram para transmitir os esforços aos pisos.

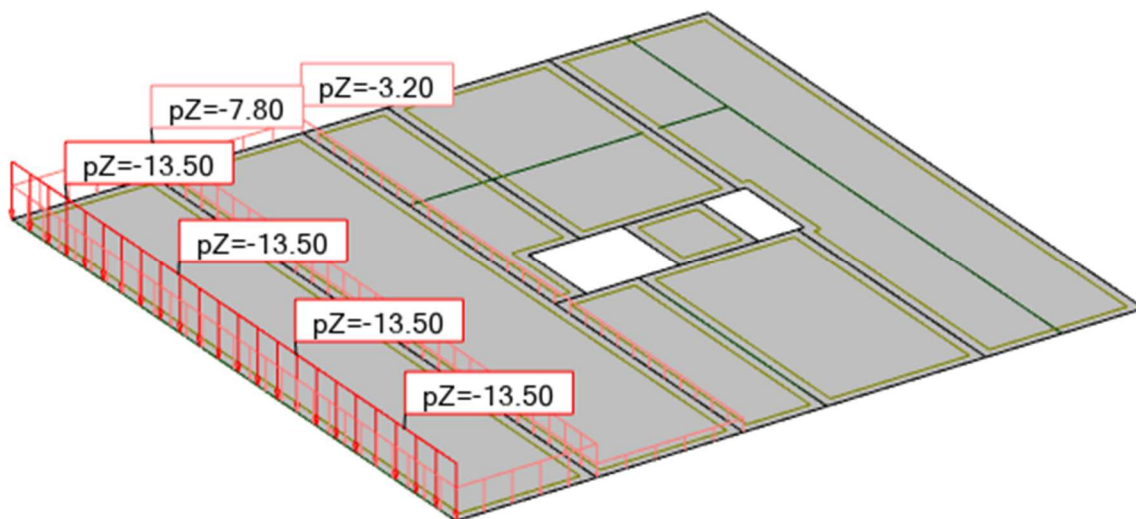


Figura 5.13 - Exemplo de cargas exteriores atuantes na laje

5.5 COMBINAÇÕES DE AÇÕES

O Robot permite criar combinações de ações de forma automática, no entanto, para ter um maior controlo sobre estas, foram introduzidas manualmente.

5.5.1 Estado Limite Último

Combinações Fundamentais

G

1.35 x G

G + Q

1.5G + 1.5Q

- Acção base Sobrecarga

$G + 1.5Q + 0.9V_x$

$G + 1.5Q - 0.9V_x$

$1.35G + 1.5Q + 0.9V_x$

$1.35G + 1.5Q - 0.9V_x$

$G + 1.5Q + 0.9V_y$

$G + 1.5Q - 0.9V_y$

$1.35G + 1.5Q + 0.9V_y$

$1.35G + 1.5Q - 0.9V_y$

G + 1.5Q

- Acção base Vento

$G + 1.5V_x + 1.5 \psi_0 Q$

G + 1.5V_x

$G - 1.5V_x + 1.5 \psi_0 Q$

G - 1.5V_x

$1.35G + 1.5V_x + 1.5 \psi_0 Q$

1.35G + 1.5V_x

$1.35G - 1.5V_x + 1.5 \cdot 1.5 \psi_0 Q$

CAPÍTULO 5

$$1.35GG - 1.5Vx$$

$$G + 1.5Vy + 1.5 \psi_0 Q$$

$$G + 1.5Vy$$

$$G - 1.5Vy + 1.5 \psi_0 Q$$

$$G - 1.5Vy$$

$$1.35G + 1.5Vy + 1.5 \psi_0 Q$$

$$1.35G + 1.5Vy$$

$$1.35G - 1.5Vy + 1.5 \psi_0 Q$$

$$1.35G - 1.5Vy$$

5.5.2 Estado Limite de Serviço

Combinações Quase-Permanentes

$$G + Q \psi_2$$

$$G + Q \psi_2 + Vx \psi_2$$

$$G + Q \psi_2 - Vx \psi_2$$

$$G + Vx \psi_2$$

$$G - Vx \psi_2$$

$$G + Q \psi_2 + Vy \psi_2$$

$$G + Q \psi_2 - Vy \psi_2$$

$$G + Vy \psi_2$$

$$G - Vy \psi_2$$

CAPÍTULO 6

DIMENSIONAMENTO

No presente capítulo realiza-se o dimensionamento dos elementos estruturais. Este dimensionamento deve obedecer aos critérios de segurança preconizados no Eurocódigo 2, distinguidos como Estado Limite de Utilização e Estado Limite Último. Os Estados Limites de Utilização são aqueles referentes ao funcionamento da estrutura, ao conforto das pessoas e ao aspeto da construção. Os Estados Limites Últimos são aqueles relativos à segurança das pessoas e à segurança da estrutura.

É necessário referir que após a solução estrutural estar definida e antes da modelação no programa Robot, foi efetuado um pré-dimensionamento. Este consistiu em determinar as dimensões das secções que em princípio iriam satisfazer os critérios de segurança exigidos.

Um pré-dimensionamento bem feito resultará em secções finais bastante próximas do inicialmente previsto.

- **Pré-dimensionamento de lajes**

Para efetuar o pré-dimensionamento das lajes maciças foi utilizada a seguinte expressão, referente ao momento reduzido:

$$\mu = \frac{M_{Ed}}{b d^2 f_{cd}} \quad (6.1)$$

Como as lajes do edifício estão apoiadas em dois bordos, foi utilizado o método tradicional de lajes simplesmente apoiadas para obter o momento atuante. A situação mais desfavorável é aquela com o maior vão. Os valores de momento reduzido deverão situar-se entre 0,10 e 0,15 para obter uma área de armadura razoável. Nestas condições foi obtida uma espessura de laje de 25cm.

- **Pré-dimensionamento de vigas**

O pré-dimensionamento das vigas foi efetuado com recurso ao mesmo método das lajes, mas com o momento reduzido ideal a variar entre 0,20 e 0,25. Cada viga foi analisada individualmente e a dimensão da base foi escolhida tendo em conta a espessura das paredes.

- **Pré-dimensionamento de pilares e vigas**

O pré-dimensionamento dos pilares inicia-se determinando a área de influência de cada pilar. É contabilizada toda a carga atuante nesta área para determinar a carga axial a utilizar na análise. A expressão utilizada na determinação da secção foi pilar é a seguinte:

$$A = \frac{N_{Ed}}{f_{cd}} \quad (6.2)$$

As paredes dos núcleos foram pré-dimensionadas com 20cm, de acordo com a planta de arquitetura.

6.1 ASPETOS GERAIS

Os Eurocódigos 2 e 8 ditam regras construtivas de pormenorização tais como:

- Recobrimento das armaduras;
- Distância mínima entre varões;
- Diâmetros mínimos de dobragem de varões;
- Comprimentos de amarração dos varões;
- Comprimentos de emenda de armaduras.

6.1.1 Recobrimento das Armaduras

O recobrimento das armaduras é a distância entre a superfície da armadura que fica mais próxima da superfície de betão mais próxima e esta última, e deve ser especificado nos desenhos. Este depende das condições de exposição do edifício e é fundamental para garantir a proteção do aço das armaduras contra a corrosão.

A expressão que dá origem ao recobrimento é a seguinte:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} \quad (6.3)$$

em que:

$$c_{min} = \max \{c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10mm\}$$

$$\Delta c_{dev} = 10mm$$

$$c_{min,b} = \text{diâmetro do varão}$$

$$c_{min,dur} = 35mm$$

Os valores de $\Delta c_{dur,\gamma}$, $\Delta c_{dur,st}$, $\Delta c_{dur,add}$ podem ser considerados iguais a 0 por recomendação do Eurocódigo 2.

Posto isto, o valor do recobrimento nominal é igual a 45 mm

6.1.2 Distância mínima entre varões

A distância entre varões deve permitir uma betonagem e uma compactação do betão satisfatória e assegurar adequadas condições de aderência. Este valor não deverá ser inferior ao maior dos valores seguintes:

K_1 vezes o diâmetro do varão;

$d_g + k_2$ mm;

20 mm.

K_1 e K_2 são recomendados pelo Eurocódigo como sendo igual a 1mm e 5mm respetivamente. d_g é a dimensão máxima do agregado.

Após os cálculos, a distância mínima requerida é 20 mm.

6.1.3 Diâmetro mínimo de dobragem de varões

O diâmetro mínimo de dobragem de um varão deve ser tal que não provoque o aparecimento de fendas no varão assim como a rotura do betão no interior da curva do varão.

Este valor, $\phi_{m,min}$, é obtido através do Quadro 8.1N do Eurocódigo 2:

Se $\phi \leq 16$ mm, $\phi_{m,min} = 4\phi$

Se $\phi > 16$ mm, $\phi_{m,min} = 7\phi$

Os valores dos diâmetros mínimos de dobragem de varões são apresentados na tabela seguinte:

Tabela 6.1 – Diâmetro mínimo de dobragem de varões.

Φ (mm)	$\Phi_{m,min}$ (mm)
8	32
10	40
12	48
16	64
20	140
25	175

6.1.4 Comprimentos de amarração dos varões

Os varões devem ser amarrados de modo a assegurarem uma boa transferência para o betão das forças de aderência. O cálculo do comprimento de amarração necessário deve ter em consideração o tipo de aço e as propriedades de aderência dos varões.

O comprimento de amarração de cálculo é obtido através de:

$$l_{bd} = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5 l_{b,rqd} \geq l_{b,min} \quad (6.4)$$

em que:

$$l_{b,rqd} = \frac{\phi}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}}$$

$$\sigma_{sd} = \frac{500}{1,15}$$

$$f_{bd} = 2.25 \eta_1 \eta_2 f_{ctd}$$

$$\eta_1 = 0,7$$

$$\eta_2 = 1,0$$

$$f_{ctd} = \frac{\alpha_{ct} f_{ctk,0,05}}{\gamma_c}$$

$$\alpha_{ct} = 1,0$$

$$f_{ctk,0,05} = 2,0$$

$$\gamma_c = 1,5$$

$$l_{b,min} \geq \max \{ 0,6 l_{b,rqd}; 10\phi; 100 \text{ mm} \}$$

Admitindo como caso mais desfavorável os varões sempre comprimidos:

$$\alpha_1 = 1,0$$

$$\alpha_2 = 1,0$$

$$\alpha_3 = 1,0$$

$$\alpha_4 = 0,7$$

$$\alpha_5 = 1,0$$

Posto isto, os valores do comprimento de amarração obtidos são os seguintes:

Tabela 6.2 – Comprimentos de amarração dos varões.

ϕ (mm)	$l_{b,rqd}$ (mm)	$l_{b,min}$ (mm)	l_{bd} (mm)	l_{bd} adotado (mm)
8	414,1	248,5	289,9	300,0
10	517,6	310,6	362,3	400,0
12	621,2	372,7	434,84	450,0
16	828,2	496,9	579,7	600,0
20	1035,2	621,1	724,6	750,0
25	1294,0	776,4	905,8	950,0

6.1.5 Comprimento de emenda de armaduras

A transmissão dos esforços de um varão para outro é realizada por sobreposição de varões, soldadura ou dispositivos mecânicos. O comprimento de sobreposição é obtido por:

$$l_0 = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_5 \alpha_6 l_{b,rqd} \geq l_{0,min} \quad (6.5)$$

em que:

$$l_{0,min} = \max\{0,3 \alpha_6 l_{b,rqd}; 15\phi; 200 \text{ mm}\}$$

$$\alpha_1 = 1,0$$

$$\alpha_2 = 1,0$$

$$\alpha_3 = 1,0$$

$$\alpha_5 = 1,0$$

$$\alpha_6 = 1,5$$

Tabela 6.3 – Comprimentos de emenda de armaduras.

ϕ (mm)	$l_{b,rqd}$ (mm)	$l_{0,min}$ (mm)	l_0 (mm)	l_0 adotado (mm)
8	414,1	200,0	621,2	650,0
10	517,6	232,9	776,4	800,0

12	621,2	279,5	931,8	950,0
16	828,2	372,7	1242,3	1250,0
20	1035,2	465,8	1552,8	1600,0
25	1294,0	582,3	1941	1950,0

6.2 ESTADO LIMITE ÚLTIMO

6.2.1 Dimensionamento das Vigas

O dimensionamento de uma viga inicia-se pelo cálculo da armadura longitudinal, para os momentos positivos e negativos. O primeiro passo é calcular o momento reduzido, através da expressão:

$$\mu = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} \quad (6.6)$$

onde:

b – largura da viga

M_{Ed} – momento fletor máximo atuante

f_{cd} – valor de cálculo da tensão de rotura do betão à compressão

Seguidamente calcula-se a percentagem mecânica de armadura através da expressão:

$$\omega = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{b \cdot d \cdot f_{cd}} \quad (6.7)$$

onde:

A_s – área da secção de armadura

f_{yd} = valor de cálculo da resistência do aço

Depois de calculada a armadura, é necessário que esta respeite os valores máximo e mínimos de armadura presentes no regulamento.

As armaduras máximas ($A_{s,max}$) e mínimas ($A_{s,min}$) obtêm-se pelas expressões:

$$A_{s,min} \geq \begin{cases} 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d \\ 0.04 \cdot A_c \end{cases} \quad (6.8)$$

$$A_{s,max} = 0.04 \cdot A_c \quad (6.9)$$

onde:

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

f_{yk} – valor característico da tensão de cedência à tração do aço das armaduras para betão armado

A_c – área de betão da secção

A escolha da armadura é também condicionada pelo espaçamento entre varões (d_{livre}), que tem de ser maior ou igual ao espaçamento mínimo:

$$d_{livre} = \frac{b-2c_{nom}-(ne \cdot \phi)-(nv \cdot \phi)}{\text{número de espaços}} \geq d_{min} \geq \begin{cases} \phi_{max} \\ dg + 5 \\ 20 \text{ mm} \end{cases} \quad (6.10)$$

onde:

c_{nom} – recobrimento nominal

ϕ – recobrimento da armadura

ne – número de estribos

nv – número de varões

d_g – dimensão nominal máxima do agregado

De seguida é efetuada a verificação ao esforço transversal, que se inicia com o cálculo do esforço transversal máximo resistente, pela expressão:

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cm} \cdot b_w \cdot z \cdot v \cdot f_{cd} \cdot \left(\frac{1}{\cot\theta + \tan\theta} \right) \quad (6.11)$$

onde:

α_{cm} – coeficiente que tem em conta o estado de tensão no banzo comprimido

z – $0.9 \times d$

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

$$v = 0.6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right)$$

θ - ângulo formado pela escora comprimida de betão com o eixo da viga

Sendo as vigas elementos estruturais que requerem armadura de esforço transversal, a sua resistência é obtida por:

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{yd} \cdot \cot\theta \quad (6.12)$$

onde:

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

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

Também estas armaduras precisam de respeitar o valor mínimo presentes no regulamento:

$$\left(\frac{A_{sw}}{s}\right)_{min} = \rho_{min} \cdot b_w \cdot sen\alpha \tag{6.13}$$

onde:

ρ_{min} – taxa de armadura mínima de esforço transversal:

$$\rho_{min} = 0.08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

α – ângulo formado pela armadura de esforço transverso com o eixo da viga, neste caso igual a 1

O espaçamento longitudinal máximo das armaduras de esforço transverso é obtido através de:

$$s_{l,max} = 0.75 \cdot d \cdot (1 + cotg\alpha) \tag{6.14}$$

O espaçamento transversal máximo das armaduras de esforço transverso é obtido através de:

$$s_{t,max} \leq \begin{cases} 0.75 d \\ 600 mm \end{cases} \tag{6.15}$$

O cálculo foi otimizado através de uma folha de cálculo, facilitando assim a visualização final dos resultados. São apresentados a seguir exemplos de cálculo de algumas vigas:

Tabela 6.4 - Tabela de cálculo de vigas à flexão.

Piso	Designação	Geometria			Esforços actuantes				Flexão								
		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_{alma+} [cm ²]	$\mu-$	$w-$	$A_{s,máx-}$ [cm ²]	A_{alma-} [cm ²]
Piso 4	V1.4	0,25	0,55	0,50	99,28	185,90	155,92	0,00	1,87	0,080	0,087	4,96	0,20	0,151	0,173	9,90	0,40
Piso 4	V2.4	0,25	0,35	0,30	29,98	69,28	113,08	0,00	1,12	0,068	0,073	2,48	0,10	0,157	0,182	6,21	0,25
Piso 4	V3.4	0,25	0,35	0,30	32,59	70,28	114,69	0,00	1,12	0,074	0,079	2,71	0,11	0,159	0,185	6,31	0,25
Piso 4	V4.4	0,25	0,55	0,50	65,61	56,20	98,48	0,00	1,87	0,053	0,056	3,20	0,13	0,046	0,048	2,72	0,11
Piso 4	V5.4	0,25	0,55	0,35	71,11	52,02	98,79	0,00	1,32	0,116	0,130	5,22	0,21	0,085	0,092	3,71	0,15
Piso 4	V6.4	0,25	0,35	0,30	25,67	67,90	91,05	0,00	1,12	0,058	0,062	2,10	0,08	0,154	0,178	6,07	0,24
Piso 4	V7.4	0,25	0,35	0,30	27,03	69,47	90,30	0,00	1,12	0,061	0,065	2,22	0,09	0,158	0,182	6,23	0,25
Piso 4	V8.4	0,20	0,30	0,25	43,29	50,62	334,21	0,00	0,74	0,177	0,209	4,75	0,19	0,207	0,250	5,69	0,23

Tabela 6.5 - Tabela de cálculo de vigas ao esforço transverso.

Piso	Designação	Geometria			Esforços actuantes				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 _{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 _{l máx} [m]
Piso 4	V1.4	0,25	0,55	0,50	99,28	185,90	155,92	0,00	2,19	85,22	55,77	49,77	472,35	70,70	4,01	0,00	4,01	0,30	0,39
Piso 4	V2.4	0,25	0,35	0,30	29,98	69,28	113,08	0,00	2,19	50,92	34,97	34,97	282,27	62,16	4,87	0,00	4,87	0,24	0,24
Piso 4	V3.4	0,25	0,35	0,30	32,59	70,28	114,69	0,00	2,19	50,92	36,02	34,97	282,27	63,77	4,93	0,00	4,93	0,24	0,24
Piso 4	V4.4	0,25	0,55	0,50	65,61	56,20	98,48	0,00	2,19	85,22	45,63	49,77	472,35	13,26	2,53	0,00	2,53	0,30	0,39
Piso 4	V5.4	0,25	0,55	0,35	71,11	52,02	98,79	0,00	2,19	60,01	43,03	39,03	332,64	38,78	3,61	0,00	3,61	0,30	0,39
Piso 4	V6.4	0,25	0,35	0,30	25,67	67,90	91,05	0,00	2,19	50,92	33,10	34,97	282,27	40,13	3,92	0,00	3,92	0,24	0,24
Piso 4	V7.4	0,25	0,35	0,30	27,03	69,47	90,30	0,00	2,19	50,92	33,71	34,97	282,27	39,38	3,88	0,00	3,88	0,24	0,24
Piso 4	V8.4	0,20	0,30	0,25	43,29	50,62	334,21	0,00	1,75	33,88	34,53	24,80	187,80	300,33	17,29	0,00	17,29	0,20	0,20

6.2.2 Dimensionamento das Lajes

O dimensionamento da armadura longitudinal uma laje inicia-se da mesma forma que uma viga. É calculado o momento reduzido (μ) e a percentagem mecânica de armadura (ω) através das mesmas fórmulas, adotando uma largura (b) igual a 1m.

As armaduras máximas e mínimas são obtidas pelas expressões:

$$A_{s,min} \geq \begin{cases} 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d \\ 0,0013 \cdot A_c \end{cases} \quad (6.16)$$

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c \quad (6.17)$$

As lajes deste edifício não requerem o cálculo de armadura de esforço transverso. A sua resistência é o maior dos valores:

$$V_{Rd,c} \geq \begin{cases} 0,12 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} \cdot b_w \cdot d \\ 0,0035 \cdot k^{\frac{2}{3}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} \cdot b_w \cdot d \end{cases} \quad (6.18)$$

onde:

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2$$

$$\rho l = \frac{A_s}{b \cdot x \cdot d}$$

6.2.3 Dimensionamento dos Pilares e Paredes

Durante o percurso académico, o dimensionamento de pilares e paredes foi realizado pelo REBAP. Por este motivo, foi utilizado o mesmo método no presente edifício.

O cálculo inicia-se avaliando se a estrutura é de nós fixos ou de nós variáveis. Esta avaliação é efetuada através da expressão:

$$h_{total} \cdot \sqrt{\frac{\sum N}{\sum EI}} \leq \eta \quad (6.19)$$

onde:

h_{total} – altura total do edifício

I – momento de inércia dos pilares

E – módulo de elasticidade do betão

$$\eta = \begin{cases} 0.2 + 0.1n, & \text{para } n \leq 4 \\ 0.6, & \text{para } n > 4 \end{cases}$$

De seguida é necessário calcular a esbelteza nas duas direções:

$$\lambda = \frac{l_0}{i} \quad (6.20)$$

onde:

l_0 – comprimento efetivo

i = raio de giração

O cálculo da encurvadura pode ser dispensado, se uma das seguintes condições for verificada:

$$\lambda \leq 35 \quad (6.21)$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Ed}} \geq 3.5 \cdot h \quad (6.22)$$

Se for necessário considerar os efeitos de encurvadura, são usadas as expressões:

$$ea \geq \begin{cases} \frac{l_0}{300} \\ 0.02 \end{cases} \quad (6.23)$$

$$e2 = \frac{1}{r} \cdot \frac{l_0^2}{10} \quad (6.24)$$

onde:

$$\frac{1}{r} = \frac{5}{h} \cdot 10^{-3} \cdot \eta$$

$$\eta \leq \begin{cases} \frac{0.4 \cdot f_{cd} \cdot A_c}{N_{Ed}} \\ 1 \end{cases}$$

Somando a excentricidade acidental com a excentricidade de segunda ordem, é obtida a excentricidade.

Depois de adicionado o efeito da encurvadura nas zonas críticas, são calculadas as armaduras necessárias para cada um dos três pontos críticos, através das expressões:

$$\nu = \frac{N_{Ed}}{b_x \cdot b_y \cdot f_{cd}} \quad (6.25)$$

$$\mu_x = \frac{M_{Edx}}{b_x \cdot b_y^2 \cdot f_{cd}} \quad (6.26)$$

$$\mu_y = \frac{M_{Edy}}{b_y \cdot b_x^2 \cdot f_{cd}} \quad (6.27)$$

De seguida é calculada a percentagem de armadura:

$$\omega = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{b_x \cdot b_y \cdot f_{cd}} \quad (6.28)$$

Os limites de armadura e espaçamentos são obtidos por:

$$A_{s,min} \geq \begin{cases} \frac{0.1 \cdot N_{Ed}}{f_{yd}} \\ 0.002 \cdot A_c \end{cases} \quad (6.29)$$

$$A_{s,max} \leq 0.04 \cdot A_c \quad (6.30)$$

$$s_{max} = 30cm \quad (6.31)$$

As armaduras transversais devem respeitar as condições:

$$\phi \geq \begin{cases} 6mm \\ \frac{\phi_l}{4} \end{cases} \quad (6.32)$$

$$s_{lt,max} \geq \begin{cases} 15 \cdot \phi_{min} \\ \text{lado menor} \\ 30cm \end{cases} \quad (6.33)$$

O cálculo dos pilares foi também realizado com recurso a uma folha de cálculo, como demonstrado no seguinte exemplo:

Tabela 6.6 - Tabela de cálculo de um pilar.

Barra/Comb	excentricidades [mm]						NSd [kN]	MSd _y [kN.m]	MSd _z [kN.m]	Armaduras			
	e _{ay}	e _{2y}	e _{min,y}	e _{az}	e _{2z}	e _{min,z}				A _{s,calc} [cm ²]	A _{s,min} [cm ²]	ρ %	Adoptada
B131/C35	20,0	18,0	3,1	20,0	6,4	0,2	879,37	28,19	53,15	3,50	0,00	0,20%	-
B131/C36	20,0	18,0	3,1	20,0	6,4	0,2	873,80	28,82	53,18	3,50	0,00	0,20%	-
B131/C37	20,0	18,0	4,0	20,0	6,4	0,3	1133,71	35,43	68,01	3,50	0,00	0,20%	-
B131/C38	20,0	18,0	4,0	20,0	6,4	0,3	1128,15	36,45	68,03	3,50	0,00	0,20%	-
B131/C39	20,0	18,0	3,1	20,0	6,4	0,2	876,58	27,45	53,17	3,50	0,00	0,20%	-
B131/C40	20,0	18,0	2,7	20,0	6,4	0,2	818,32	26,43	48,06	3,50	0,00	0,20%	-
B131/C41	20,0	18,0	2,3	20,0	6,4	0,2	716,86	22,95	40,76	3,50	0,00	0,20%	-
B131/C42	20,0	18,0	3,0	20,0	6,4	0,2	838,00	25,25	51,68	3,50	0,00	0,20%	-
B131/C43	20,0	18,0	2,5	20,0	6,4	0,2	736,54	21,76	44,54	3,50	0,00	0,20%	-
B131/C44	20,0	18,0	3,6	20,0	6,4	0,3	1072,66	34,24	62,90	3,50	0,00	0,20%	-
B131/C45	20,0	18,0	3,2	20,0	6,4	0,2	971,21	30,75	55,69	3,50	0,00	0,20%	-
B131/C46	20,0	18,0	3,9	20,0	6,4	0,3	1092,34	33,07	66,61	3,50	0,00	0,20%	-
B131/C47	20,0	18,0	3,5	20,0	6,4	0,2	990,89	29,58	59,47	3,50	0,00	0,20%	-
B131/C48	20,0	18,0	2,9	20,0	6,4	0,2	832,79	28,59	49,83	3,50	0,00	0,20%	-
B131/C49	20,0	18,0	2,4	20,0	6,4	0,2	731,34	25,38	42,69	3,50	0,00	0,20%	-
B131/C50	20,0	18,0	2,9	20,0	6,4	0,2	823,52	28,82	49,83	3,50	0,00	0,20%	-
B131/C51	20,0	18,0	2,4	20,0	6,4	0,2	722,07	25,58	42,62	3,50	0,00	0,20%	-
B131/C52	20,0	18,0	3,8	20,0	6,4	0,3	1087,14	35,83	64,76	3,50	0,00	0,20%	-
B131/C53	20,0	18,0	3,3	20,0	6,4	0,3	985,69	32,62	57,62	3,50	0,00	0,20%	-
B131/C54	20,0	18,0	3,8	20,0	6,4	0,3	1077,86	36,45	64,69	3,50	0,00	0,20%	-
B131/C55	20,0	18,0	3,3	20,0	6,4	0,3	976,41	33,21	57,55	3,50	0,00	0,20%	-
B131/C56	20,0	18,0	2,4	20,0	6,4	0,2	726,70	22,35	42,65	3,50	0,00	0,20%	-
B131/C57	20,0	18,0	3,3	20,0	6,4	0,2	981,05	30,17	57,58	3,50	0,00	0,20%	-
B131/C58	20,0	18,0	2,8	20,0	6,4	0,2	826,62	25,75	49,59	3,50	0,00	0,20%	-
B131/C59	20,0	17,3	4,4	20,0	6,2	0,3	1239,93	38,30	73,49	3,50	0,00	0,20%	-
B131/C70	20,0	18,0	2,2	20,0	6,4	0,3	804,48	33,29	41,26	3,50	0,00	0,20%	-
B131/C71	20,0	18,0	2,9	20,0	6,4	0,3	708,00	39,54	54,62	3,50	0,00	0,20%	-
B131/C72	20,0	18,0	2,2	20,0	6,4	0,2	795,88	24,80	41,36	3,50	0,00	0,20%	-
B131/C73	20,0	18,0	2,9	20,0	6,4	0,2	716,60	28,31	53,55	3,50	0,00	0,20%	-
B131/C74	20,0	18,0	2,4	20,0	6,4	0,3	783,76	37,03	43,40	3,50	0,00	0,20%	-
B131/C75	20,0	18,0	2,7	20,0	6,4	0,3	728,72	46,50	46,00	3,50	0,00	0,20%	-
B131/C76	20,0	18,0	2,5	20,0	6,4	0,3	755,08	32,68	43,74	3,50	0,00	0,20%	-
B131/C77	20,0	18,0	2,6	20,0	6,4	0,3	757,40	30,74	45,67	3,50	0,00	0,20%	-
B131/C201	20,0	18,0	2,5	20,0	6,4	0,2	756,11	23,35	44,65	3,50	0,00	0,20%	-
B10131/C35	20,0	18,0	3,1	20,0	6,4	0,2	883,50	28,30	53,31	3,50	0,00	0,20%	-
B10131/C36	20,0	18,0	3,1	20,0	6,4	0,2	877,82	28,92	53,33	3,50	0,00	0,20%	-

Barra/Comb	excentricidades [mm]						NSd [kN]	MSd _y [kN.m]	MSd _z [kN.m]	Armaduras			
	e _{ay}	e _{2y}	e _{miny}	e _{az}	e _{2z}	e _{minz}				A _{s,calc} [cm ²]	A _{s,min} [cm ²]	ρ %	Adoptada
B10131/C37	20,0	18,0	4,0	20,0	6,4	0,3	1138,56	35,55	68,20	3,50	0,00	0,20%	-
B10131/C38	20,0	18,0	4,0	20,0	6,4	0,3	1132,88	36,57	68,21	3,50	0,00	0,20%	-
B10131/C39	20,0	18,0	3,1	20,0	6,4	0,2	880,66	27,56	53,32	3,50	0,00	0,20%	-
B10131/C40	20,0	18,0	2,7	20,0	6,4	0,2	821,64	26,51	48,19	3,50	0,00	0,20%	-
B10131/C41	20,0	18,0	2,3	20,0	6,4	0,2	718,76	23,00	40,84	3,50	0,00	0,20%	-
B10131/C42	20,0	18,0	3,0	20,0	6,4	0,2	841,61	25,35	51,82	3,50	0,00	0,20%	-
B10131/C43	20,0	18,0	2,6	20,0	6,4	0,2	738,72	21,82	44,62	3,50	0,00	0,20%	-
B10131/C44	20,0	18,0	3,6	20,0	6,4	0,3	1076,70	34,35	63,05	3,50	0,00	0,20%	-
B10131/C45	20,0	18,0	3,2	20,0	6,4	0,2	973,81	30,82	55,79	3,50	0,00	0,20%	-
B10131/C46	20,0	18,0	3,9	20,0	6,4	0,3	1096,67	33,19	66,78	3,50	0,00	0,20%	-
B10131/C47	20,0	18,0	3,5	20,0	6,4	0,2	993,78	29,66	59,58	3,50	0,00	0,20%	-
B10131/C48	20,0	18,0	2,9	20,0	6,4	0,2	836,36	28,68	49,97	3,50	0,00	0,20%	-
B10131/C49	20,0	18,0	2,4	20,0	6,4	0,2	733,47	25,44	42,77	3,50	0,00	0,20%	-
B10131/C50	20,0	18,0	2,9	20,0	6,4	0,2	826,89	28,91	49,95	3,50	0,00	0,20%	-
B10131/C51	20,0	18,0	2,4	20,0	6,4	0,2	724,01	25,63	42,69	3,50	0,00	0,20%	-
B10131/C52	20,0	18,0	3,8	20,0	6,4	0,3	1091,42	35,94	64,93	3,50	0,00	0,20%	-
B10131/C53	20,0	18,0	3,3	20,0	6,4	0,3	988,53	32,70	57,72	3,50	0,00	0,20%	-
B10131/C54	20,0	18,0	3,8	20,0	6,4	0,3	1081,95	36,55	64,85	3,50	0,00	0,20%	-
B10131/C55	20,0	18,0	3,3	20,0	6,4	0,3	979,06	33,28	57,65	3,50	0,00	0,20%	-
B10131/C56	20,0	18,0	2,4	20,0	6,4	0,2	728,74	22,40	42,73	3,50	0,00	0,20%	-
B10131/C57	20,0	18,0	3,3	20,0	6,4	0,2	983,80	30,24	57,68	3,50	0,00	0,20%	-
B10131/C58	20,0	18,0	2,9	20,0	6,4	0,2	830,02	25,84	49,72	3,50	0,00	0,20%	-
B10131/C59	20,0	17,2	4,4	20,0	6,1	0,3	1245,03	38,41	73,59	3,50	0,00	0,20%	-
B10131/C70	20,0	18,0	2,2	20,0	6,4	0,3	806,55	33,34	41,34	3,50	0,00	0,20%	-
B10131/C71	20,0	18,0	2,9	20,0	6,4	0,3	710,30	39,54	54,62	3,50	0,00	0,20%	-
B10131/C72	20,0	18,0	2,2	20,0	6,4	0,2	797,91	24,86	41,44	3,50	0,00	0,20%	-
B10131/C73	20,0	18,0	2,9	20,0	6,4	0,2	718,95	28,38	53,55	3,50	0,00	0,20%	-
B10131/C74	20,0	18,0	2,4	20,0	6,4	0,3	785,98	37,03	43,48	3,50	0,00	0,20%	-
B10131/C75	20,0	18,0	2,7	20,0	6,4	0,3	730,88	46,50	46,09	3,50	0,00	0,20%	-
B10131/C76	20,0	18,0	2,5	20,0	6,4	0,3	757,16	32,74	43,82	3,50	0,00	0,20%	-
B10131/C77	20,0	18,0	2,6	20,0	6,4	0,3	759,70	30,80	45,76	3,50	0,00	0,20%	-
B10131/C201	20,0	18,0	2,5	20,0	6,4	0,2	758,49	23,41	44,74	3,50	0,00	0,20%	-

6.2.4 Dimensionamento das Sapatas

As sapatas devem ser dimensionadas geotecnicamente e estruturalmente. Nas sapatas em estudo, centradas e com flexão desviada, inicia-se o cálculo das excentricidades nas duas direções através de:

$$e = \frac{M}{V+P} \tag{6.34}$$

onde:

M – momento fletor

V – carga vertical

P – peso próprio da sapata

É necessário verificar se a resultante das ações se encontra dentro ou fora do núcleo central, através da fórmula:

$$\frac{e_y}{B_y} + \frac{e_z}{B_z} \leq \frac{1}{6} \tag{6.35}$$

onde:

B_y e B_z – dimensões da sapata, respetivamente nas direções paralelas aos eixos y e z

Se esta condição for verificada, a resultante encontra-se no interior do núcleo central.

Para esta condição, a tensão em cada um dos cantos da sapata é obtida pela expressão:

$$\sigma_{gi} = \frac{V+P}{B_y \cdot B_z} \cdot \left(1 \mp \frac{6 e_y}{B_y} \cdot \frac{6 e_z}{B_z}\right) \quad (6.36)$$

onde:

i – cantos da sapata de 1 a 4

É também necessário respeitar o valor da tensão admissível do solo. A tensão instalada na base da sapata não deve exceder este valor. Esta condição é verificada através da expressão:

$$\sigma_{g3/4} = \frac{3 \sigma_{g1} + \sigma_{g2}}{4} \leq \sigma_{adm} \quad (6.37)$$

O valor de tensão admissível (σ_{adm}) considerado para este terreno foi 350 kPa.

De seguida procede-se ao dimensionamento estrutural. A verificação ao esforço transversal inicia-se com o cálculo da resultante das tensões na base da sapata, nas duas direções. A distância a que se encontra esta resultante é obtida através de:

$$X = \frac{B - b_0}{2} - d \quad (6.38)$$

onde:

B – dimensão da sapata na respetiva direção

b_0 – dimensão do pilar

As resultantes calculadas nestas secções devem ser inferiores ao esforço transversal resistente:

$$V_{Rd,c} = 0.12 k (100 \rho_l f_{ck})^{\frac{1}{3}} b_w d \quad (6.39)$$

onde:

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2.0$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w d}$$

O valor de $V_{Rd,c}$ não deve ser inferior a:

$$V_{Rd,c} < v_{min} b_w d \quad (6.40)$$

onde:

$$v_{min} = 0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

O próximo passo é fazer a verificação de segurança à flexão. Após a determinação dos momentos atuantes, são calculadas a armadura longitudinal e a percentagem de armadura mecânica pelo mesmo método já referido anteriormente no dimensionamento das lajes. Esta armadura deverá também respeitar os limites impostos pelo regulamento.

O último passo é a verificação de segurança ao Punçoamento. Inicia-se pelo cálculo do valor de cálculo da tensão de Punçoamento atuante:

$$V_{Ed} = \frac{\beta V_{Ed,red}}{u_i d} \quad (6.41)$$

onde:

u_i – valor do perímetro de controlo considerado

β – coeficiente que tem em atenção uma eventual excentricidade de aplicação da carga

$$\beta = 1 + 1.8 \sqrt{\left(\frac{e_y}{b_z}\right)^2 + \left(\frac{e_z}{y}\right)^2}$$

Este valor tem de ser menor que o valor de cálculo da máxima tensão resistente:

$$V_{Rd,max} = 0.5 v f_{cd} \quad (6.42)$$

onde:

$$v = 0.6 (1 - f_{ck} / 200)$$

Também tem que ser menor que o valor de cálculo da tensão resistente:

$$V_{Rd,c} = 0.12 k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} \times 2d / a \quad (6.43)$$

mas:

$$V_{Rd,c} \geq v_{min} \times 2d / a \quad (6.44)$$

onde:

a – distância da face do pilar ao perímetro de controlo considerado

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2.0$$

CAPÍTULO 6

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{ly} \rho_{lz}}$$

$$\rho_{ly} = \frac{A_{sly}}{b \times d}$$

$$\rho_{lz} = \frac{A_{slz}}{b \times d}$$

Novamente fui utilizada uma folha de cálculo no dimensionamento das sapatas:

Tabela 6.7 - Tabela de cálculo de uma sapata.

Sapata	Esforços segundo a convenção vectorial				Dimensões da sapata			Tensões no solo			Armaduras		τ _{sol} [Mpa]	Observações
	Nsd [kN]	Msdx [kN.m]	Msdz [kN.m]	Nsd _{calc} [kN]	d [m]	A [m]	B [m]	σ _{max} [Mpa]	σ _{min} [Mpa]	σ _{3d} [Mpa]	As _x [cm ² /m]	As _y [cm ² /m]		
9/35 (C)	940,2	14,78	0,03	1002,075	0,500	1,500	2,000	0,349	0,319	0,341	3,830	6,719	0,598	OK
9/36 (C)	923,36	6,13	0,01	985,235	0,500	1,500	2,000	0,335	0,322	0,331	3,718	6,523	0,580	OK
9/37 (C)	1180,4	17,19	0,03	1242,275	0,500	1,500	2,000	0,431	0,397	0,423	4,741	8,318	0,740	OK
9/38 (C)	1163,56	8,53	0,01	1225,435	0,500	1,500	2,000	0,417	0,400	0,413	4,630	8,122	0,722	OK
9/39 (C)	931,78	10,46	0,02	993,655	0,500	1,500	2,000	0,342	0,321	0,336	3,774	6,621	0,589	OK
9/40 (C)	849,69	11,24	0,05	911,565	0,500	1,500	2,000	0,315	0,293	0,310	3,472	6,090	0,542	OK
9/41 (C)	677,93	8,73	0,05	739,805	0,500	1,500	2,000	0,255	0,238	0,251	2,815	4,939	0,439	OK
9/42 (C)	866,41	7,52	-0,02	928,285	0,500	1,500	2,000	0,317	0,302	0,313	3,513	6,163	0,548	OK
9/43 (C)	694,65	5,00	-0,02	756,525	0,500	1,500	2,000	0,257	0,247	0,255	2,857	5,012	0,446	OK
9/44 (C)	1089,89	13,65	0,05	1151,765	0,500	1,500	2,000	0,398	0,370	0,391	4,383	7,690	0,684	OK
9/45 (C)	918,13	11,13	0,05	980,005	0,500	1,500	2,000	0,338	0,315	0,332	3,727	6,538	0,581	OK
9/46 (C)	1106,61	9,92	-0,01	1168,485	0,500	1,500	2,000	0,399	0,380	0,394	4,424	7,762	0,690	OK
9/47 (C)	934,86	7,40	-0,02	996,735	0,500	1,500	2,000	0,340	0,325	0,336	3,768	6,611	0,588	OK
9/48 (C)	872,08	16,60	0,03	933,955	0,500	1,500	2,000	0,328	0,295	0,320	3,585	6,290	0,559	OK
9/49 (C)	700,33	14,08	0,03	762,205	0,500	1,500	2,000	0,268	0,240	0,261	2,929	5,138	0,457	OK
9/50 (C)	844,01	2,17	0,00	905,885	0,500	1,500	2,000	0,304	0,300	0,303	3,399	5,963	0,530	OK
9/51 (C)	672,26	-0,35	0,00	734,135	0,500	1,500	2,000	0,245	0,244	0,245	2,747	4,819	0,429	OK
9/52 (C)	1112,29	19,00	0,04	1174,165	0,500	1,500	2,000	0,410	0,372	0,401	4,497	7,889	0,702	OK
9/53 (C)	940,53	16,48	0,03	1002,405	0,500	1,500	2,000	0,351	0,318	0,342	3,840	6,738	0,599	OK
9/54 (C)	1084,21	4,57	0,01	1146,085	0,500	1,500	2,000	0,387	0,377	0,384	4,311	7,563	0,673	OK
9/55 (C)	912,46	2,05	0,00	974,335	0,500	1,500	2,000	0,327	0,323	0,326	3,654	6,411	0,570	OK
9/56 (C)	686,29	6,86	0,01	748,165	0,500	1,500	2,000	0,256	0,243	0,253	2,836	4,975	0,442	OK
9/57 (C)	926,5	9,27	0,02	988,375	0,500	1,500	2,000	0,339	0,320	0,334	3,748	6,575	0,585	OK
9/58 (C)	849,95	9,26	0,02	911,825	0,500	1,500	2,000	0,313	0,295	0,309	3,461	6,072	0,540	OK
9/59 (C)	1274,93	13,89	0,02	1336,805	0,500	1,500	2,000	0,460	0,432	0,453	5,076	8,905	0,792	Comb. Condicionante
9/70 (C) (CQC)	792,2	25,94	0,51	854,075	0,500	1,500	2,000	0,311	0,258	0,298	3,343	5,864	0,522	OK
9/71 (C) (CQC)	701,18	-15,84	-0,5	763,055	0,500	1,500	2,000	0,271	0,238	0,263	2,946	5,168	0,460	OK
9/72 (C) (CQC)	772,26	16,38	0,45	834,135	0,500	1,500	2,000	0,295	0,261	0,287	3,214	5,638	0,501	OK
9/73 (C) (CQC)	721,13	-6,28	-0,44	783,005	0,500	1,500	2,000	0,268	0,254	0,264	2,966	5,204	0,463	OK
9/74 (C) (CQC)	790,6	25,81	0,24	852,475	0,500	1,500	2,000	0,310	0,258	0,297	3,334	5,849	0,520	OK
9/75 (C) (CQC)	702,78	-15,71	-0,23	764,655	0,500	1,500	2,000	0,271	0,239	0,263	2,949	5,173	0,460	OK
9/76 (C) (CQC)	724,1	-6,05	0,06	785,975	0,500	1,500	2,000	0,268	0,256	0,265	2,973	5,216	0,464	OK
9/77 (C) (CQC)	769,28	16,14	-0,05	831,155	0,500	1,500	2,000	0,293	0,261	0,285	3,198	5,611	0,499	OK
21/35 (C)	920,9	13,64	0	982,775	0,500	1,500	2,000	0,341	0,314	0,334	3,751	6,581	0,585	OK
21/36 (C)	920,83	6,17	-0,01	982,705	0,500	1,500	2,000	0,334	0,321	0,331	3,709	6,507	0,579	OK
21/37 (C)	1162,29	15,94	0	1224,165	0,500	1,500	2,000	0,424	0,392	0,416	4,666	8,187	0,728	OK
21/38 (C)	1162,21	8,47	-0,01	1224,085	0,500	1,500	2,000	0,417	0,400	0,412	4,624	8,113	0,721	OK
21/39 (C)	920,87	9,90	0,00	982,745	0,500	1,500	2,000	0,337	0,318	0,333	3,730	6,544	0,582	OK
21/40 (C)	854,60	7,16	0,03	916,475	0,500	1,500	2,000	0,313	0,298	0,309	3,467	6,082	0,541	OK
21/41 (C)	692,92	4,83	0,03	754,795	0,500	1,500	2,000	0,256	0,247	0,254	2,849	4,999	0,445	OK

DIMENSIONAMENTO

21/42 (C)	848,09	10,66	-0,04	909,965	0,500	1,500	2,000	0,314	0,293	0,309	3,462	6,074	0,540	OK
21/43 (C)	686,41	8,32	-0,04	748,285	0,500	1,500	2,000	0,258	0,241	0,254	2,845	4,991	0,444	OK
21/44 (C)	1095,99	9,46	0,03	1157,865	0,500	1,500	2,000	0,395	0,376	0,391	4,382	7,688	0,684	OK
21/45 (C)	934,30	7,13	0,03	996,175	0,500	1,500	2,000	0,339	0,325	0,336	3,765	6,605	0,587	OK
21/46 (C)	1089,47	12,96	-0,04	1151,345	0,500	1,500	2,000	0,397	0,371	0,390	4,378	7,680	0,683	OK
21/47 (C)	927,79	10,62	-0,04	989,665	0,500	1,500	2,000	0,341	0,319	0,335	3,760	6,597	0,587	OK
21/48 (C)	851,41	15,14	0,01	913,285	0,500	1,500	2,000	0,320	0,289	0,312	3,500	6,140	0,546	OK
21/49 (C)	689,73	12,80	0,01	751,605	0,500	1,500	2,000	0,263	0,238	0,257	2,882	5,056	0,450	OK
21/50 (C)	851,28	2,68	-0,02	913,155	0,500	1,500	2,000	0,307	0,302	0,306	3,429	6,016	0,535	OK
21/51 (C)	689,60	0,35	-0,01	751,475	0,500	1,500	2,000	0,251	0,250	0,251	2,812	4,933	0,439	OK
21/52 (C)	1092,80	17,44	0,01	1154,675	0,500	1,500	2,000	0,402	0,367	0,394	4,415	7,746	0,689	OK
21/53 (C)	931,11	15,10	0,01	992,985	0,500	1,500	2,000	0,346	0,316	0,339	3,797	6,662	0,592	OK
21/54 (C)	1092,67	4,98	-0,02	1154,545	0,500	1,500	2,000	0,390	0,380	0,387	4,345	7,622	0,678	OK
21/55 (C)	930,98	2,65	-0,02	992,855	0,500	1,500	2,000	0,334	0,328	0,332	3,727	6,539	0,582	OK
21/56 (C)	689,66	6,57	0,00	751,535	0,500	1,500	2,000	0,257	0,244	0,254	2,847	4,994	0,444	OK
21/57 (C)	931,05	8,87	0,00	992,925	0,500	1,500	2,000	0,340	0,322	0,335	3,762	6,600	0,587	OK
21/58 (C)	843,80	8,79	0,00	905,675	0,500	1,500	2,000	0,311	0,293	0,306	3,435	6,027	0,536	OK
21/59 (C)	1265,70	13,19	-0,01	1327,575	0,500	1,500	2,000	0,456	0,429	0,449	5,038	8,838	0,786	OK
21/70 (C) (CQC)	784,56	25,54	0,50	846,435	0,500	1,500	2,000	0,308	0,256	0,295	3,312	5,810	0,517	OK
21/71 (C) (CQC)	711,63	-15,77	-0,50	773,505	0,500	1,500	2,000	0,274	0,241	0,266	2,984	5,235	0,466	OK
21/72 (C) (CQC)	780,54	18,15	0,45	842,415	0,500	1,500	2,000	0,300	0,262	0,290	3,255	5,710	0,508	OK
21/73 (C) (CQC)	715,65	-8,39	-0,45	777,525	0,500	1,500	2,000	0,268	0,250	0,264	2,957	5,188	0,461	OK
21/74 (C) (CQC)	765,14	22,28	0,23	827,015	0,500	1,500	2,000	0,298	0,253	0,287	3,219	5,647	0,502	OK
21/75 (C) (CQC)	731,05	-12,52	-0,23	792,925	0,500	1,500	2,000	0,277	0,251	0,271	3,037	5,327	0,474	OK
21/76 (C) (CQC)	751,72	-2,34	0,05	813,595	0,500	1,500	2,000	0,274	0,269	0,272	3,055	5,360	0,477	OK
21/77 (C) (CQC)	744,47	12,10	-0,06	806,345	0,500	1,500	2,000	0,281	0,257	0,275	3,083	5,409	0,481	OK

CAPÍTULO 7

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. A solução final só foi conseguida após várias iterações, tendo surgido alterações que deverão ser propostas à arquitetura.

O desenvolvimento do projeto foi importante para perceber a importância da utilização de um programa de cálculo automático no dimensionamento estrutural. É importante realçar que a utilização destes programas deve ser sempre feita de forma cuidada e com julgamento atento, pois requerem uma certa experiência. Existem processos que podem ser otimizados, como o cálculo das armaduras através do Robot. Isto poderia otimizar ainda mais o processo de dimensionamento, visto que esta fase foi realizada através de folhas de cálculo onde são inseridos os esforços obtidos no Robot.

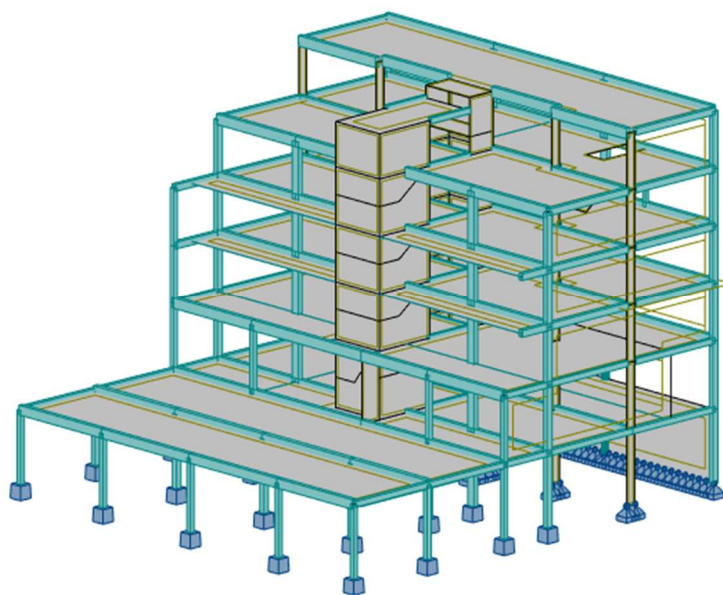


Figura 7.1 - Estrutura modelada no Robot.

CAPÍTULO 7

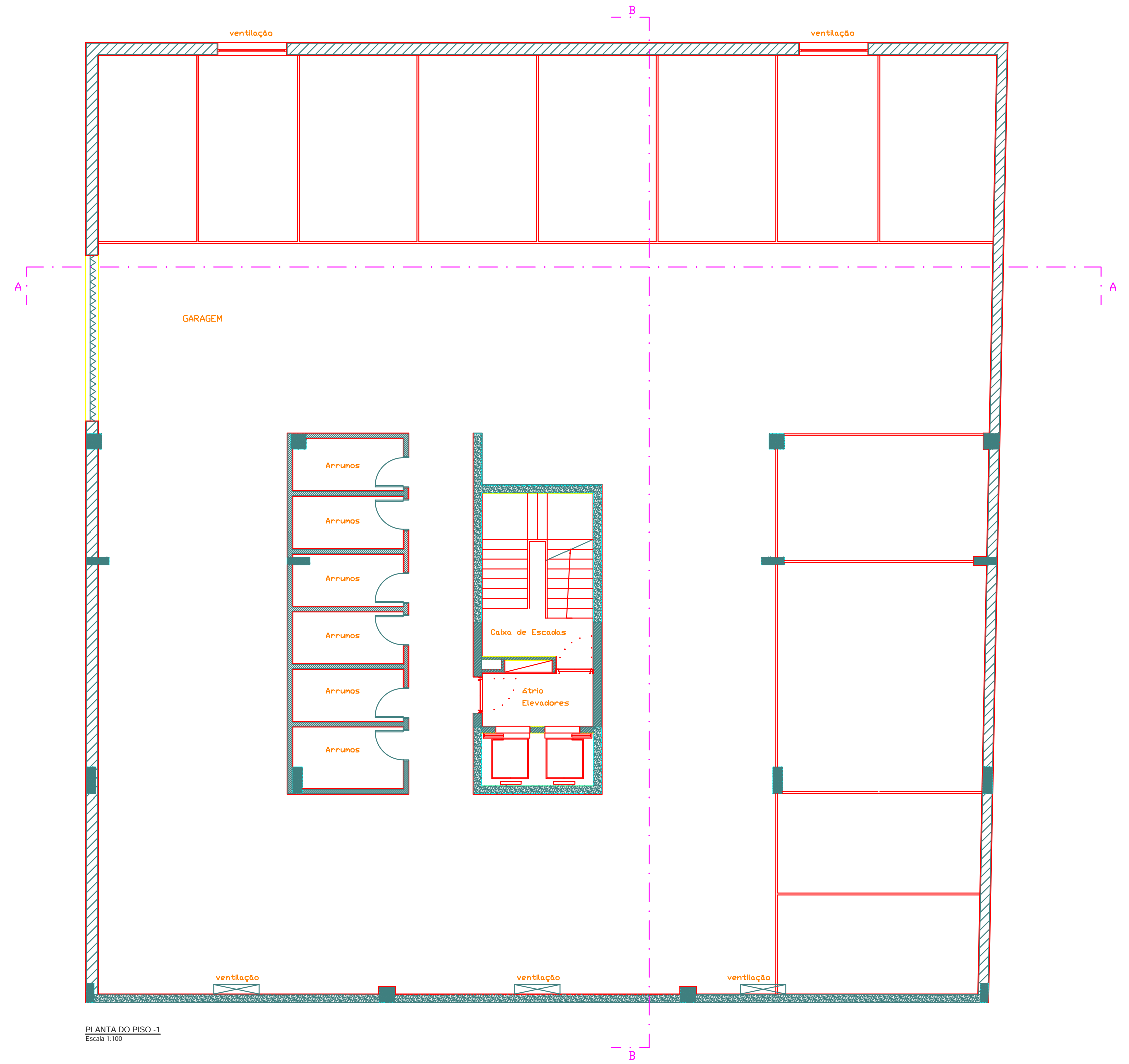
Foi também adquirida a competência de elaborar as peças desenhadas constituintes de um projeto de estabilidade. A elaboração destas peças apenas foi possível com a utilização do programa AutoCAD, essencial no trabalho de qualquer projetista. É essencial dominar o programa de desenho para ser possível a interoperabilidade com os desenhos de arquitetura, onde são sobrepostos os elementos estruturais.

Uma das maiores vantagens de realizar este projeto é este poder ser utilizado como consulta num futuro próximo, dentro do mercado de trabalho, devido à sua semelhança com o que é feito profissionalmente.

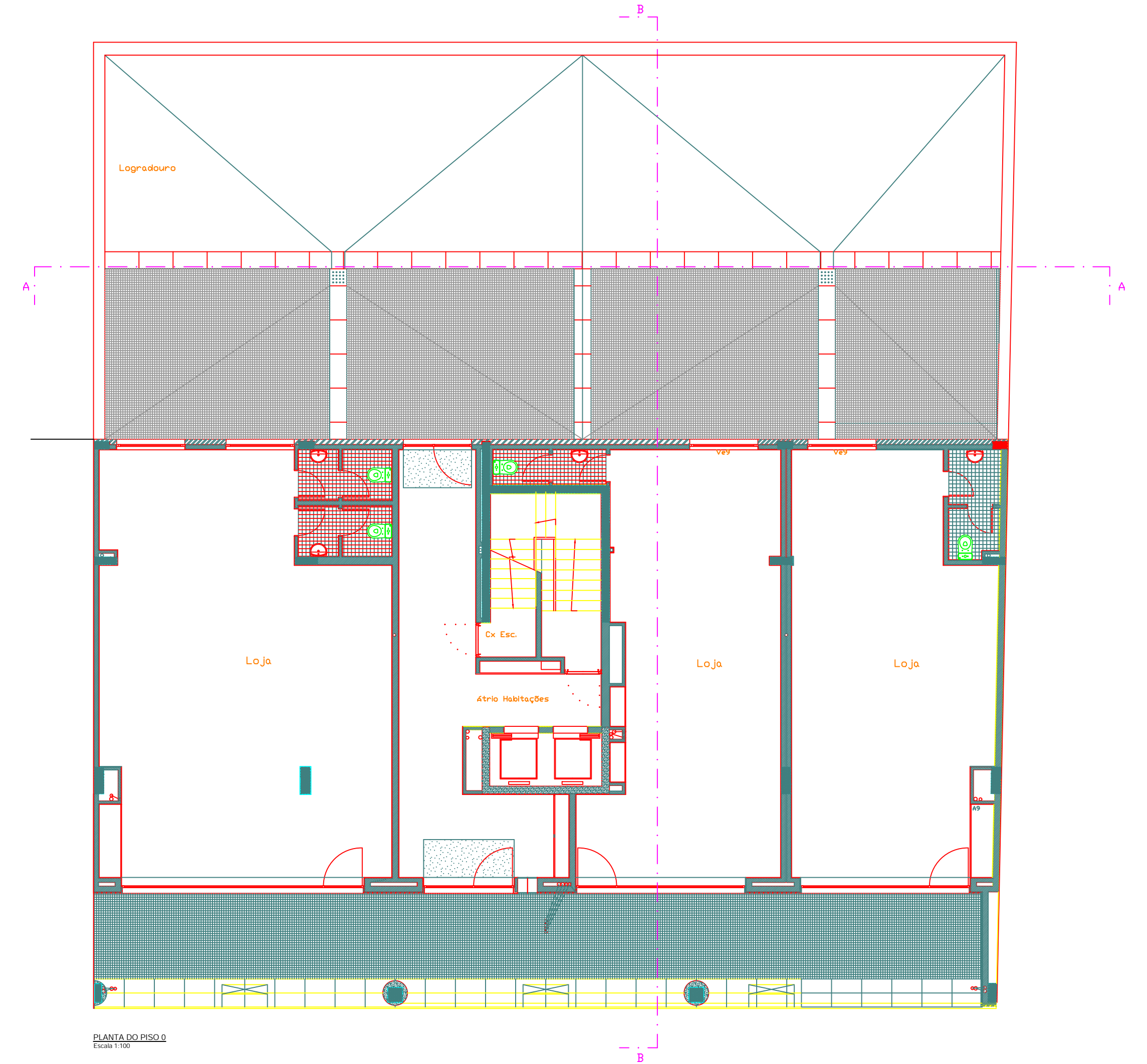
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. NP EN 1992-1-1 – Eurocódigo 2 – Projeto de estruturas de betão, Parte 1-1: Regras gerais e regras para edifício : Instituto Português de Qualidade, 2010
2. NP EN 1991-1-1 – Eurocódigo 1 - Ações em estruturas, Parte 1: Ações 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 da Qualidade, 2010
4. NP EN 1997-1 – Eurocódigo 7 - Projeto geotécnico, Parte 1: Regras gerais. Caparica : Instituto Português da Qualidade, 2010
5. NP EN 1997-8 – Eurocódigo 8 - Projeto de estruturas para resistência aos sismos, Parte 1: Regras gerais, ações sísmicas, e regras para edifícios. Caparica : Instituto Português da Qualidade, 2010
6. REBAP. Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado. Maia: Imprensa Nacional, 2010

ANEXO 1 – PROJETO DE ARQUITETURA

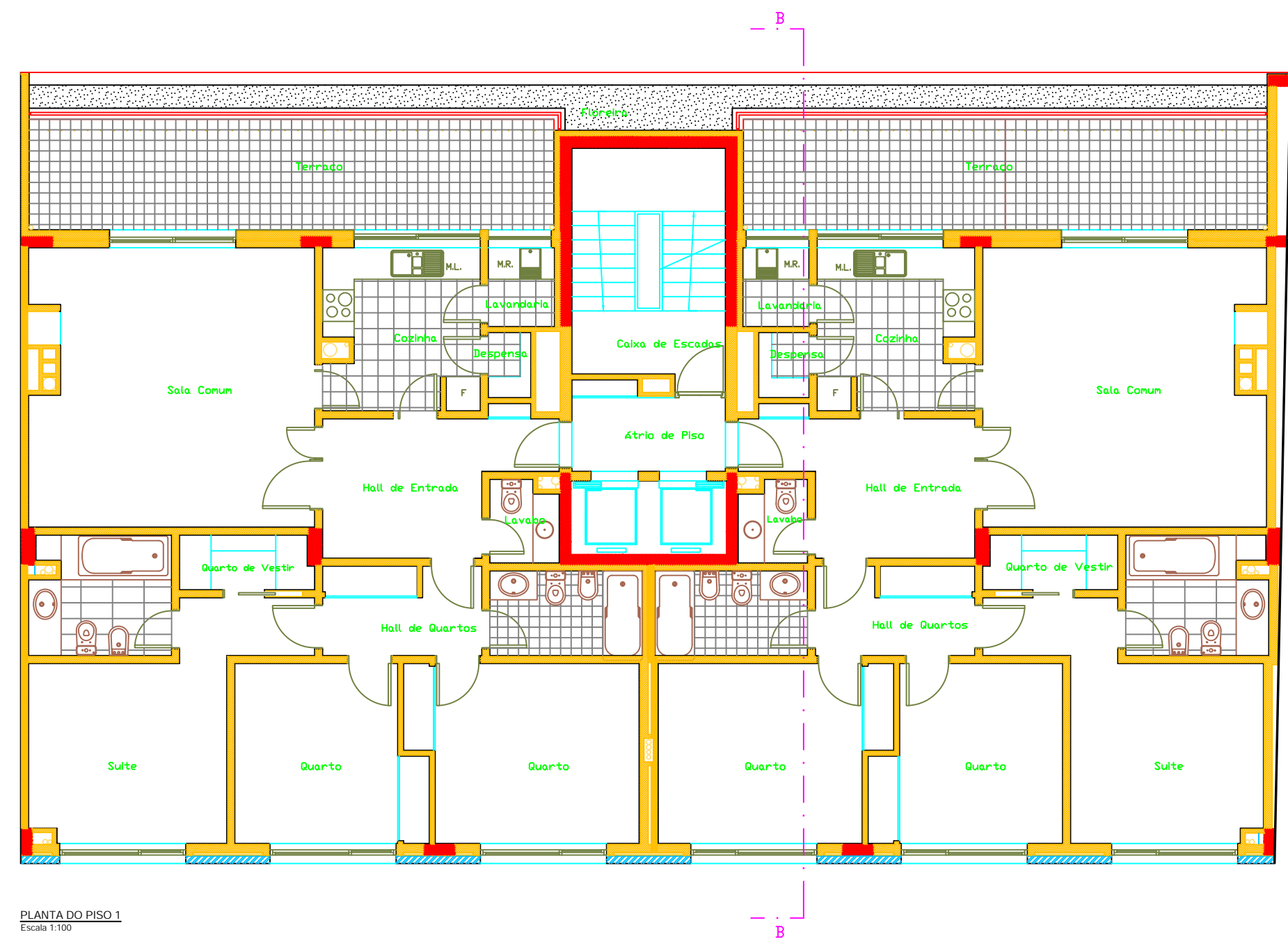


PLANTA DO PISO 0
Escala 1:100

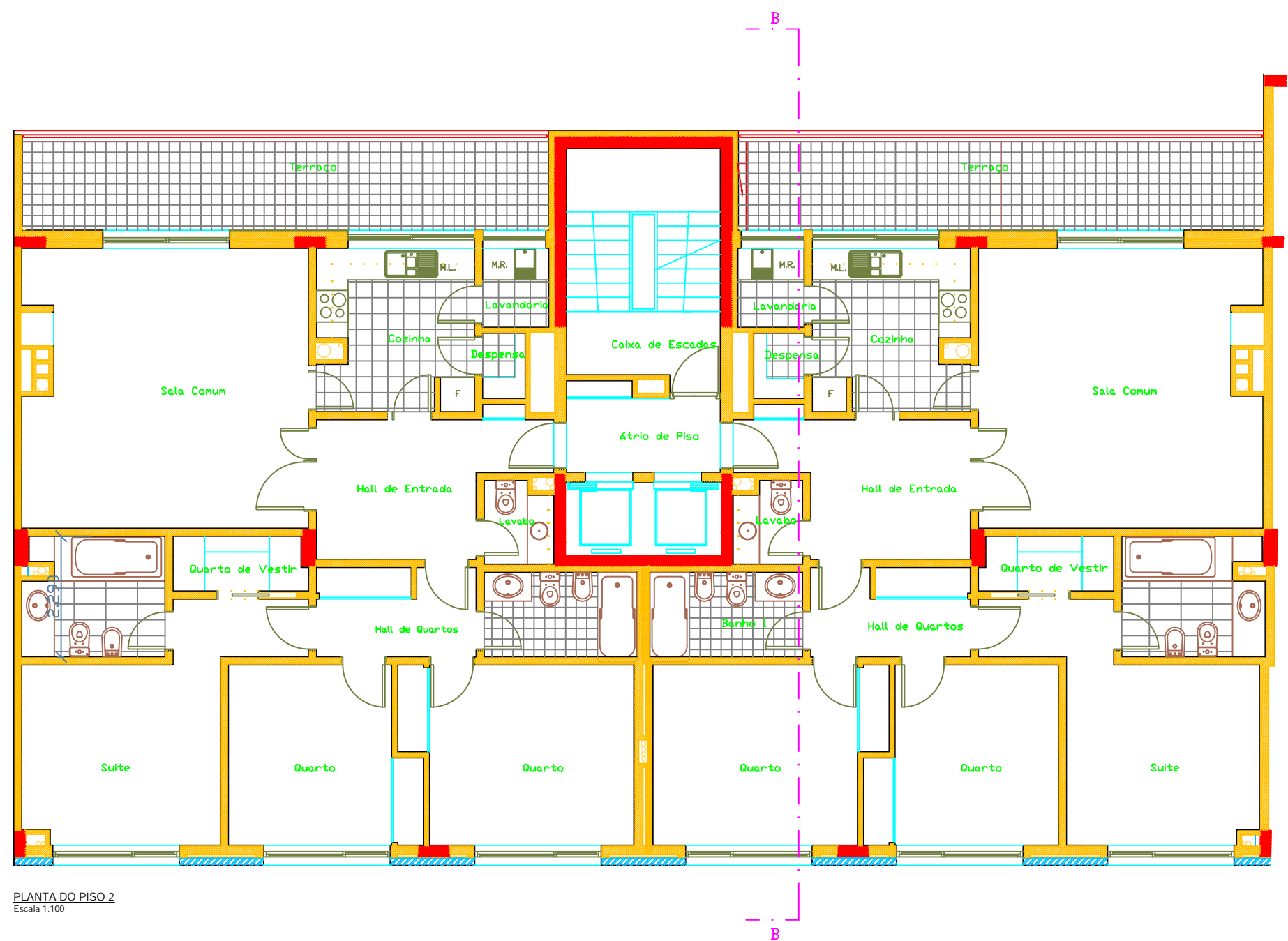


PLANTA DO PISO -1
Escala 1:100

requerente: DIPRE - 2019/20	escalas: 1:100	designação: Edifício de comércio e habitação	processo nº
fase: EXECUÇÃO	especialidade: ARQUITECTURA	data: 2019	Plantas do Piso -1 e Piso 0
			desenho nº 01

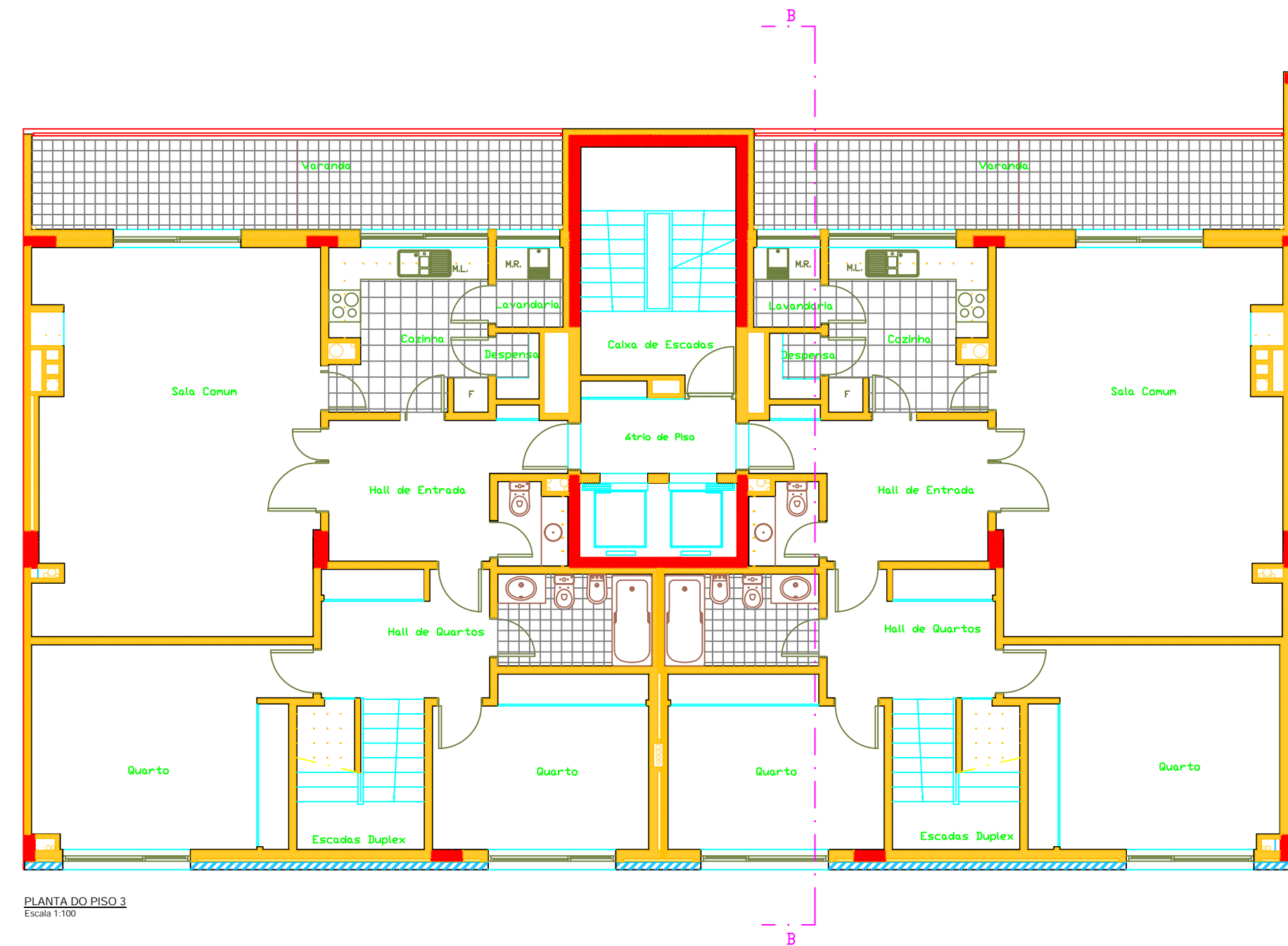


PLANTA DO PISO 1
Escala 1:100

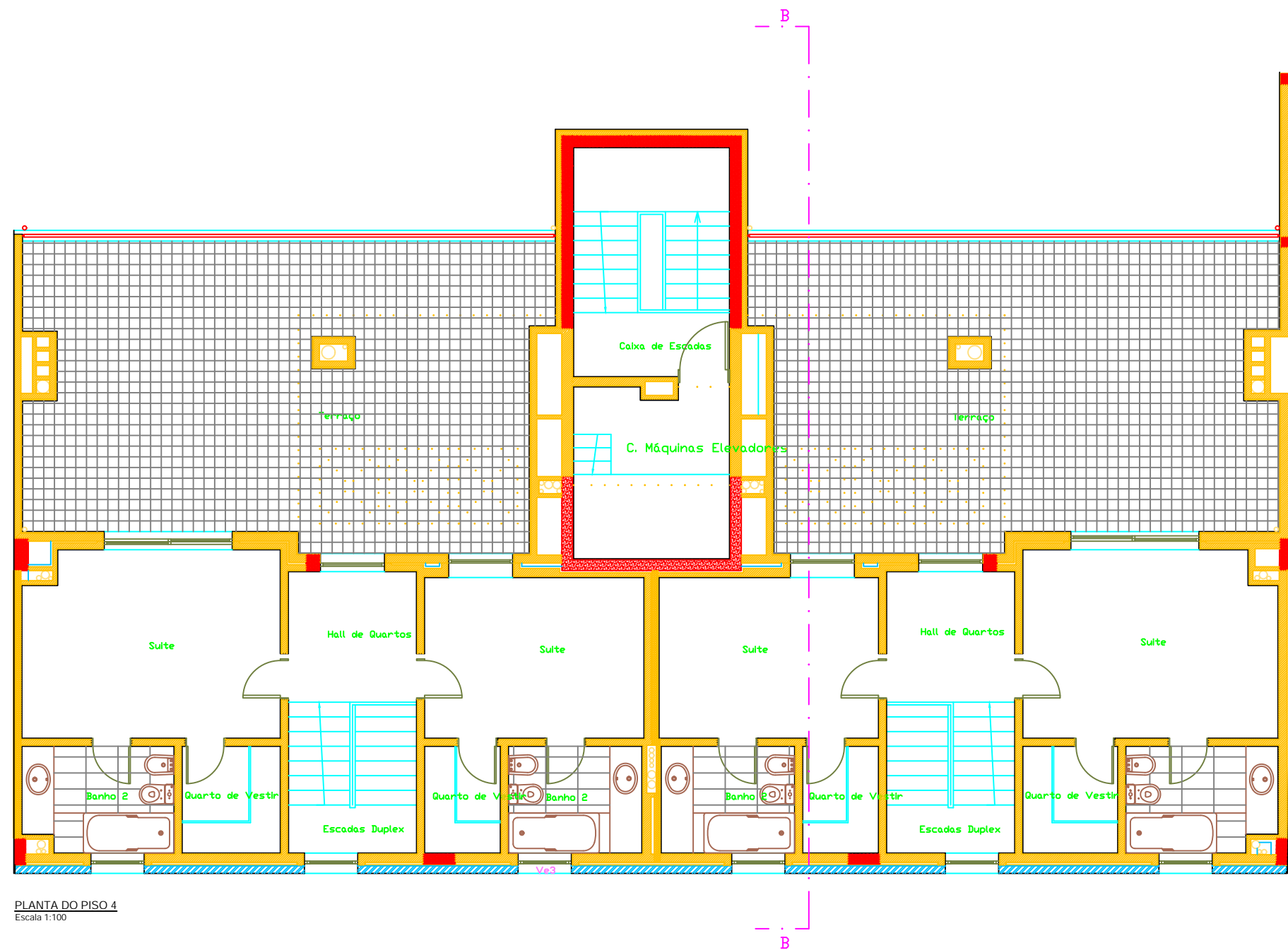


PLANTA DO PISO 2
Escala 1:100

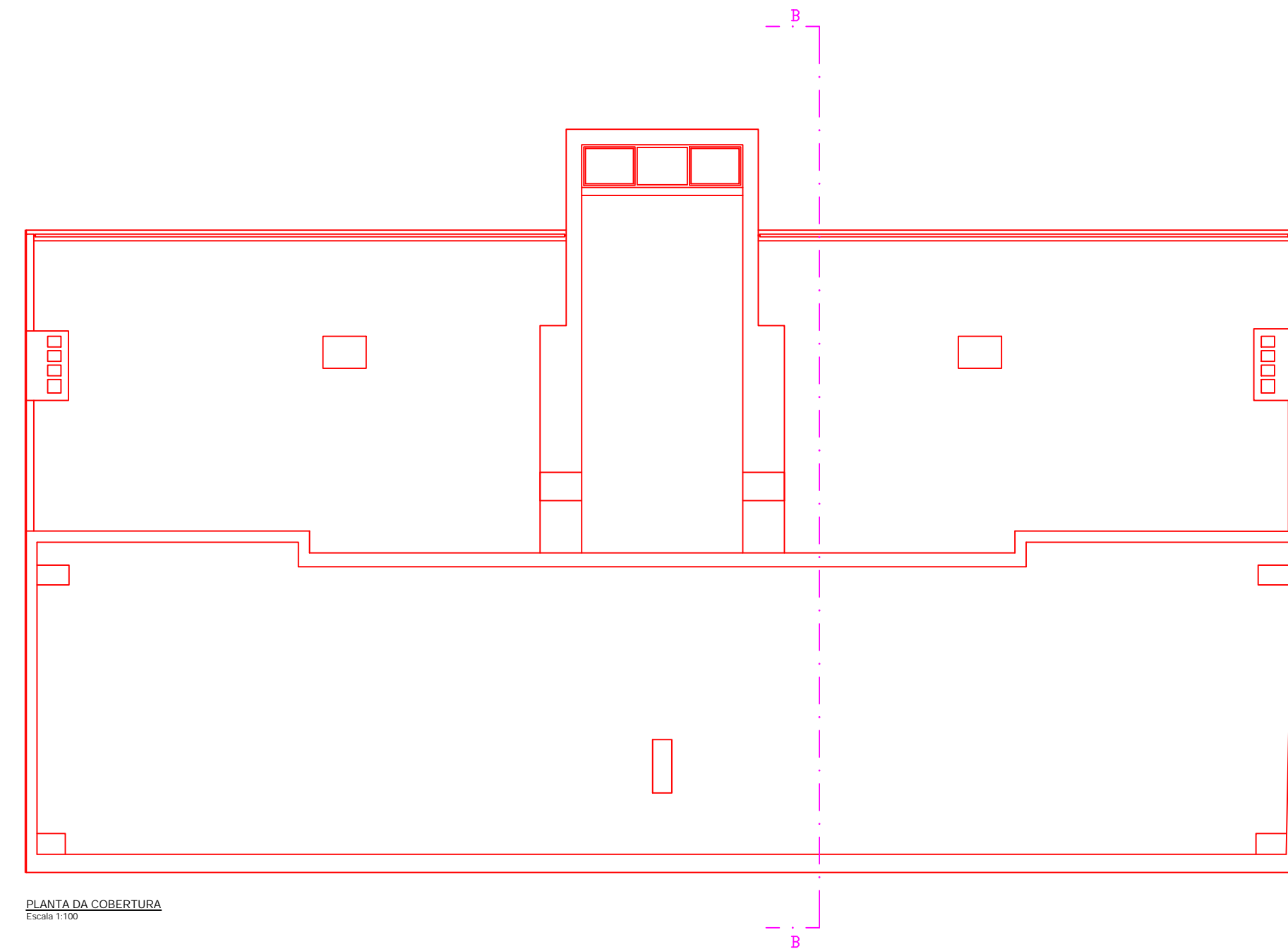
requerente: DIPRE - 2019/20	escalas: 1:100	designação: Edifício de comércio e habitação	processo nº
fase: EXECUÇÃO	especialidade: ARQUITECTURA	data: 2019	desenho nº 02
		Plantas do Piso 1 e Piso 2	



PLANTA DO PISO 3
Escala 1:100

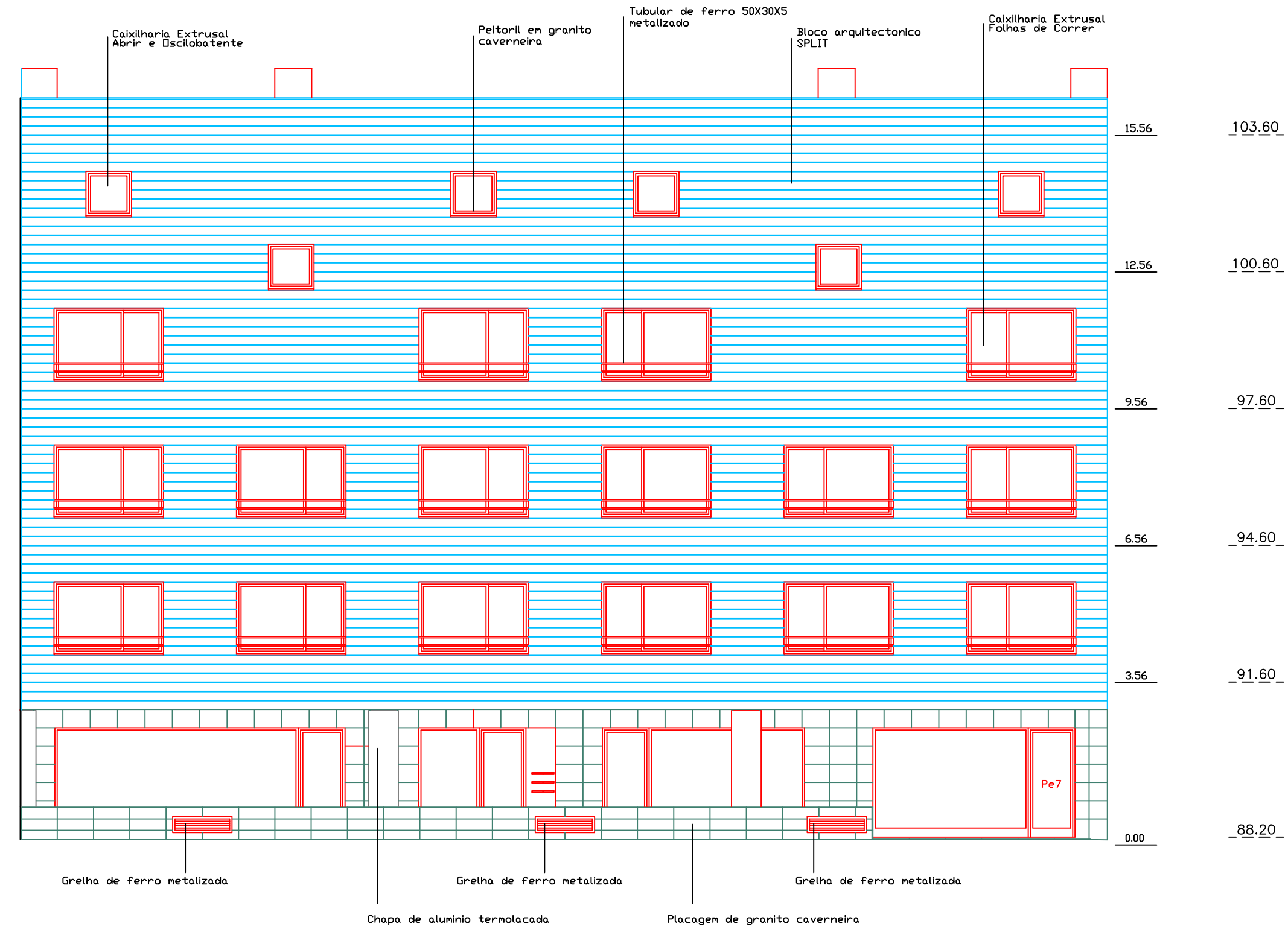


PLANTA DO PISO 4
Escala 1:100



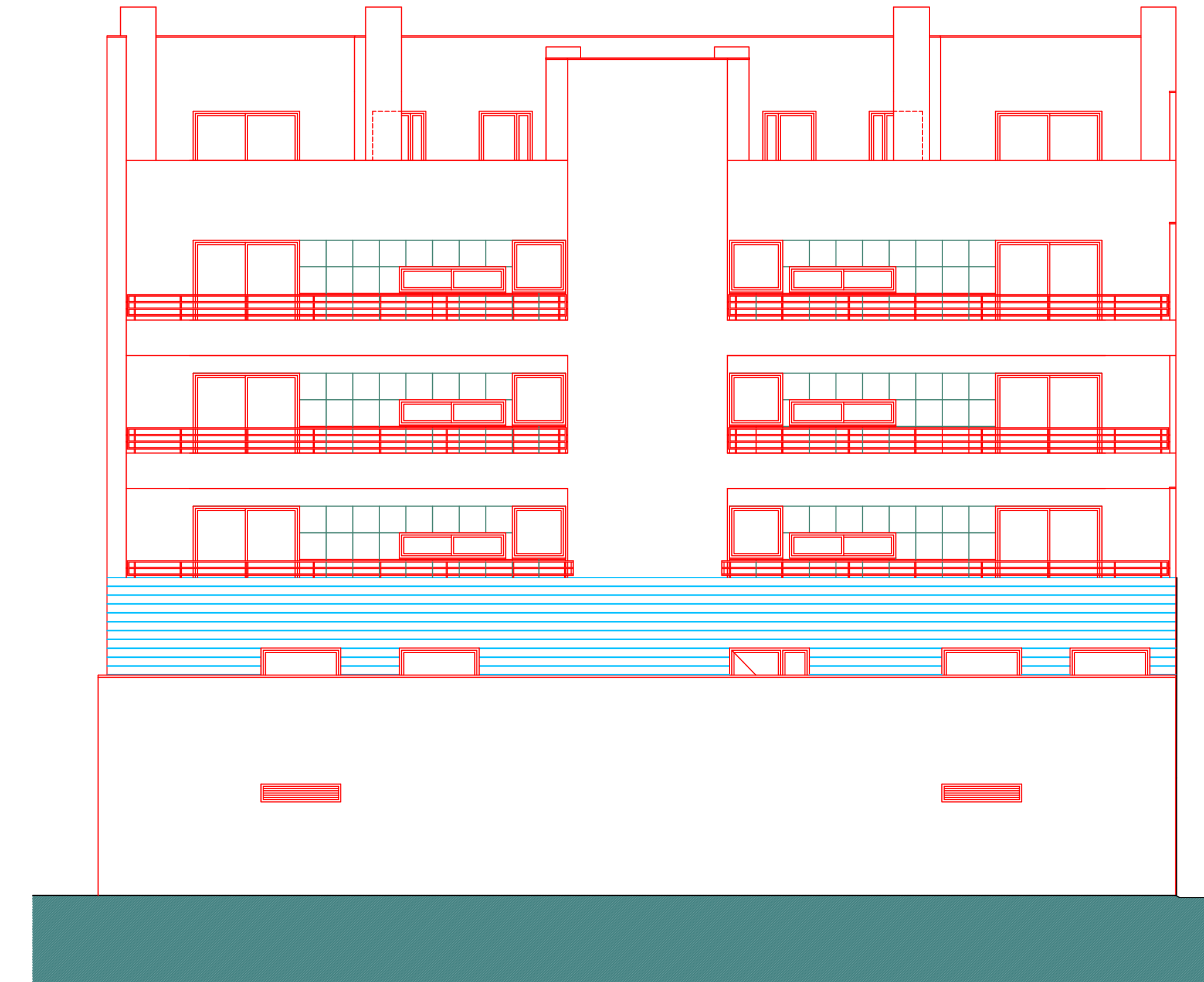
PLANTA DA COBERTURA
Escala 1:100

requerente: ISEP Imobiliária, Lda	escalas: 1:100	designação: Edifício de comércio e habitação Plantas do Piso 3, Piso 4 Planta da Cobertura	processo nº
fase: LICENCIAMENTO especialidade: ARQUITECTURA	data: Mar. 2017		desenho nº 03

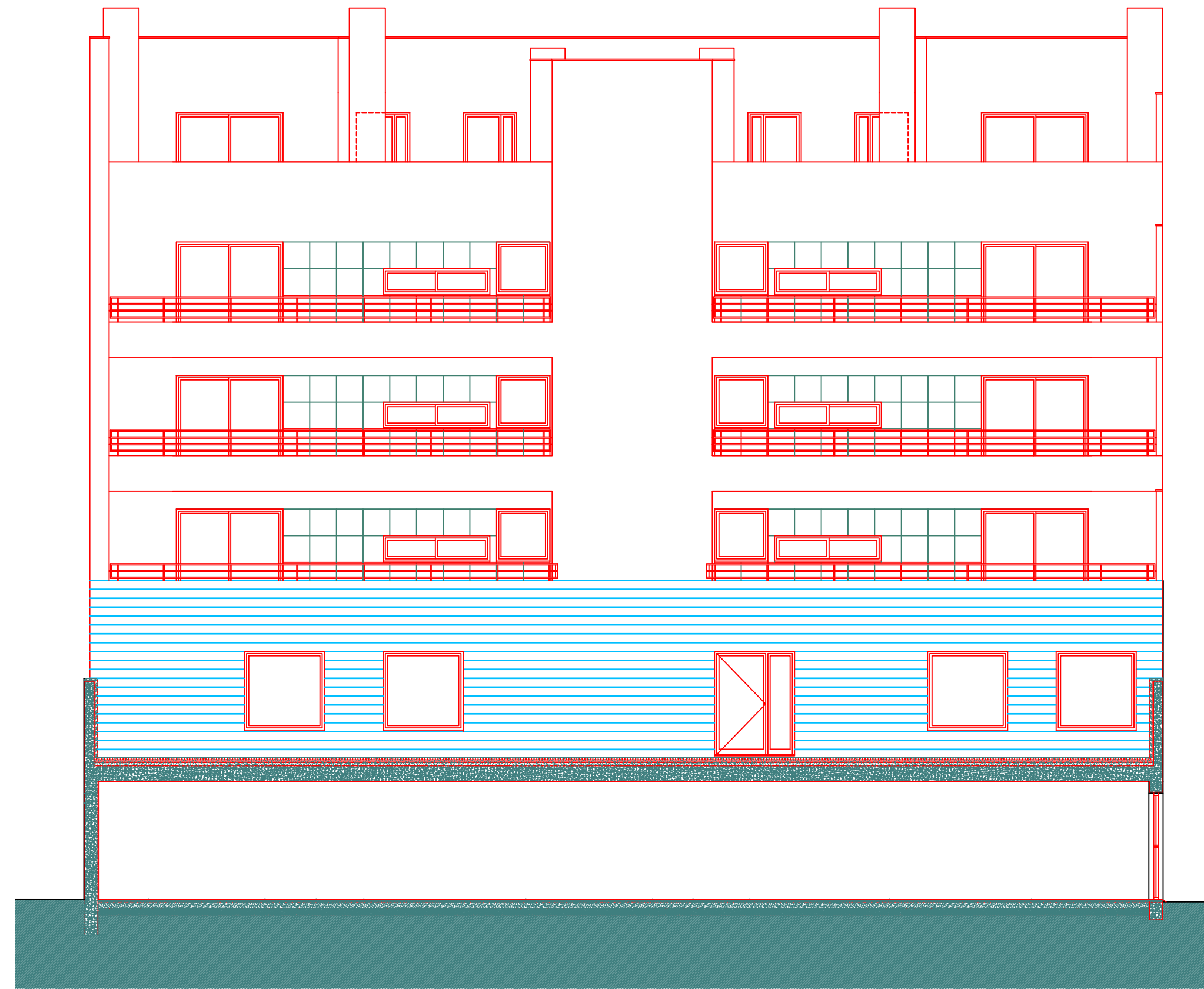


ALÇADO PRINCIPAL
Escala 1:100

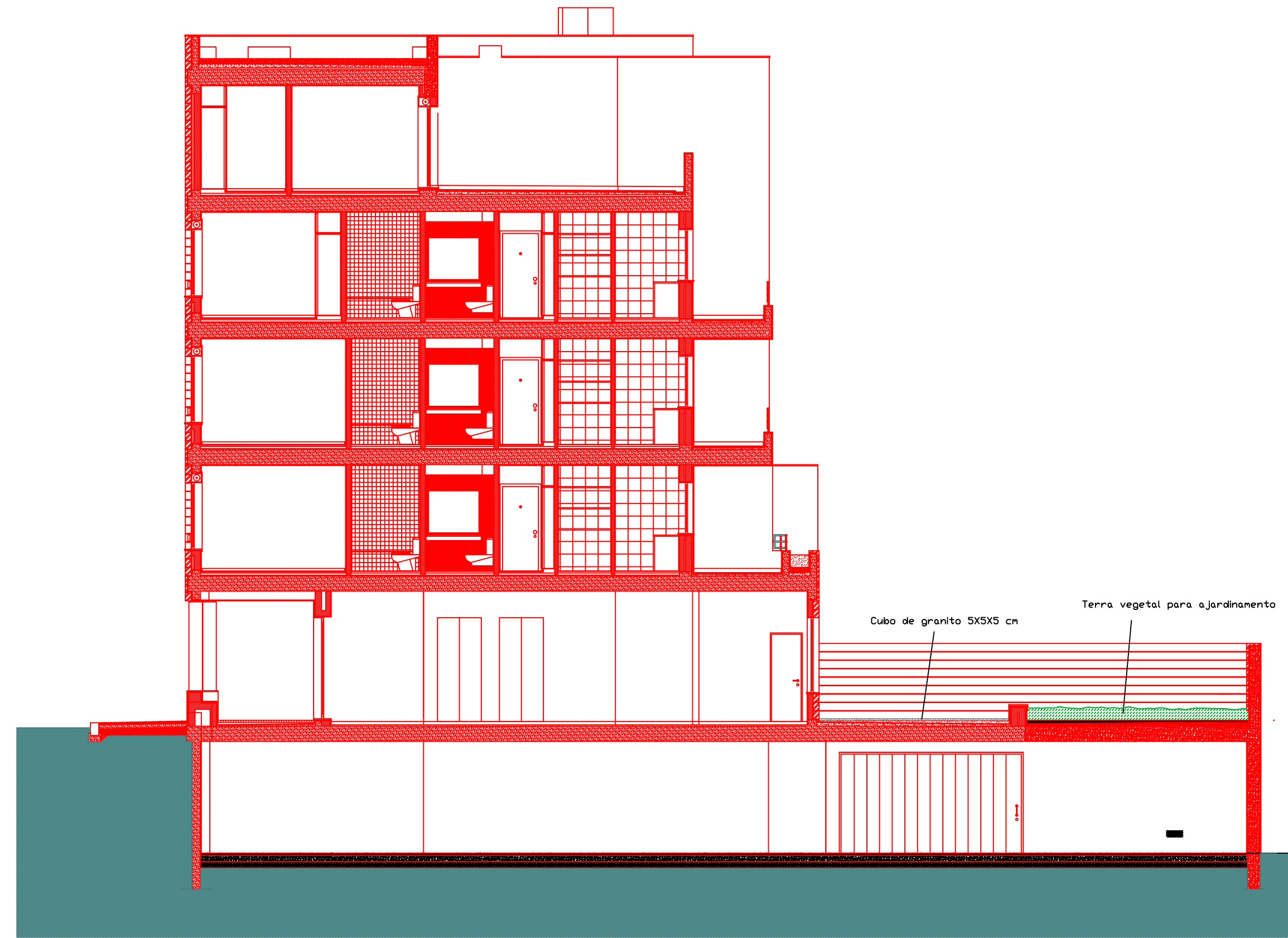
ALÇADO DAS TRASEIRAS
Escala 1:100



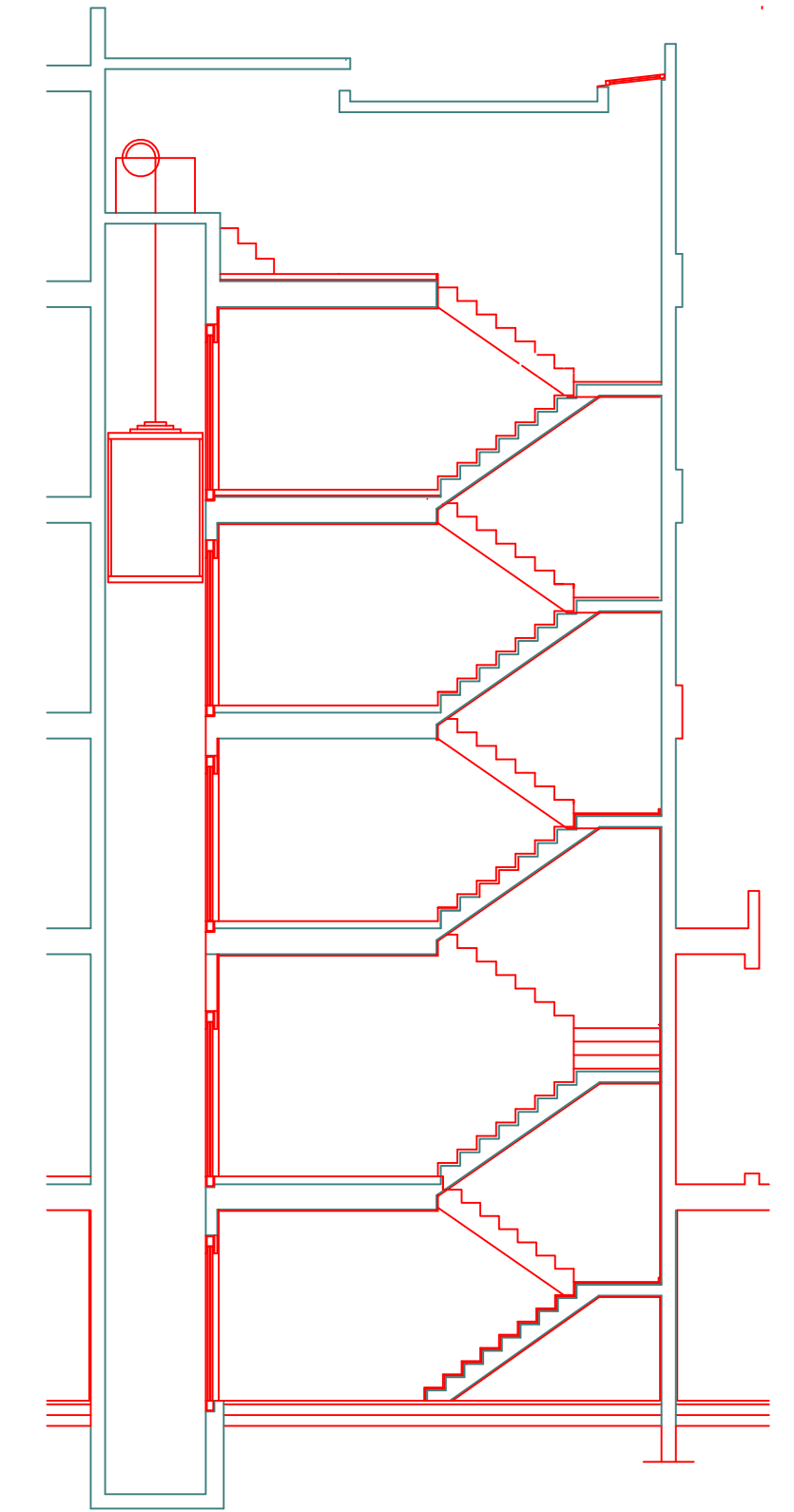
requerente: DIPRE - 2019/20	escalas: 1:100	designação: Edifício de comércio e habitação	processo nº
fase: EXECUÇÃO	especialidade: ARQUITECTURA	data: 2019	desenho nº 04



CORTE A-A
Escala 1:100



CORTE B-B
Escala 1:100



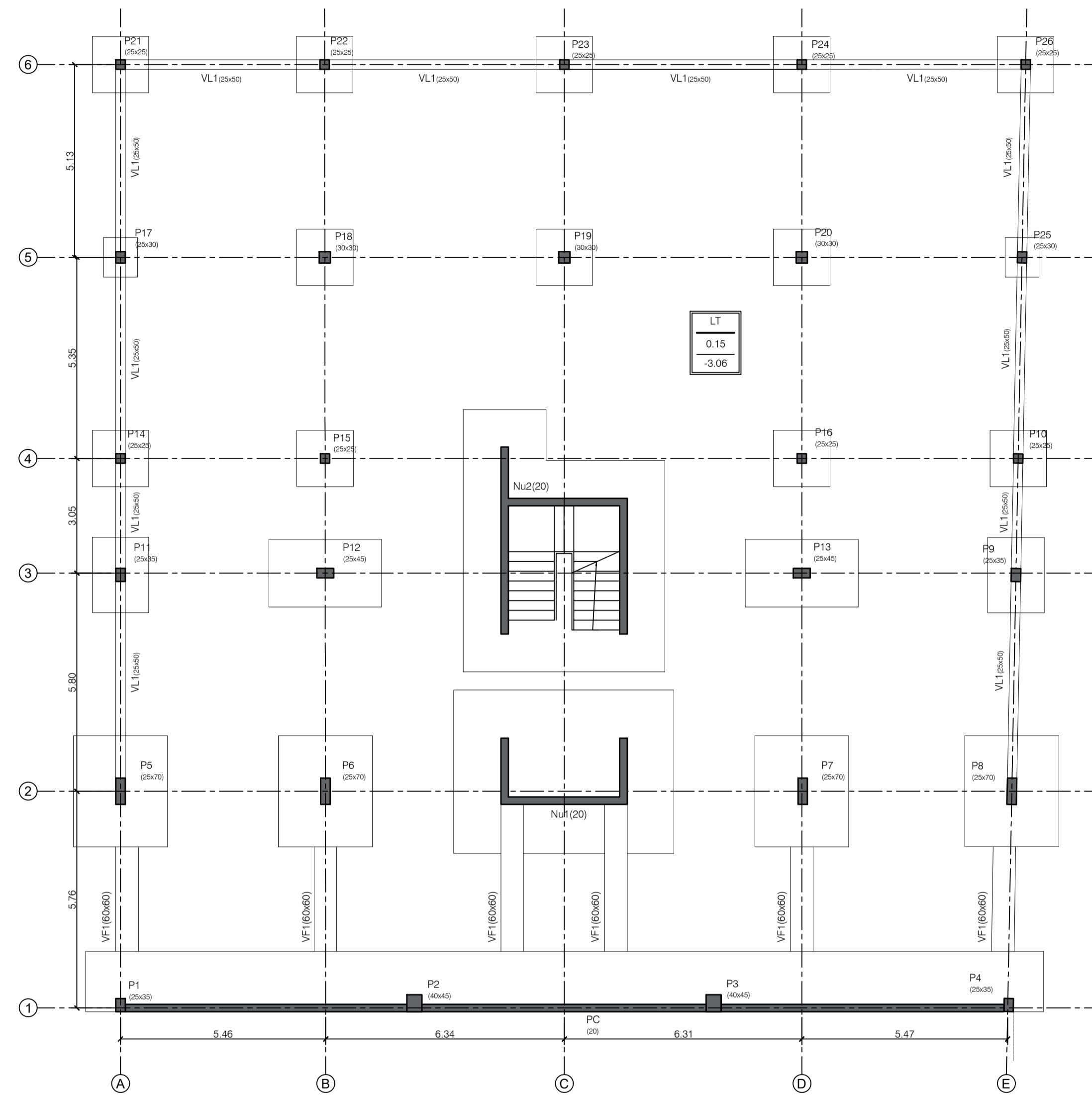
CORTE - GEOMETRIA
Escadas e Caixa do Elevador
Escala 1:100

requerente: DIPRE - 2019/20	escalas: 1:100	designação: Edifício de comércio e habitação	processo nº
fase: EXECUÇÃO	especialidade: ARQUITECTURA	data: 2019	desenho nº
		Cortes	05

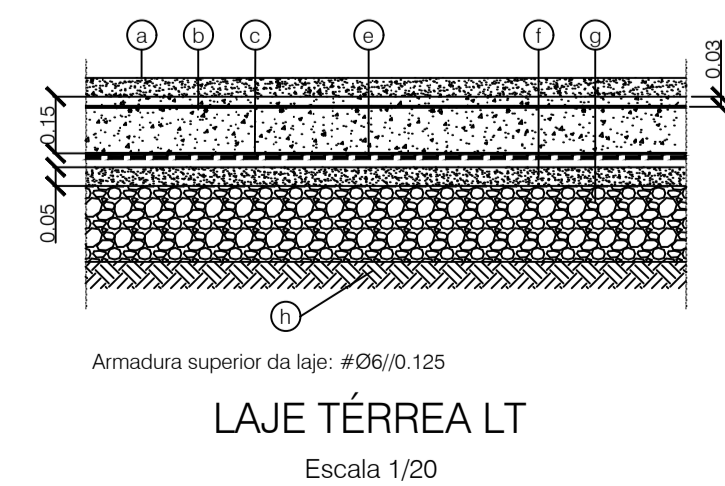
ANEXO 2 – PROJETO DE ESTRUTURAS

LISTA DE PEÇAS DESENHADAS

DESENHO	TÍTULO DO DOCUMENTO
EST 01	Planta Estrutural das Fundações
EST 02	Planta Estrutural do Piso 0 Planta Estrutural do Piso 1
EST 03	Planta Estrutural do Piso 2 Planta Estrutural do Piso 3
EST 04	Planta Estrutural do Piso 4 Planta Estrutural da Cobertura
EST 05	Fundações. Vigas e Linteis de Fundação. Paredes de Contenção Geometria e Armaduras
EST 06	Quadro de Pilares Pormenores
EST 07	Núcleos de Betão Armado Laje Aligeirada de Vigotas; Escadas Vigas
EST 08	Armaduras Inferiores e Superiores das Lajes do Piso 0
EST 09	Armaduras Inferiores e Superiores das Lajes do Piso 3
EST 10	Armaduras Inferiores e Superiores das Lajes do Piso 4
EST 11	Armaduras Inferiores e Superiores das Lajes da Cobertura



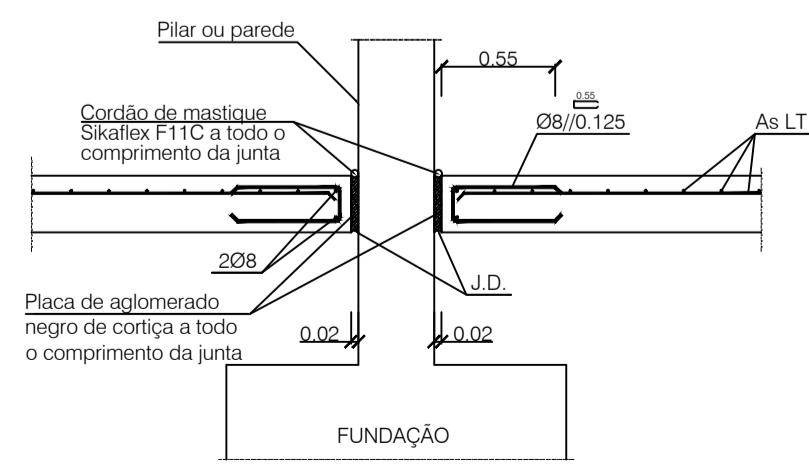
Planta Estrutural das Fundações
Escala 1/100



LAJE TÉRREA LT
Escala 1/20

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) - Geotêxtil de proteção: Geotêxtil tipo "TEXXAM 1000" da Texsa ou equivalente;
- (e) - Betão de regularização;
- (f) - Base: Camada de agregado britado de granulometria extensa 0/40 devidamente compactada;
- (g) - Fundação: Terreno bem compactado (95% PROCTOR modificado).



JUNTAS DE ISOLAMENTO
LAJE / PILAR, PAREDE OU LINTEL
Escala 1/20

MATERIAIS ESTRUTURAIS

BETÃO (de acordo com a NP EN 206-1)

Elemento Estrutural	Classe de Resistência	Classe de Exposição Ambiental	Classe de Teor de Cloretos	Dimensão máxima do agregado [mm]	Classe de consistência
Betão de limpeza	C12/15	X0 (PT)	C1 1.00	D20	-
Fundações, Pilares, Lintéis e vigas de fundação	C30/37	XC2 (PT)	C1 0.40	D20	S3
Restantes elementos estruturais	C30/37	XC3 (PT)	C1 0.40	D20	S3

AÇO
 Armadura ordinária - A500 NR [EN10080]
 Rede electrossoldada - A500 ER

RECOBRIMENTO NOMINAL

Fundações, muros de suporte e elementos enterrados	- 40 mm
Pilares e Vigas	- 35 mm
Paredes e Lajes	- 30 mm

ELEMENTOS ESTRUTURAIS

SIMBOLOGIA: Xi,j

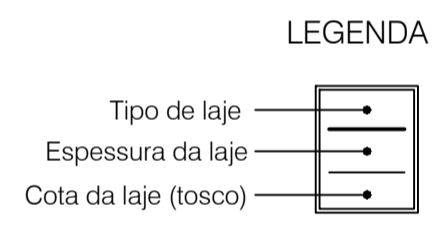
- X - Elemento estrutural
- i - Número
- j - Piso

SIGNIFICADO DAS ABREVIATURAS:

PC - Parede de Contenção	V - Viga	LT - Laje Térrea
Pa - Parede	LM - Laje Maciça	E - Escada
VL - Viga Lintel	LF - Laje Fungiforme	VF - Viga de Fundação
P - Pilar	LV - Laje Aligeirada de Vigotas	

(Zs. =) - Cota da face superior do elemento estrutural em questão.
 (Zi. =) - Cota da face inferior do elemento estrutural em questão.

- Este desenho só é válido quando visto em conjunto com o projecto de Arquitectura e os Projectos das Especialidades.
- Todas as cotas devem ser confirmadas pelo Proj. de Arquitectura e em Obra, e são da responsabilidade do Empreiteiro.
- A localização e dimensão de todas as Couretes e Furações de Lajes, Vigas, Muros e Paredes, devem ser confirmadas pelo Projecto de Arquitectura, pelos Projectos das Especialidades e pelos Empreiteiros das Especialidades.

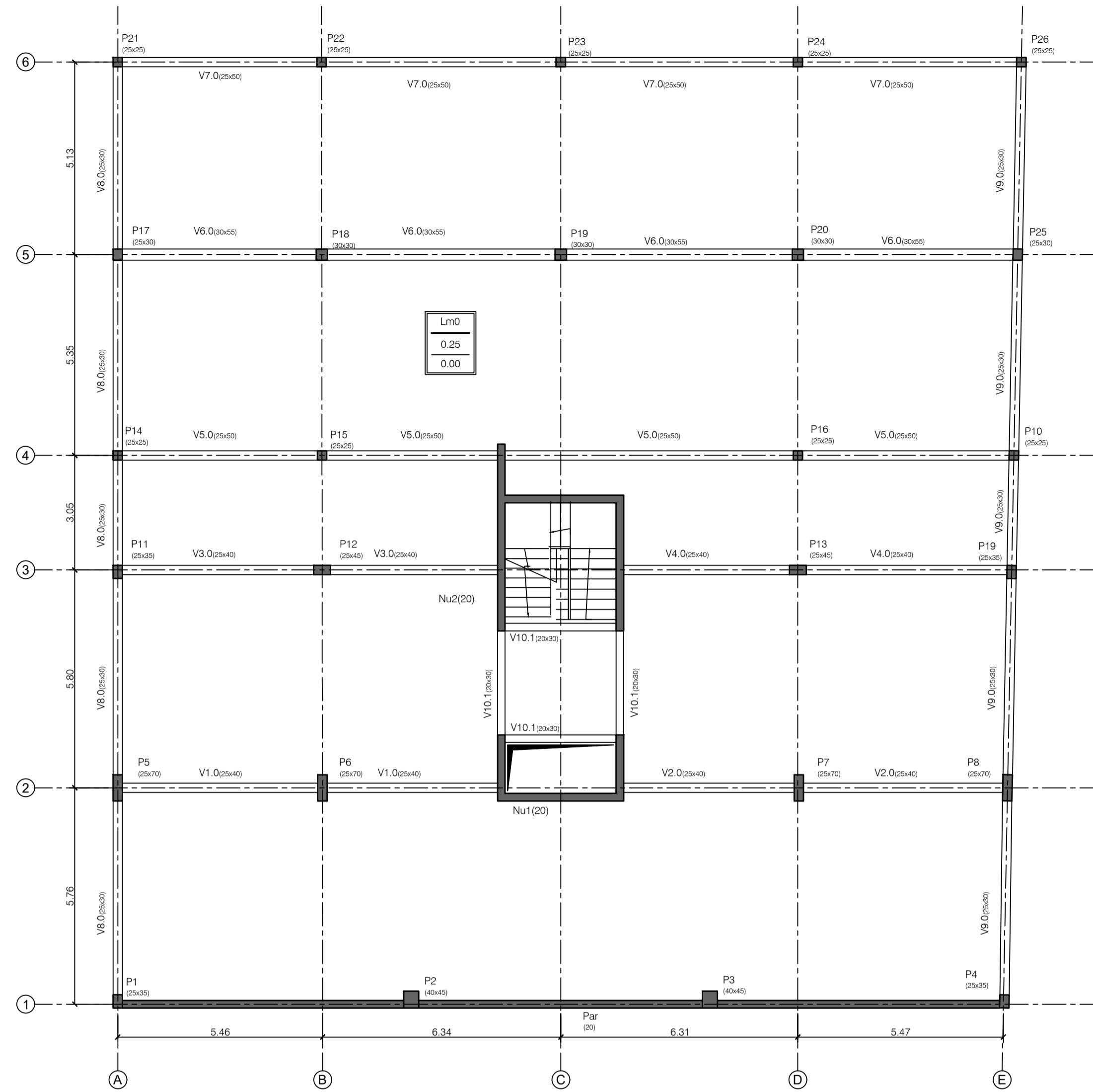


Revisão	Data	Descrição	Projectou	Desenhou	Aprovou

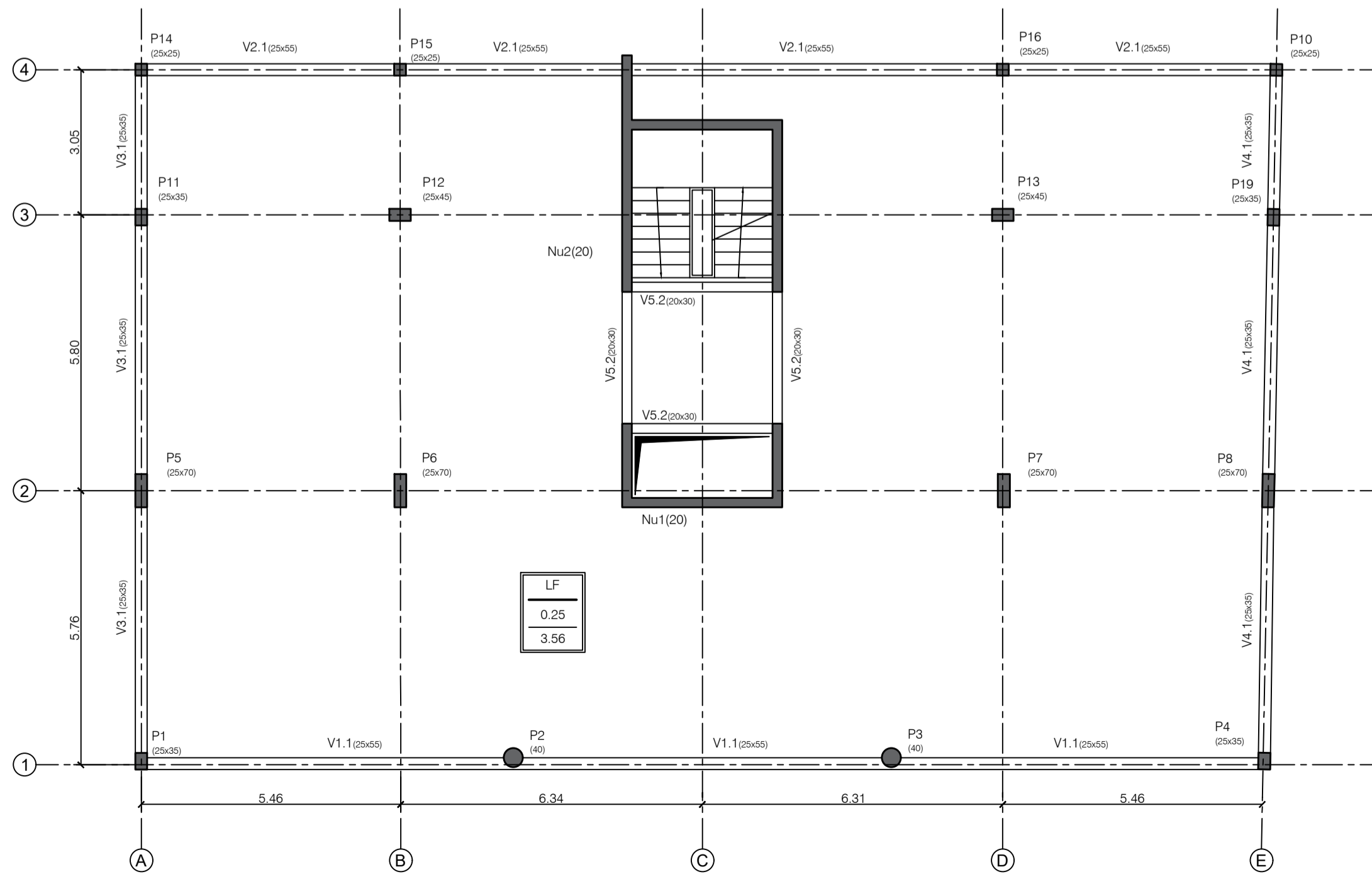
Projectistas

Projecto
COMPLEXO HABITACIONAL
 Especialidade
Estruturas
 Título
Planta Estrutural das Fundações

Fase	Escalas
Projecto de Execução	1/100; 1/20
Nº Projecto	Fase / Revisão
001	00
Especialidade	Nº ordem
EST 001	



Planta Estrutural do Piso 0
Escala 1/100



Planta Estrutural do Piso 1
Escala 1/100

MATERIAIS ESTRUTURAIS

BETÃO (de acordo com a NP EN 206-1)

Elemento Estrutural	Classe de Resistência	Classe de Exposição Ambiental	Classe de Teor de Cloretos	Dimensão máxima do agregado [mm]	Classe de consistência
Betão de limpeza	C12/15	X0 (PT)	C1 1.00	D20	-
Fundações, Pilares, Lintéis e vigas de fundação	C30/37	XC2 (PT)	C1 0.40	D20	S3
Restantes elementos estruturais	C30/37	XC3 (PT)	C1 0.40	D20	S3

AÇO

Armadura ordinária	- A500 NR [EN10080]
Rede electrossoldada	- A500 ER

RECOBRIMENTO NOMINAL

Fundações, muros de suporte e elementos enterrados	- 40 mm
Pilares e Vigas	- 35 mm
Paredes e Lajes	- 30 mm

ELEMENTOS ESTRUTURAIS

SIMBOLOGIA: Xi,j

- X - Elemento estrutural
- i - Número
- j - Piso

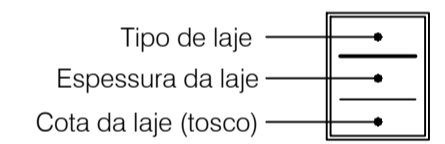
SIGNIFICADO DAS ABREVIATURAS:

PC - Parede de Contenção	V - Viga	LT - Laje Térrea
Pa - Parede	LM - Laje Maciça	E - Escada
VL - Viga Lintel	LF - Laje Fungiforme	VF - Viga de Fundação
P - Pilar	LV - Laje Aligeirada de Vigotas	

(Zs. =) - Cota da face superior do elemento estrutural em questão.
(Zi. =) - Cota da face inferior do elemento estrutural em questão.

- Este desenho só é válido quando visto em conjunto com o projecto de Arquitectura e os Projectos das Especialidades.
- Todas as cotas devem ser confirmadas pelo Proj. de Arquitectura e em Obra, e são da responsabilidade do Empreiteiro.
- A localização e dimensão de todas as Couretes e Furações de Lajes, Vigas, Muros e Paredes, devem ser confirmadas pelo Projecto de Arquitectura, pelos Projectos das Especialidades e pelos Empreiteiros das Especialidades.

LEGENDA



Revisão	Data	Descrição	Projectista	Desenhou	Aprovou

Projectistas

Projecto
COMPLEXO HABITACIONAL

Especialidade
Estruturas

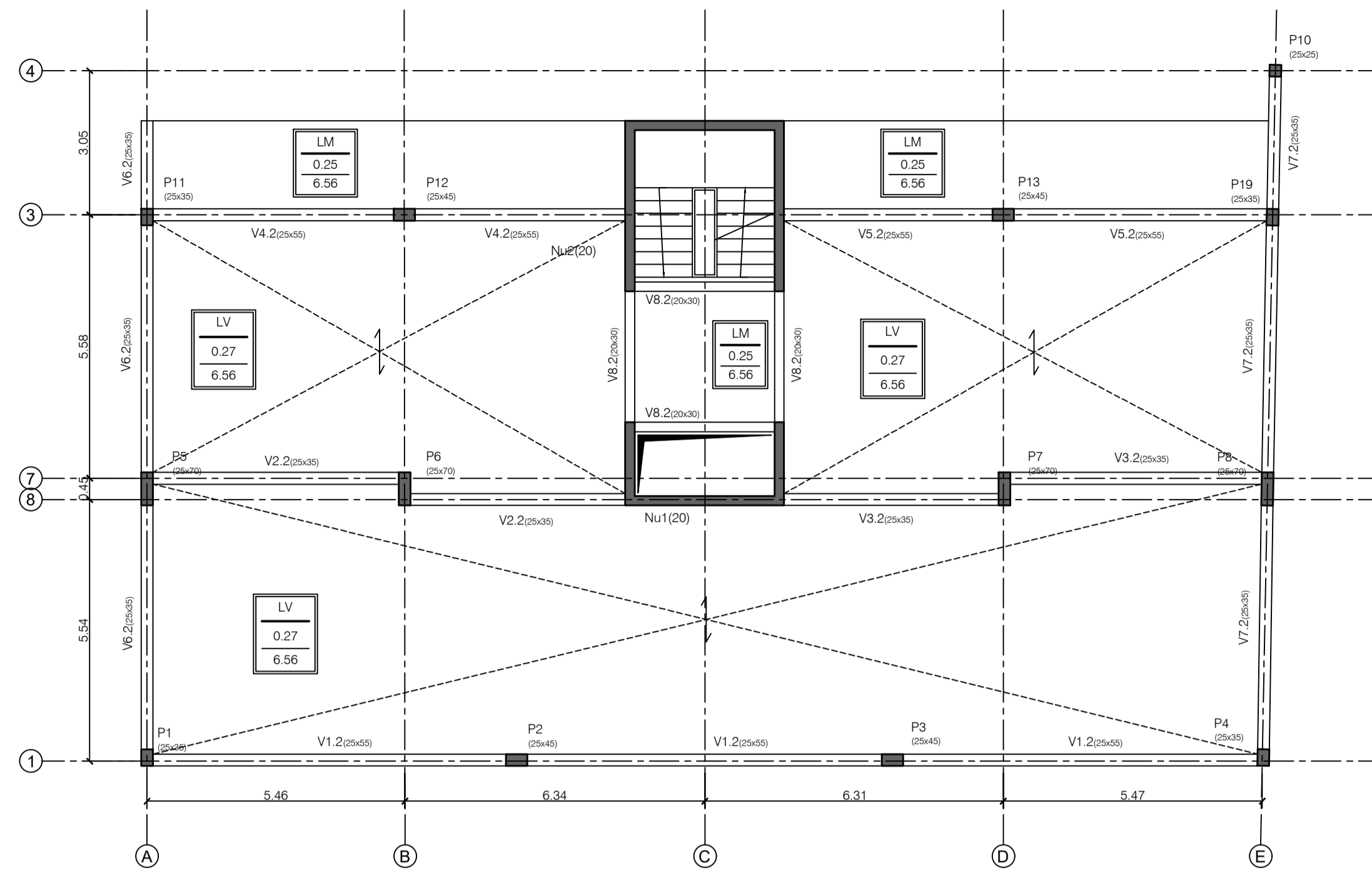
Título
Planta Estrutural do Piso 0
Planta Estrutural do Piso 1

Fase
Projecto de Execução

Escala
1/100

Nº Projecto
001 EST 002

Fase / Revisão
00



Planta Estrutural do Piso 2
Escala 1/100



Planta Estrutural do Piso 3
Escala 1/100

MATERIAIS ESTRUTURAIS

BETÃO [de acordo com a NP EN 206-1]

Elemento Estrutural	Classe de Resistência	Classe de Exposição Ambiental	Classe de Teor de Cloratos	Dimensão máxima do agregado [mm]	Classe de consistência
Betão de limpeza	C12/15	X0 (PT)	C1 1.00	D20	-
Fundações, Pilares, Lintéis e vigas de fundação	C30/37	XC2 (PT)	C1 0.40	D20	S3
Restantes elementos estruturais	C30/37	XC3 (PT)	C1 0.40	D20	S3

AÇO

Armadura ordinária	- A500 NR [EN10080]
Rede electrossoldada	- A500 ER

RECOBRIMENTO NOMINAL

Fundações, muros de suporte e elementos enterrados	- 40 mm
Pilares e Vigas	- 35 mm
Paredes e Lajes	- 30 mm

ELEMENTOS ESTRUTURAIS

SIMBOLOGIA: Xi,j

- X - Elemento estrutural
- i - Número
- j - Piso

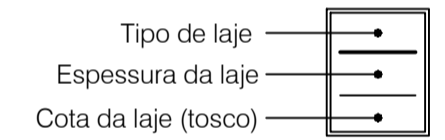
SIGNIFICADO DAS ABREVIATURAS:

PC - Parede de Contenção	V - Viga	LT - Laje Térrea
Pa - Parede	LM - Laje Maciça	E - Escada
VL - Viga Lintel	LF - Laje Fungiforme	VF - Viga de Fundação
P - Pilar	LV - Laje Aligeirada de Vigotas	

- (Zs.=) - Cota da face superior do elemento estrutural em questão.
- (Zi.=) - Cota da face inferior do elemento estrutural em questão.

- Este desenho só é válido quando visto em conjunto com o projecto de Arquitectura e os Projectos das Especialidades.
- Todas as cotas devem ser confirmadas pelo Proj. de Arquitectura e em Obra, e são da responsabilidade do Empreiteiro.
- A localização e dimensão de todas as Couretes e Furações de Lajes, Vigas, Muros e Paredes, devem ser confirmadas pelo Projecto de Arquitectura, pelos Projectos das Especialidades e pelos Empreiteiros das Especialidades.

LEGENDA



Revisão	Data	Descrição	Projectista	Desenhou	Aprovou

Projectistas

Projecto
COMPLEXO HABITACIONAL

Especialidade
Estruturas

Título
Planta Estrutural do Piso 2
Planta Estrutural do Piso 3

Fase
Projecto de Execução

Escala
1/100

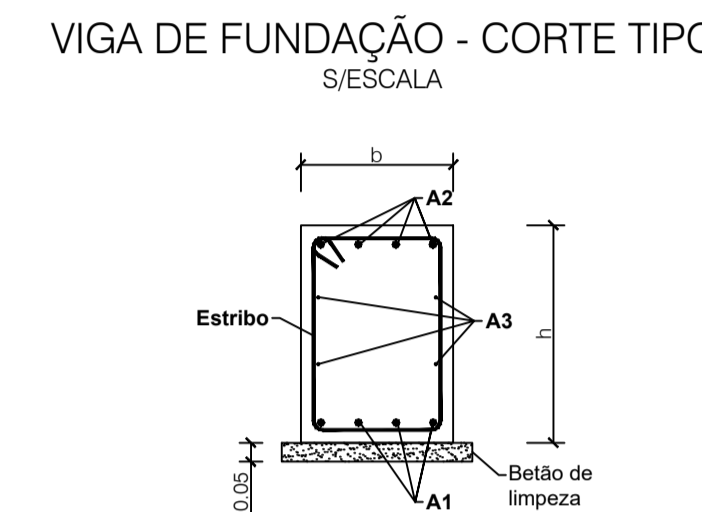
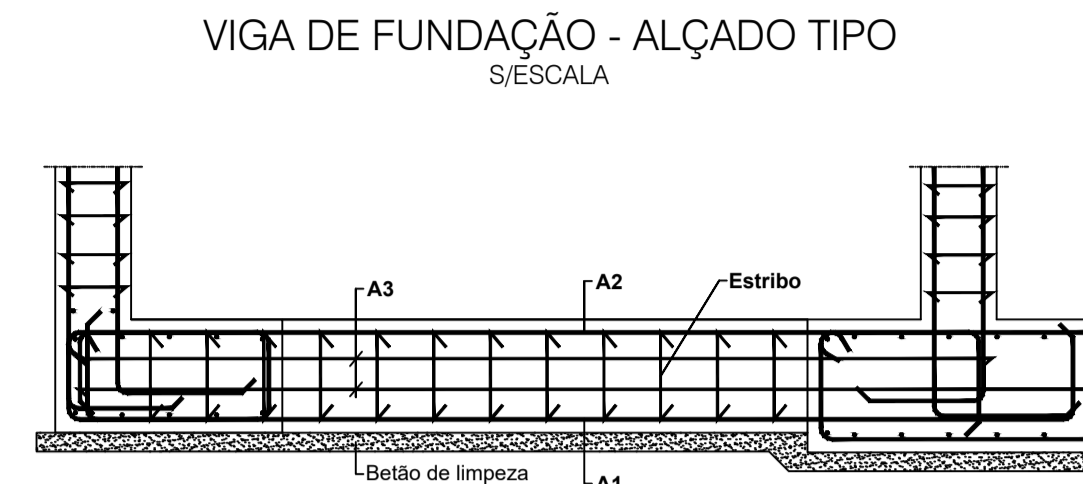
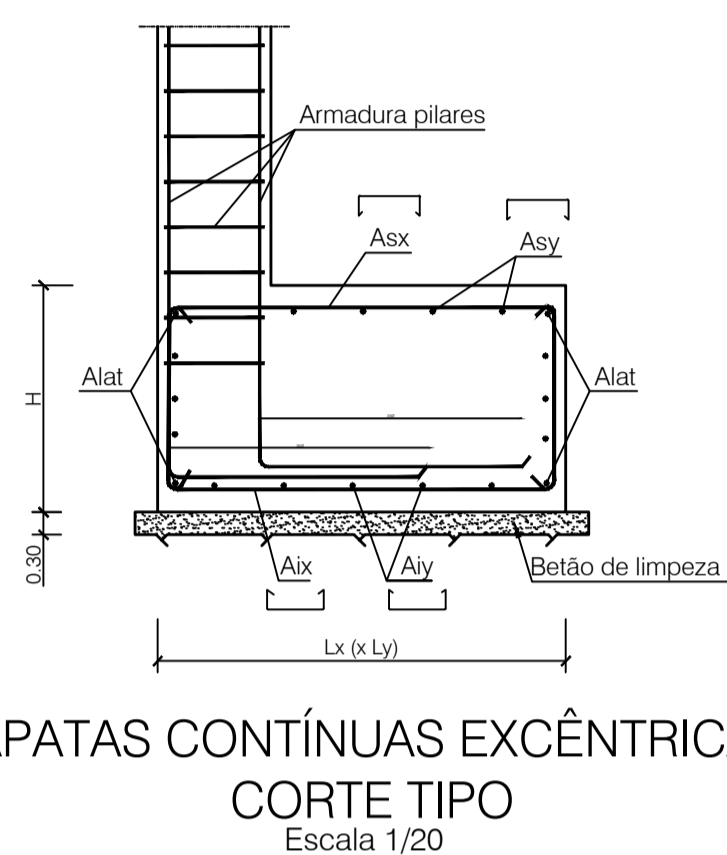
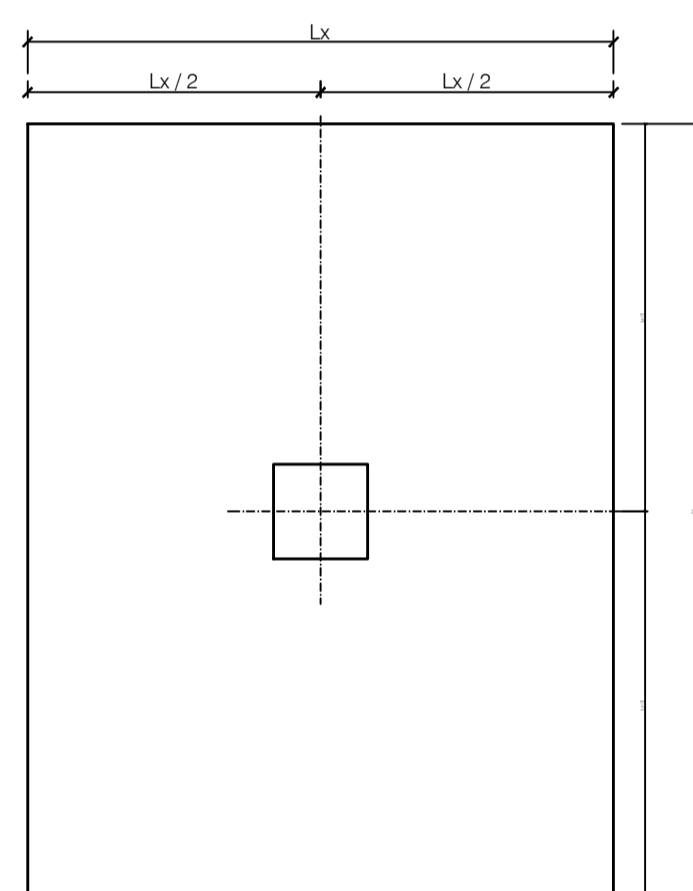
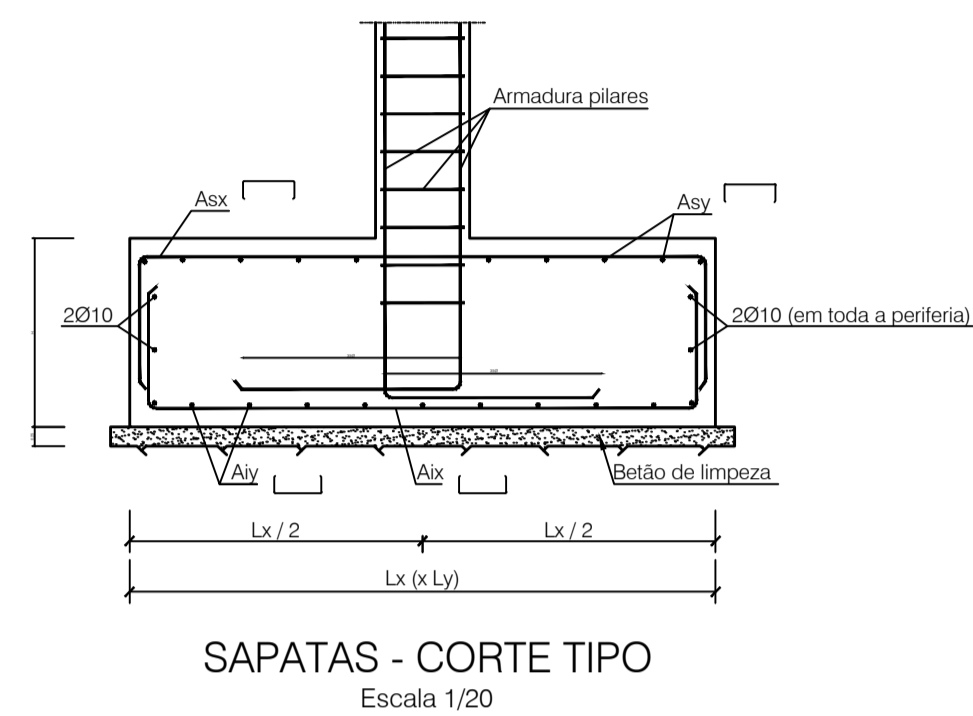
Nº Projecto
001 EST 003

Fase / Revisão
00

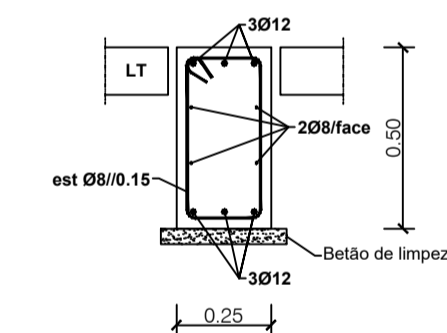
Quadro de Sapatas Isoladas	Geometria da Sapata			Armaduras da Sapata			
	Lx (m)	Ly (m)	H (m)	Asx	Asy	Aix	Aiy
P9 / P11	1.50	2.00	0.55	Ø10/0.25	Ø10/0.25	Ø12/0.125	Ø12/0.125
P10 / P14 / P15 / P16 / P21 / P23 / P23 / P24 / P26	1.50	1.50	0.45	Ø10/0.25	Ø10/0.25	Ø10/0.125	Ø10/0.125
P12 / P13	3.00	1.80	0.85	Ø10/0.25	Ø10/0.25	Ø16/0.15	Ø16/0.15
P18 / P19 / P20	1.50	1.50	0.55	Ø10/0.25	Ø10/0.25	Ø10/0.125	Ø10/0.125
P17 / P25	0.90	1.05	0.40	Ø10/0.25	Ø10/0.25	Ø8/0.125	Ø8/0.125
Nu1	5.85	4.35	0.85	Ø10/0.25	Ø10/0.25	Ø16/0.10	Ø16/0.10
P5 / P6 / P7 / P8	2.5	2.95	0.80	Ø10/0.25	Ø10/0.25	Ø16/0.10	Ø16/0.10
Nu2	Ver planta de fundações	0.85	Ø16/0.15	Ø16/0.15	Ø16/0.15	Ø16/0.15	Ø16/0.15

Quadro de Sapatas Contínuas Excêntricas	Geometria da Sapata		Armaduras da Sapata				
	Lx (m)	H (m)	Asx	Asy	Aix	Aiy	Alat
PC	1.60	0.60	Ø12/0.10	Ø12/0.10	Ø12/0.10	Ø12/0.10	6Ø25

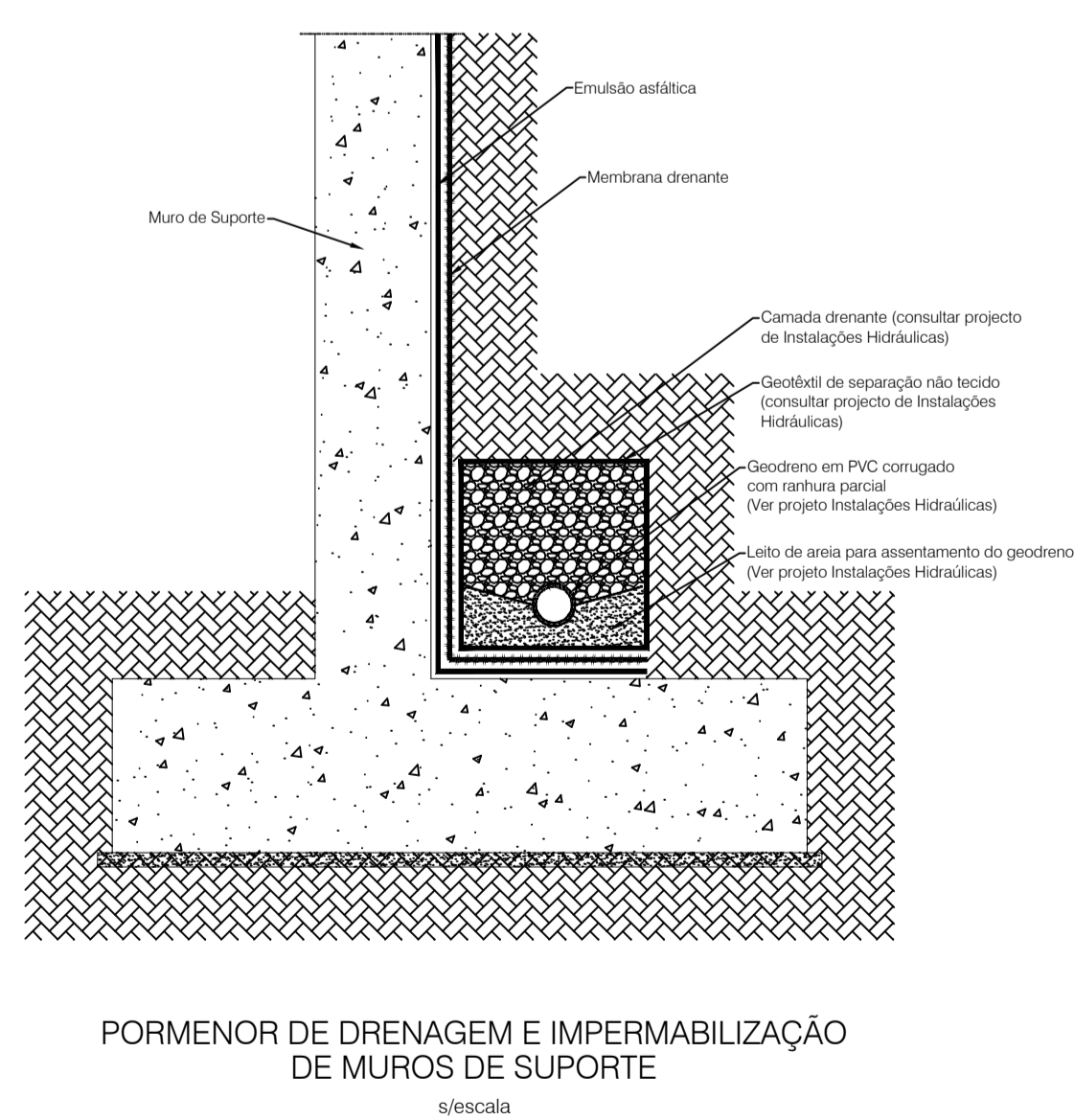
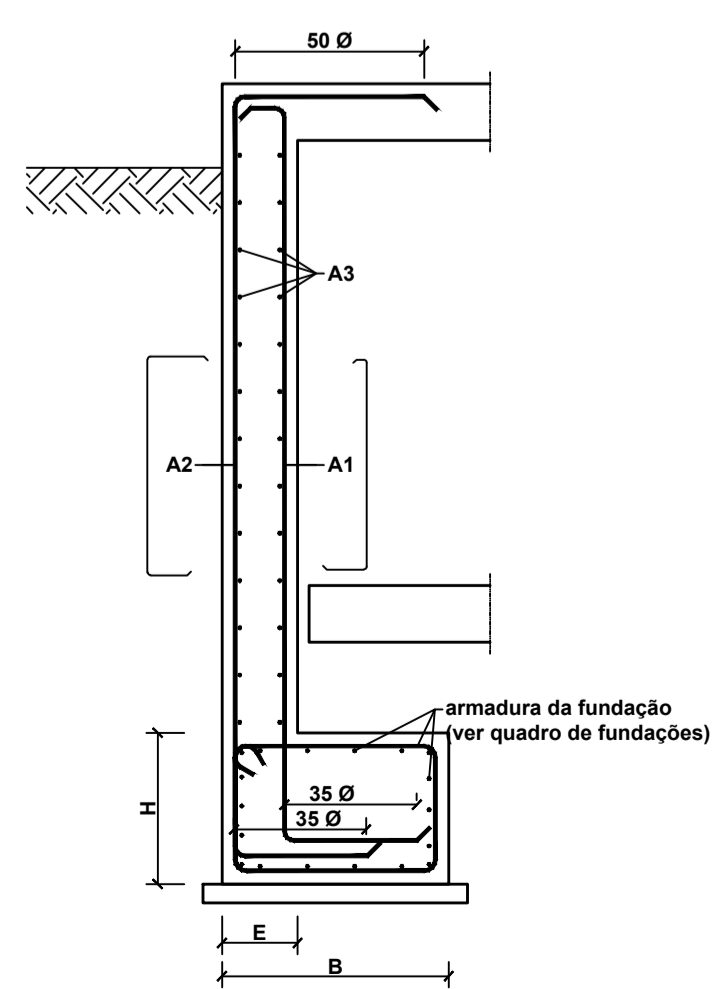
Quadro de Vigas de Fundação	Geometria da Sapata		Armaduras			
	b (m)	h (m)	A1	A2	A3	Estribo
VF1	0.60	0.60	5Ø16	6Ø25	4Ø10 / face	Ø8 // 0.15



QUADRO DE LINTEIS DE FUNDAÇÃO						
LINTEL	GEOMETRIA		ARMADURAS			
	b (m)	h (m)	A1	A2	A3	Estribo
VL1	0.20	0.50	3Ø16	3Ø16	2Ø8 / face	Ø8/0.15



QUADRO DE PAREDES DE CONTENÇÃO						
PAREDE	E (m)	B (m)	H (m)	A1	A2	A3
PC	0.20	Ver Quadro de Sapatas	Ø16/0.25 + Ø12/0.25	Ø16/0.25 + Ø12/0.25	Ø10/0.125	



MATERIAIS ESTRUTURAIS					
BETÃO (de acordo com a NP EN 206-1)					
Elemento Estrutural	Classe de Resistência	Classe de Exposição Ambiental	Classe de Teor de Cloreto	Dimensão máxima do agregado [mm]	Classe de consistência
Betão de limpeza Fundações, Pilares, Lintéis e vigas de fundação	C12/15 C30/37	X0 (PT) XC2 (PT)	Cl 1.00 Cl 0.40	D20 D20	- S3
Restantes elementos estruturais	C30/37	XC3 (PT)	Cl 0.40	D20	S3

AÇO	
Armadura ordinária	- A500 NR [EN10080]
Rede electrosoldada	- A500 ER

RECOBRIMENTO NOMINAL	
Fundações, muros de suporte e elementos enterrados	- 40 mm
Pilares e Vigas	- 35 mm
Paredes e Lajes	- 30 mm

ELEMENTOS ESTRUTURAIS	
Fundações, muros de suporte e elementos enterrados	- 40 mm
Pilares e Vigas	- 35 mm
Paredes e Lajes	- 30 mm

SIMBOLOGIA: Xi,j

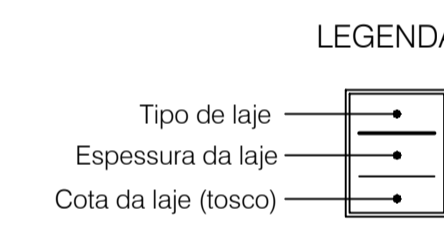
- X - Elemento estrutural
- i - Número
- j - Piso

SIGNIFICADO DAS ABREVIATURAS:

PC - Parede de Contenção	V - Viga	LT - Laje Térrea
Pa - Parede	LM - Laje Maciça	E - Escada
VL - Viga Lintel	LF - Laje Fungiforme	VF - Viga de Fundação
P - Pilar	LV - Laje Aligeirada de Vigotas	

(Zs. =) - Cota da face superior do elemento estrutural em questão.
(Zi. =) - Cota da face inferior do elemento estrutural em questão.

- Este desenho só é válido quando visto em conjunto com o projecto de Arquitectura e os Projectos das Especialidades.
- Todas as cotas devem ser confirmadas pelo Proj. de Arquitectura e em Obra, e são da responsabilidade do Empreiteiro.
- A localização e dimensão de todas as Couretes e Furações de Lajes, Vigas, Muros e Paredes, devem ser confirmadas pelo Projecto de Arquitectura, pelos Projectos das Especialidades e pelos Empreiteiros das Especialidades.



Revisão	Data	Descrição	Projectou	Desenhou	Aprovou

Projectistas

Projecto
COMPLEXO HABITACIONAL
Especialidade
Estruturas
Título
Fundações, Vigas e Lintéis de Fundação, Paredes de Contenção, Geometria e Armaduras

Fase
Projecto de Execução
Escalas
S/ Escala
Nº Projecto
001
Especialidade
EST
Nº ordem
005
Fase / Revisão
00

Quadro de Pilares
Escala 1/20

	P11/P9	P1/P4	P2/P3	P5/P8	P6/P7	P10	P14	P21/P22/ P23/P24/P26	P15/P16	P12/P13	P18/P19/P20	P17/P25
Cobertura												
Piso 4												
Piso 3												
Piso 2												
Piso 1												
Piso 0												
Fundação												

MATERIAIS ESTRUTURAIS

BETÃO (de acordo com a NP EN 206-1)

Elemento Estrutural	Classe de Resistência	Classe de Exposição Ambiental	Classe de Teor de Cloratos	Dimensão máxima do agregado [mm]	Classe de consistência
Betão de limpeza	C12/15	X0 (PT)	Cl 1.00	D20	-
Fundações, Pilares, Lintéis e vigas de fundação	C30/37	XC2 (PT)	Cl 0.40	D20	S3
Restantes elementos estruturais	C30/37	XC3 (PT)	Cl 0.40	D20	S3

AÇO

- Armadura ordinária - A500 NR [EN10080]
- Rede electrossoldada - A500 ER

RECOBRIMENTO NOMINAL

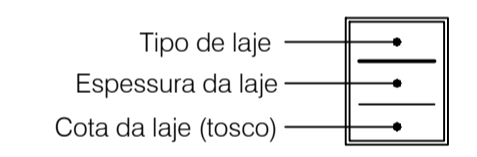
Fundações, muros de suporte e elementos enterrados	- 40 mm
Pilares e Vigas	- 35 mm
Paredes e Lajes	- 30 mm

ELEMENTOS ESTRUTURAIS

- SIMBOLOGIA: Xi,j
- X - Elemento estrutural
 - i - Número
 - j - Piso
- SIGNIFICADO DAS ABREVIATURAS:
- | | | |
|--------------------------|---------------------------------|-----------------------|
| PC - Parede de Contenção | V - Viga | LT - Laje Térrea |
| Pa - Parede | LM - Laje Maciça | E - Escada |
| VL - Viga Lintel | LF - Laje Fungiforme | VF - Viga de Fundação |
| P - Pilar | LV - Laje Aligeirada de Vigotas | |

- (Zs.=) - Cota da face superior do elemento estrutural em questão.
(Zi.=) - Cota da face inferior do elemento estrutural em questão.
- Este desenho só é válido quando visto em conjunto com o projecto de Arquitectura e os Projectos das Especialidades.
 - Todas as cotas devem ser confirmadas pelo Proj. de Arquitectura e em Obra, e são da responsabilidade do Empreiteiro.
 - A localização e dimensão de todas as Couretes e Furações de Lajes, Vigas, Muros e Paredes, devem ser confirmadas pelo Projecto de Arquitectura, pelos Projectos das Especialidades e pelos Empreiteiros das Especialidades.

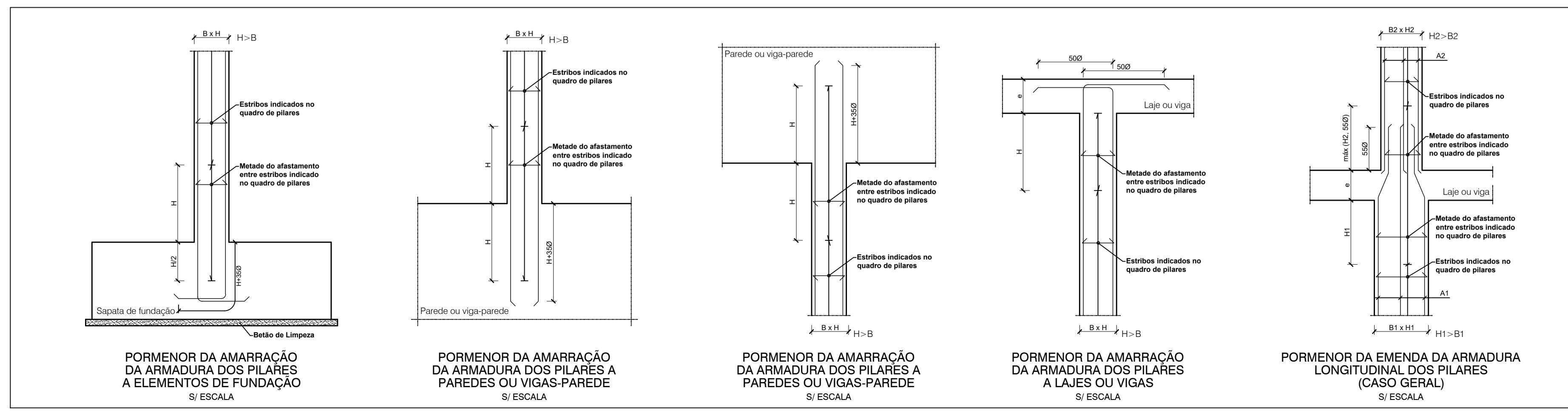
LEGENDA



Revisão	Data	Descrição	Projectou	Desenhou	Aprovou

Projectistas

PORMENORES A CONSIDERAR NA EXECUÇÃO DE PILARES



Projecto

COMPLEXO HABITACIONAL

Especialidade

Estruturas

Título

Quadro de Pilares. Pormenores.

Fase

Projecto de Execução

Escalas

1/20; S/Escala

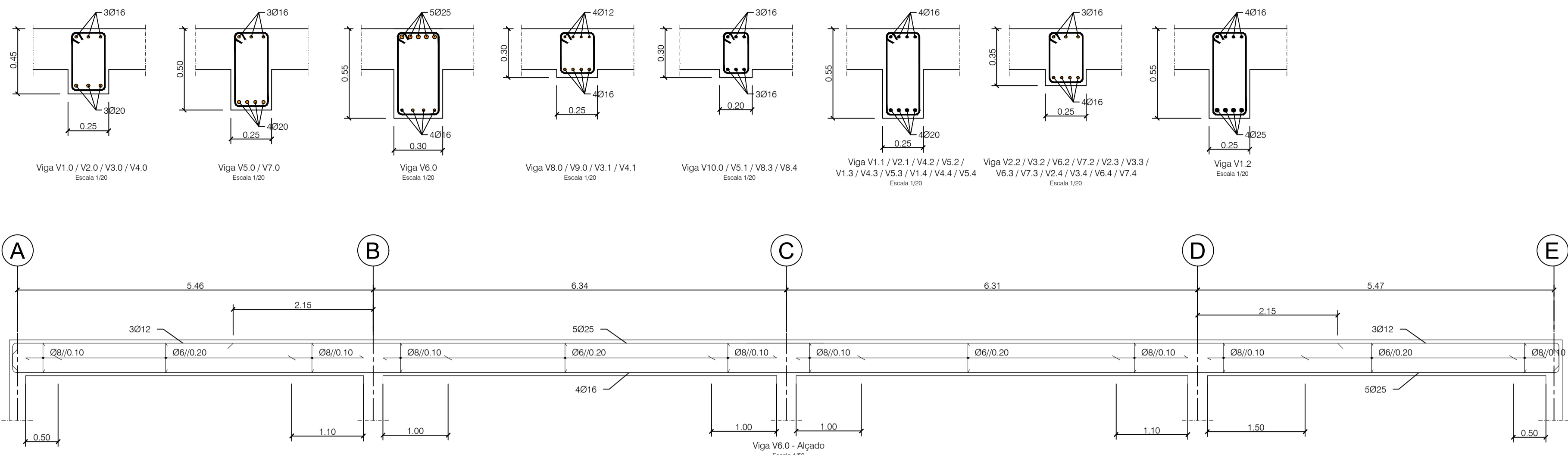
Nº Projecto

001

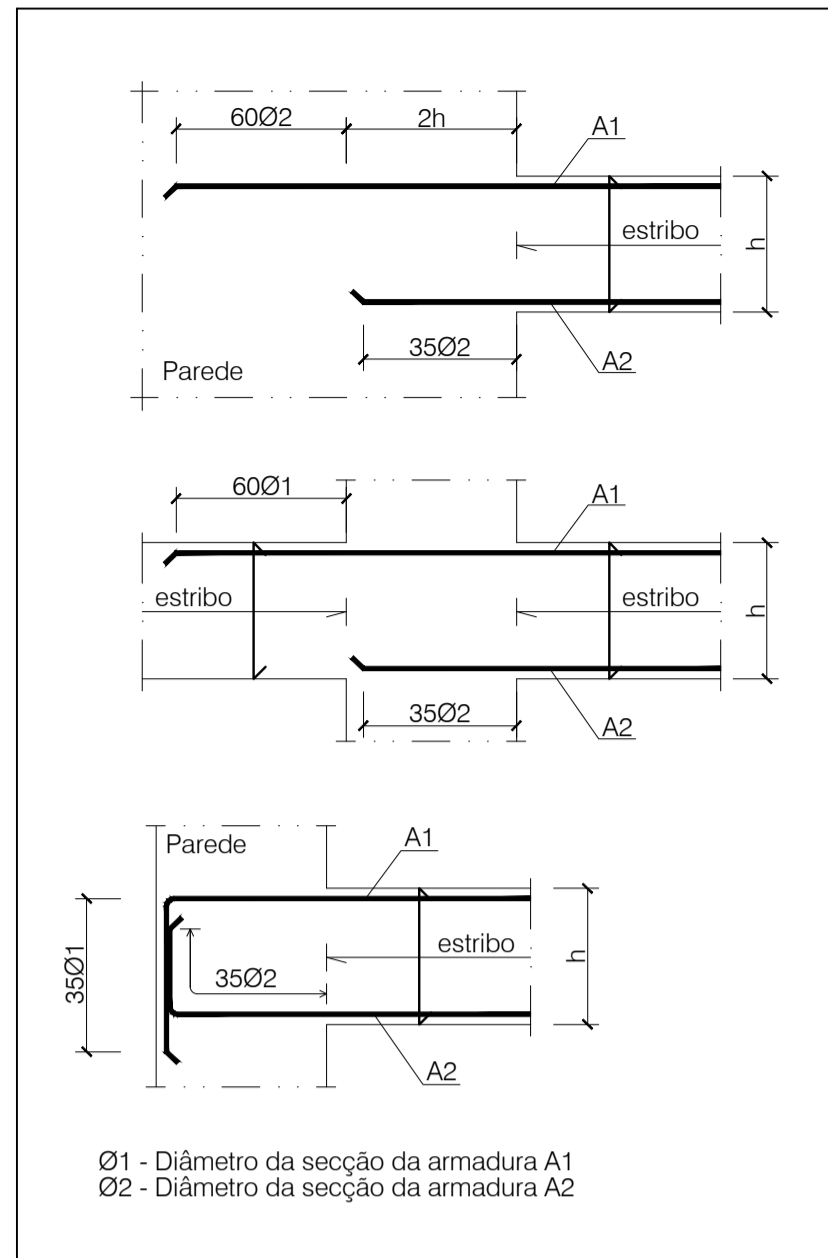
EST 006

Fase / Revisão

00

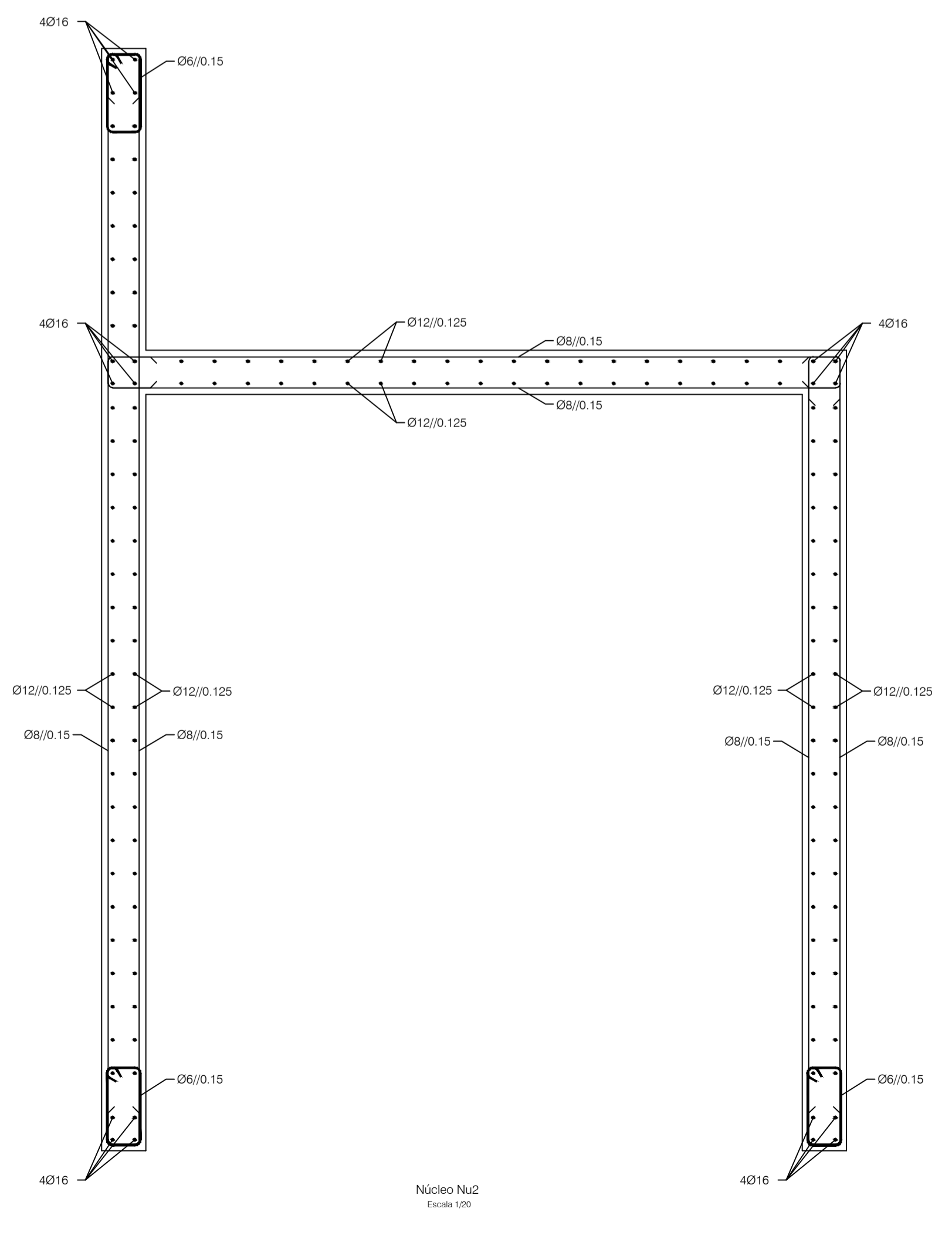
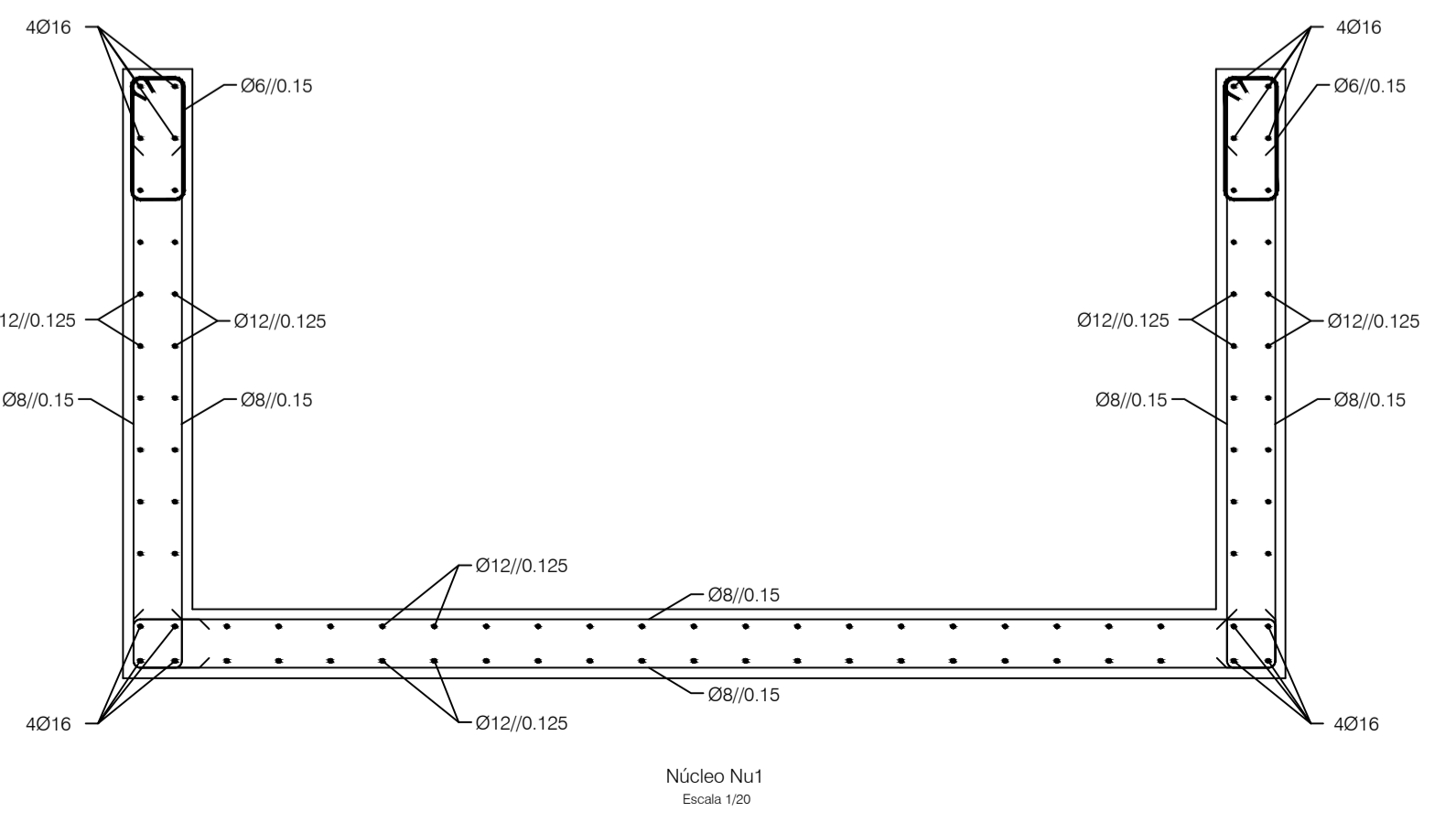
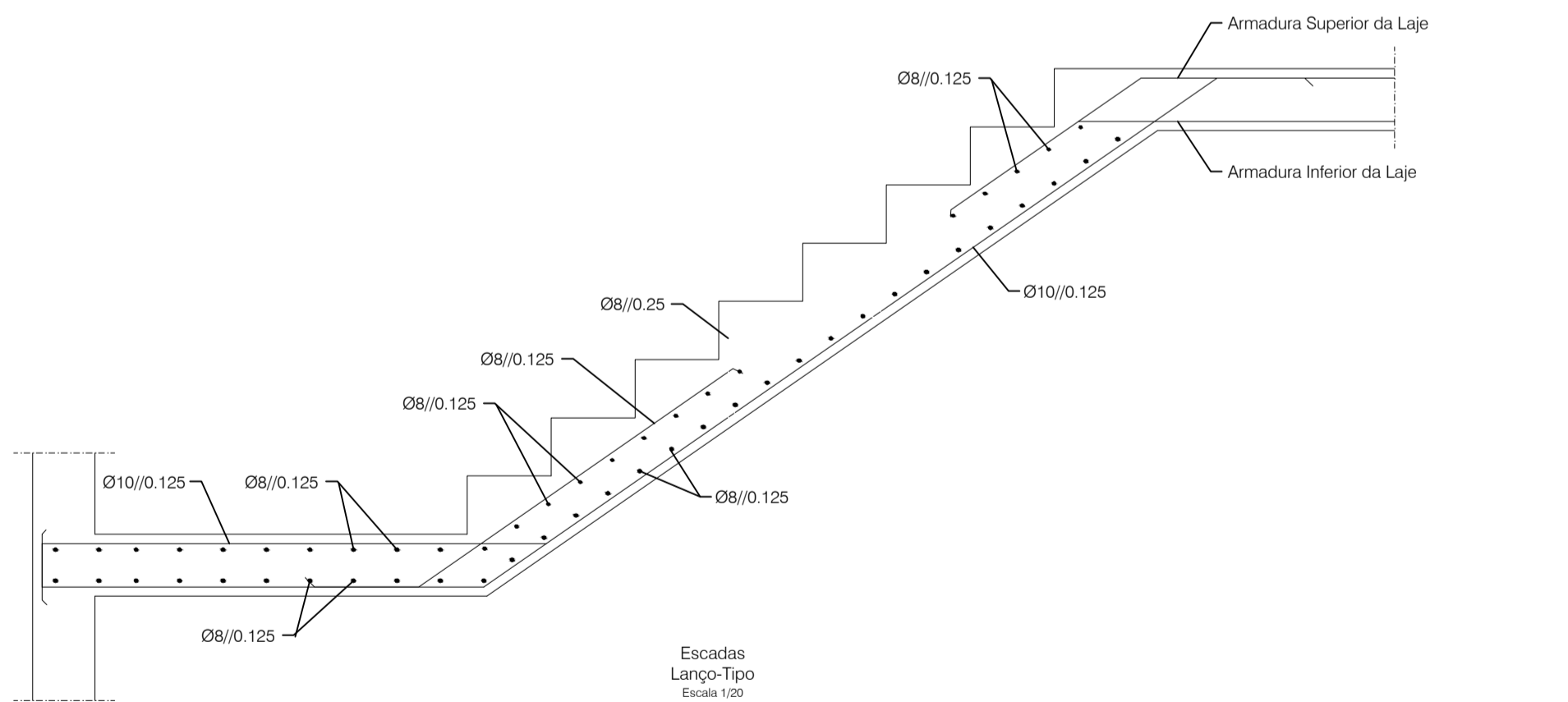


PORMENORES DE AMARRAÇÕES DA ARMADURA LONGITUDINAL DAS VIGAS REPRESENTADAS EM SECÇÃO TRANSVERSAL TIPO



QUADRO DE LAJES ALIGEIRADAS

LAJE	ALTURA (m)	PESO PRÓPRIO (kN/m²)	ESTADOS LIMITES ÚLTIMOS		ESTADOS LIMITES DE UTILIZAÇÃO		ARMADURA NOS APOIOS		DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS				
			Mrd (kN.m/m)	Vrd (kN/m)	Mtdk (kN.m/m)	Ei (kN.m²/m)	Ø	Ø DIST.	ZONA MACIÇA (m)	TARUGOS	AFAST. MÁX. ENTRE TARUGOS (m)	ARM. DIST. (cm²/m)	LAJE TIPO
LV	0.27	4.05	65.8	40.4	40.2	24628	Ø10/0.15	Ø8/0.15	0.20	2Ø10	2.0	1.36	V5-BN24x24-27



MATERIAIS ESTRUTURAIS

BETÃO (de acordo com a NP EN 206-1)

Elemento Estrutural	Classe de Resistência	Classe de Exposição Ambiental	Classe de Teor de Cloretos	Dimensão máxima do agregado [mm]	Classe de consistência
Betão de limpeza	C12/15	X0 (PT)	C1 1.00	D20	-
Fundações, Pilotos, Linteis e vigas de fundação	C30/37	XC2 (PT)	C1 0.40	D20	S3
Restantes elementos estruturais	C30/37	XC3 (PT)	C1 0.40	D20	S3

AÇO

Armadura ordinária	- A500 NR [EN10080]
Rede electrossoldada	- A500 ER

RECOBRIMENTO NOMINAL

Fundações, muros de suporte e elementos enterrados	- 40 mm
Pilares e Vigas	- 35 mm
Paredes e Lajes	- 30 mm

ELEMENTOS ESTRUTURAIS

SIMBOLOGIA: Xi,j

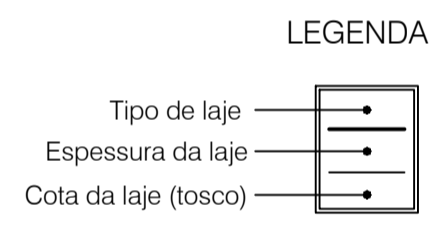
- X - Elemento estrutural
- i - Número
- j - Piso

SIGNIFICADO DAS ABREVIATURAS:

PC - Parede de Contenção	V - Viga	LT - Laje Térrea
Pa - Parede	LM - Laje Maciça	E - Escada
VL - Viga Lintel	LF - Laje Fungiforme	VF - Viga de Fundação
P - Pilar	LV - Laje Aligeirada de Vigotas	

(Zs. =) - Cota da face superior do elemento estrutural em questão.
 (Zi. =) - Cota da face inferior do elemento estrutural em questão.

- Este desenho só é válido quando visto em conjunto com o projecto de Arquitectura e os Projectos das Especialidades.
 - Todas as cotas devem ser confirmadas pelo Proj. de Arquitectura e em Obra, e são da responsabilidade do Empreiteiro.
 - A localização e dimensão de todas as Couretes e Furações de Lajes, Vigas, Muros e Paredes, devem ser confirmadas pelo Projecto de Arquitectura, pelos Projectos das Especialidades e pelos Empreiteiros das Especialidades.



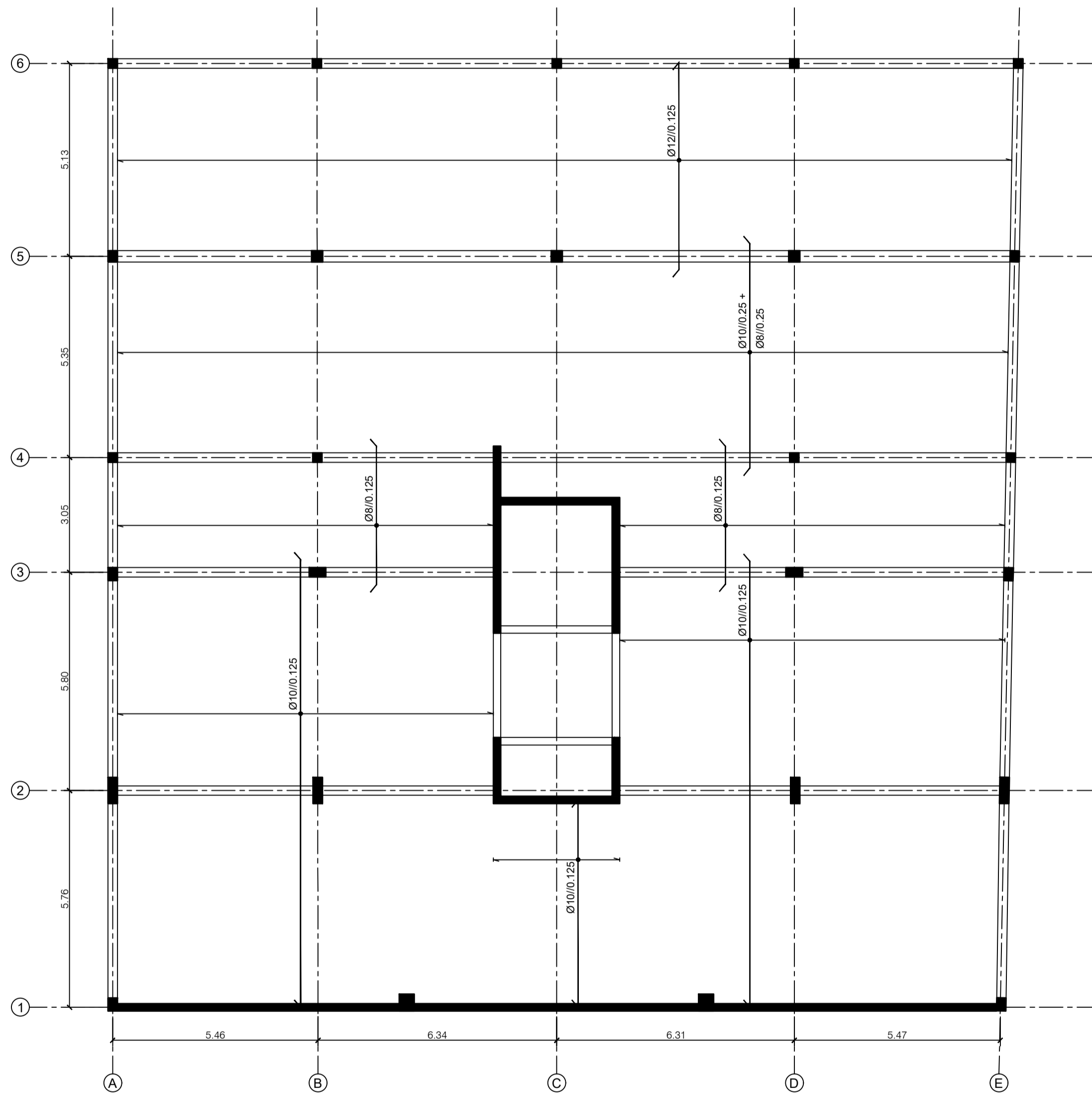
Revisão	Data	Descrição	Projectista	Desenhou	Aprovou

Projectistas

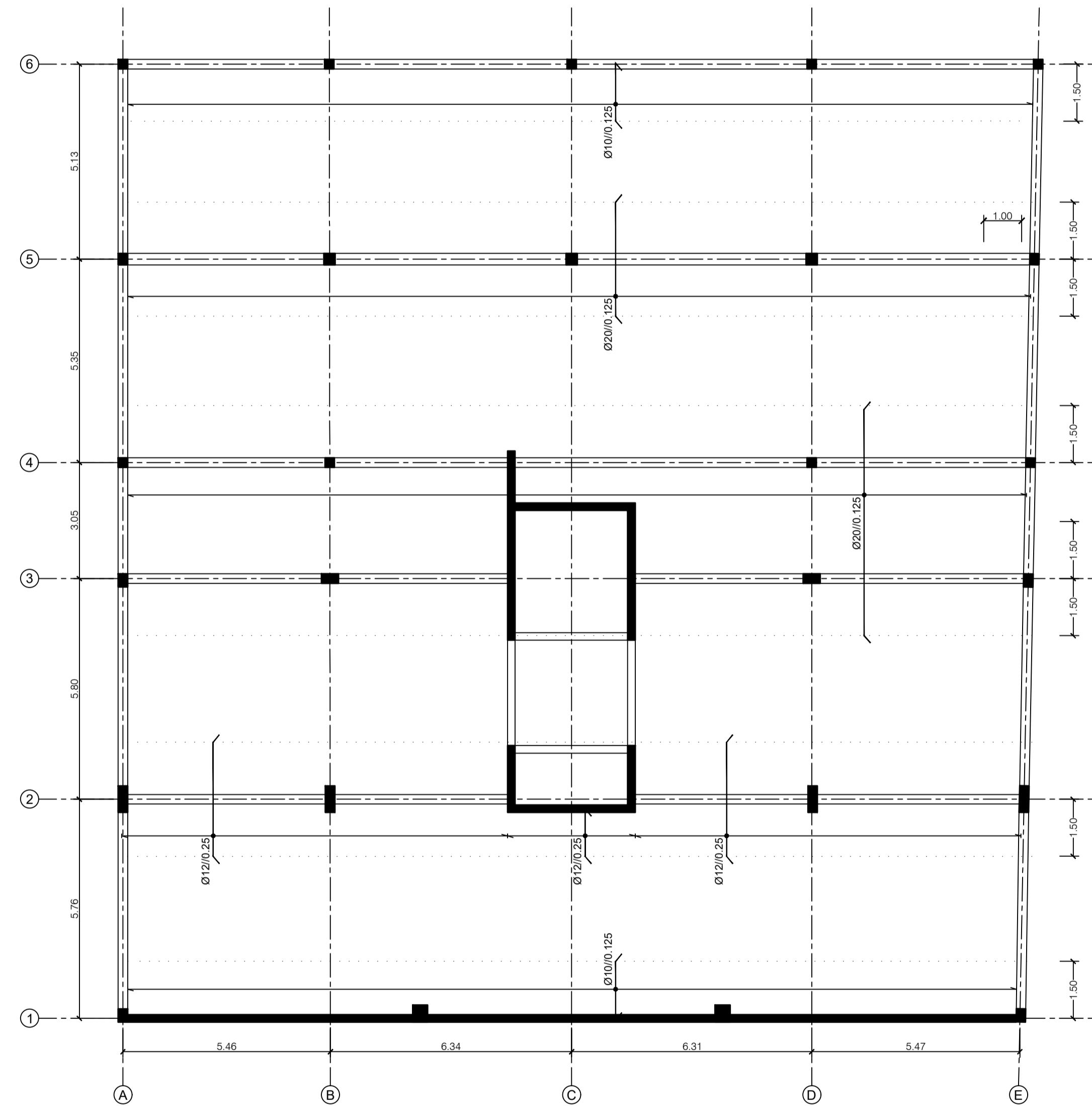
Projecto
COMPLEXO HABITACIONAL
 Especialidade
Estruturas
 Título
 Núcleo de Betão Armado.
 Laje aligeirada de vigotas. Escadas.
 Vigas.

Fase	Projecto de Execução	Escalas	S/Escala
Nº Projecto	001	Fase / Revisão	00
Especialidade	EST	Nº ordem	007

CRITÉRIOS DE REPRESENTAÇÃO DE ARMADURAS				
ARMADURAS - ESQUEMAS				
PLANTA	ALÇADO			
ARMADURA INFERIOR ←←←←←	BORDO LIVRE 2h	AMARRAÇÃO EM APOIOS 25h		
ARMADURA SUPERIOR ←←←←←	BORDO LIVRE 2h	AMARRAÇÃO EM APOIOS 35h		



Planta Estrutural do Piso 0
Armaduras Inferiores
Escala 1/100



Planta Estrutural do Piso 0
Armaduras Superiores
Escala 1/100

NOTA:
Nas zonas onde não estiver indicada armadura superior, deverá ser colocada em ambas as direcções: #Ø8/0.125
Esta armadura deverá ser devidamente empalmada com as restantes armaduras e/ou amarrada nos apoios.

MATERIAIS ESTRUTURAIS

BETÃO (de acordo com a NP EN 206-1)

Elemento Estrutural	Classe de Resistência	Classe de Exposição Ambiental	Classe de Teor de Cloratos	Dimensão máxima do agregado [mm]	Classe de consistência
Betão de limpeza	C12/15	X0 (PT)	Cl 1.00	D20	-
Fundações, Plintos, Lintéis e vigas de fundação	C30/37	XC2 (PT)	Cl 0.40	D20	S3
Restantes elementos estruturais	C30/37	XC3 (PT)	Cl 0.40	D20	S3

AÇO

Armadura ordinária	- A500 NR [EN10080]
Rede electrossoldada	- A500 ER

RECOBRIMENTO NOMINAL

Fundações, muros de suporte e elementos enterrados	- 40 mm
Pilares e Vigas	- 35 mm
Paredes e Lajes	- 30 mm

ELEMENTOS ESTRUTURAIS

SIMBOLOGIA: Xi,j

- X - Elemento estrutural
- i - Número
- j - Piso

SIGNIFICADO DAS ABREVIATURAS:

PC - Paredes de Contenção	V - Viga	LT - Laje Térrea
Pa - Paredes	LM - Laje Maciça	E - Escada
VL - Viga Lintel	LF - Laje Fungiforme	VF - Viga de Fundação
P - Pilar	LV - Laje Aligeirada de Vigotas	

- (Zs.=) - Cota da face superior do elemento estrutural em questão.
- (Zi.=) - Cota da face inferior do elemento estrutural em questão.

- Este desenho só é válido quando visto em conjunto com o projecto de Arquitectura e os Projectos das Especialidades.
- Todas as cotas devem ser confirmadas pelo Proj. de Arquitectura e em Obra, e são da responsabilidade do Empreiteiro.
- A localização e dimensão de todas as Couretes e Furações de Lajes, Vigas, Muros e Paredes, devem ser confirmadas pelo Projecto de Arquitectura, pelos Projectos das Especialidades e pelos Empreiteiros das Especialidades.

LEGENDA

- Tipo de laje
- Espessura da laje
- Cota da laje (tosco)

Revisão	Data	Descrição	Projectista	Dessenhou	Aprovou

Projectistas

Projecto

COMPLEXO HABITACIONAL

Especialidade

Estruturas

Título

Armaduras Inferiores e Superiores das Lajes do Piso 0

Fase

Projecto de Execução

Escala

1/100

Nº Projecto

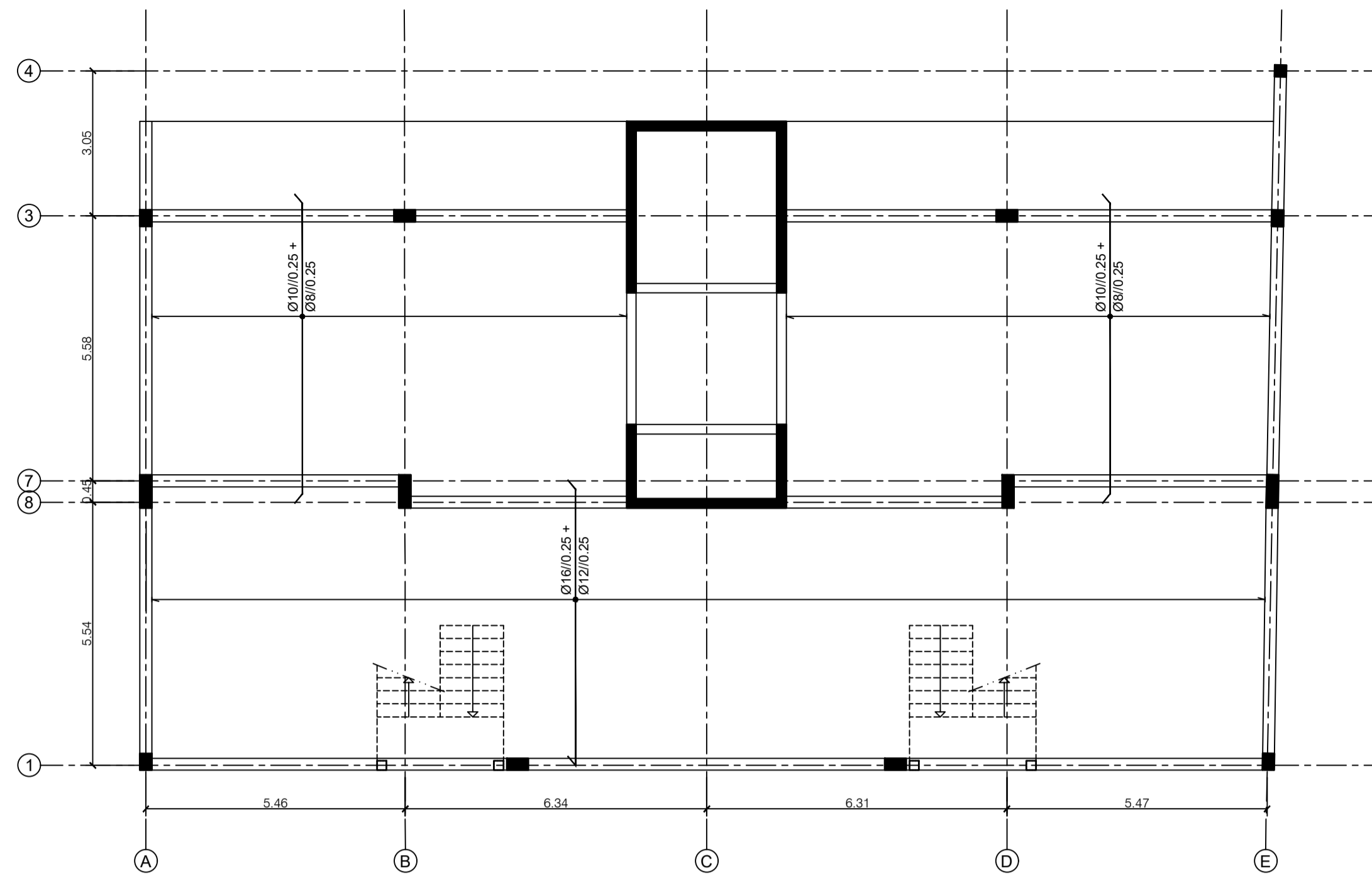
001

EST 008

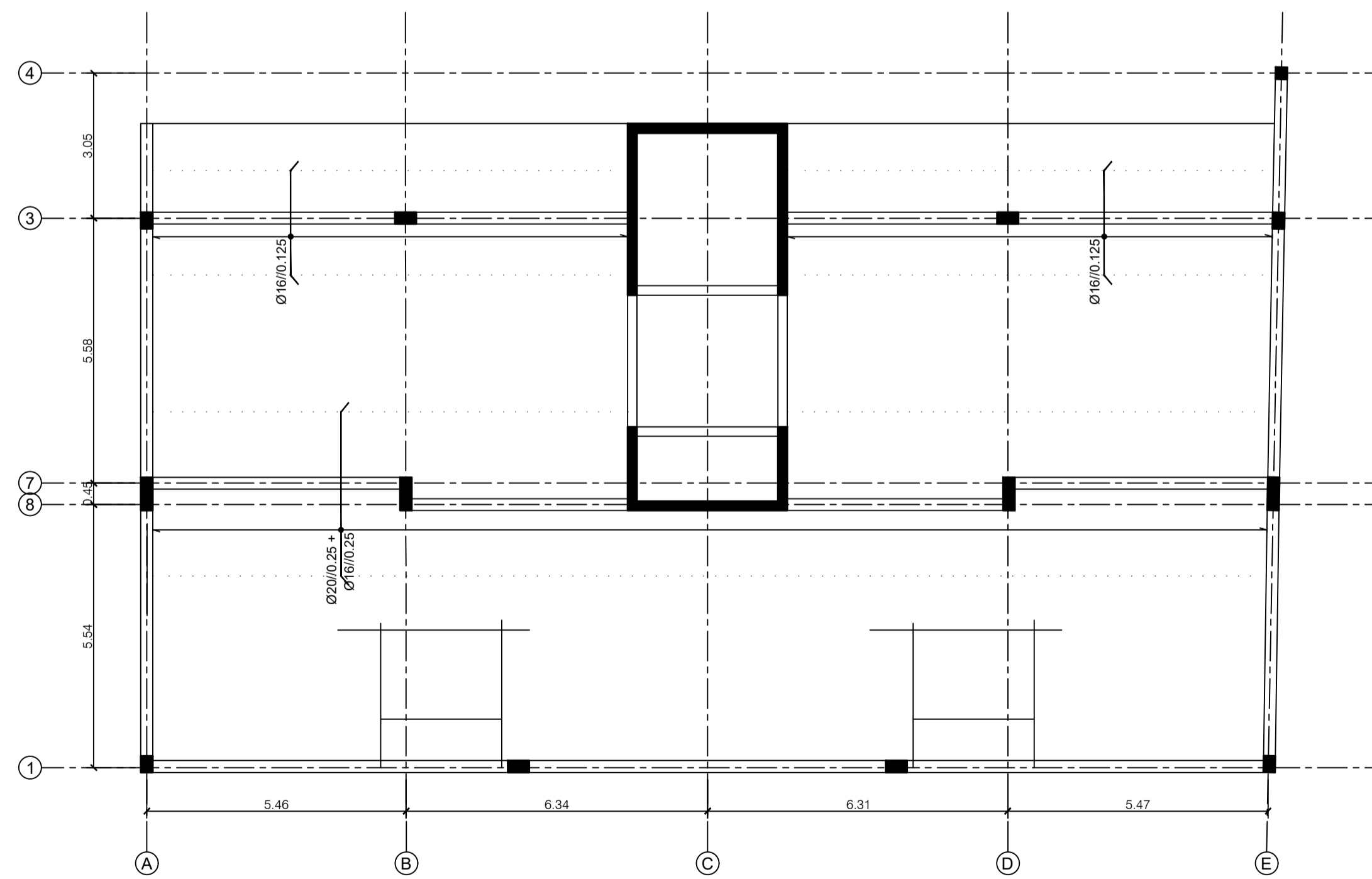
Nº ordem

Fase / Revisão

00



Planta Estrutural do Piso 3
Armaduras Inferiores
Escala 1/100



Planta Estrutural do Piso 3
Armaduras Superiores
Escala 1/100

CRITÉRIOS DE REPRESENTAÇÃO DE ARMADURAS					
ARMADURAS - ESQUEMAS					
PLANTA		ALÇADO			
ARMADURA INFERIOR	BORDO LIVRE 2h	AMARRAÇÃO EM APOIOS 25φ			
ARMADURA SUPERIOR	BORDO LIVRE 2h	AMARRAÇÃO EM APOIOS 35φ			

NOTA:
Nas zonas onde não estiver indicada armadura superior, deverá ser colocada em ambas as direções: #08e/0.125
Esta armadura deverá ser devidamente empalmada com as restantes armaduras e/ou amarrada nos apoios.

MATERIAIS ESTRUTURAIS

BETÃO (de acordo com a NP EN 206-1)

Elemento Estrutural	Classe de Resistência	Classe de Exposição Ambiental	Classe de Teor de Cloratos	Dimensão máxima do agregado [mm]	Classe de consistência
Betão de limpeza	C12/15	X0 (PT)	Cl 1.00	D20	-
Fundações, Plintos, Linteis e vigas de fundação	C30/37	XC2 (PT)	Cl 0.40	D20	S3
Restantes elementos estruturais	C30/37	XC3 (PT)	Cl 0.40	D20	S3

AÇO

Armadura ordinária	- A500 NR [EN10080]
Rede electrossoldada	- A500 ER

RECOBRIMENTO NOMINAL

Fundações, muros de suporte e elementos enterrados	- 40 mm
Pilares e Vigas	- 35 mm
Paredes e Lajes	- 30 mm

ELEMENTOS ESTRUTURAIS

SIMBOLOGIA: Xi,j

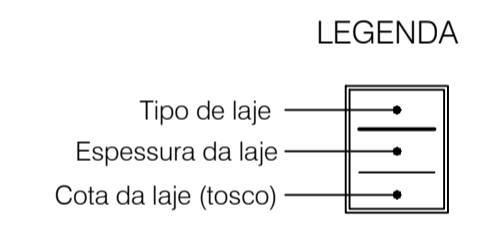
- X - Elemento estrutural
- i - Número
- j - Piso

SIGNIFICADO DAS ABREVIATURAS:

PC - Parede de Contenção	V - Viga	LT - Laje Térrea
Pa - Parede	LM - Laje Maciça	E - Escada
VL - Viga Lintel	LF - Laje Fungiforme	VF - Viga de Fundação
P - Pilar	LV - Laje Aligeirada de Vigotas	

(Zs.=) - Cota da face superior do elemento estrutural em questão.
(Zi.=) - Cota da face inferior do elemento estrutural em questão.

- Este desenho só é válido quando visto em conjunto com o projecto de Arquitectura e os Projectos das Especialidades.
- Todas as cotas devem ser confirmadas pelo Proj. de Arquitectura e em Obra, e são da responsabilidade do Empreiteiro.
- A localização e dimensão de todas as Couretes e Furações de Lajes, Vigas, Muros e Paredes, devem ser confirmadas pelo Projecto de Arquitectura, pelos Projectos das Especialidades e pelos Empreiteiros das Especialidades.

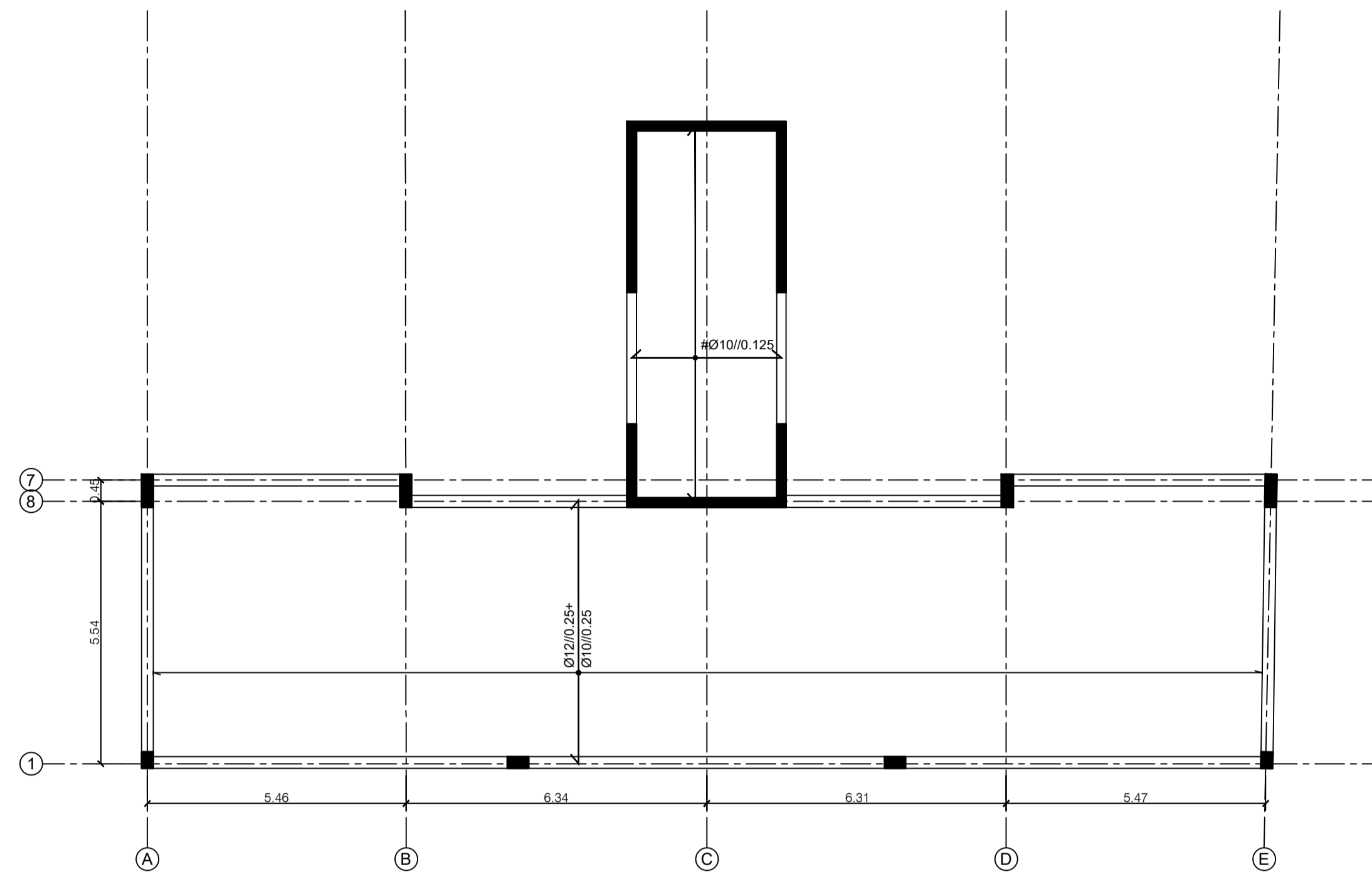


Revisão	Data	Descrição	Projectou	Desenhou	Aprovou
Requerente					

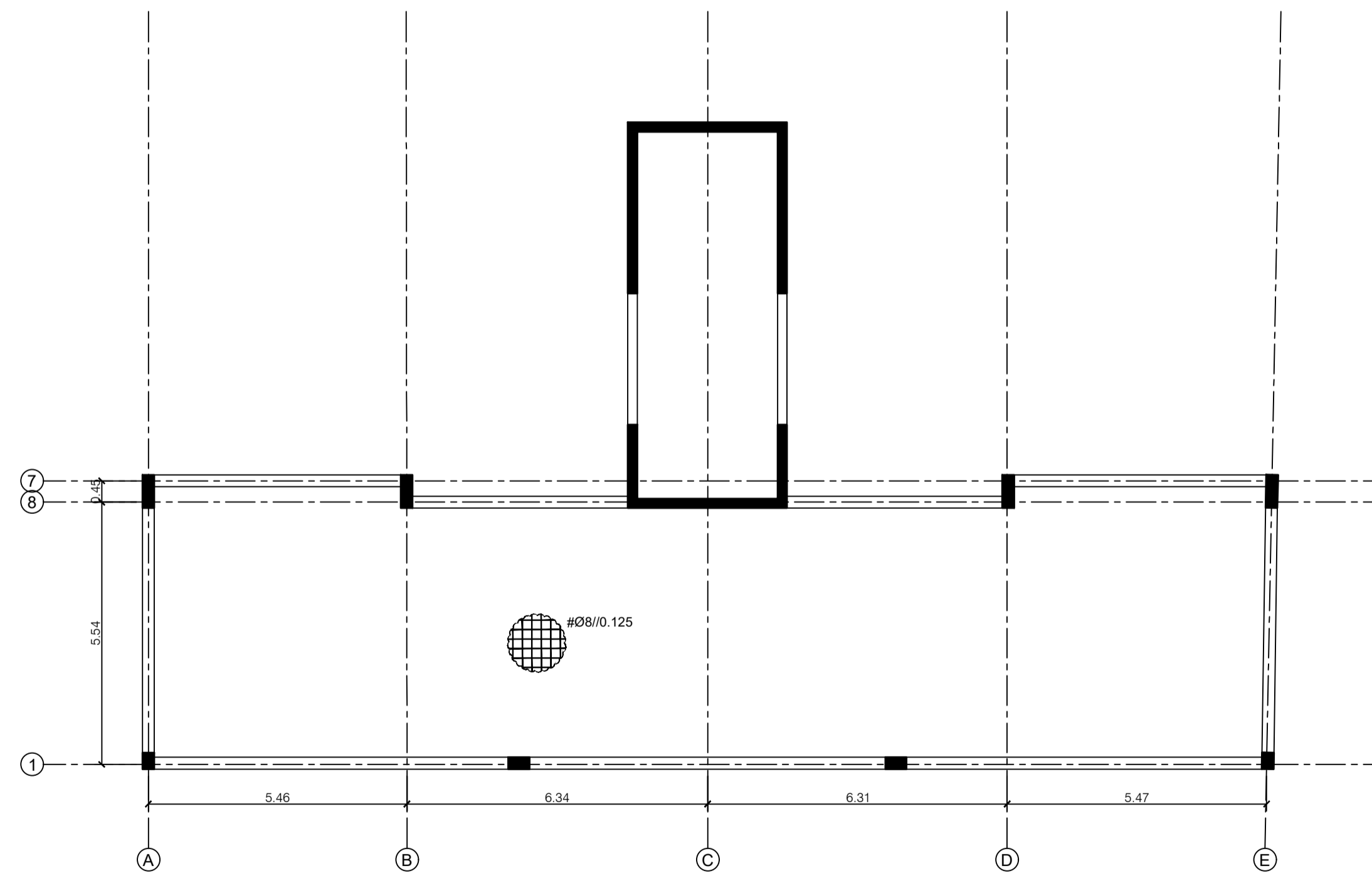
Projectistas

Projecto
COMPLEXO HABITACIONAL
Especialidade
Estruturas
Título
Armaduras Inferiores e Superiores das Lajes do Piso 3

Fase	Escalas
Projecto de Execução	1/100
Nº Projecto	Fase / Revisão
001	EST 009
	00



Planta Estrutural da Cobertura
Armaduras Inferiores
Escala 1/100



Planta Estrutural da Cobertura
Armaduras Superiores
Escala 1/100

CRITÉRIOS DE REPRESENTAÇÃO DE ARMADURAS					
ARMADURAS - ESQUEMAS					
PLANTA	ALÇADO				
ARMADURA INFERIOR	BORDO LIVRE 2h	AMARRAÇÃO EM APOIOS 25ø			
ARMADURA SUPERIOR	BORDO LIVRE 2h	AMARRAÇÃO EM APOIOS 35ø			

MATERIAIS ESTRUTURAIS					
BETÃO (de acordo com a NP EN 206-1)					
Elemento Estrutural	Classe de Resistência	Classe de Exposição Ambiental	Classe de Teor de Cloretos	Dimensão máxima do agregado [mm]	Classe de consistência
Betão de limpeza	C12/15	X0 (PT)	Cl 1.00	D20	-
Fundações, Plintos, Lintéis e vigas de fundação	C30/37	XC2 (PT)	Cl 0.40	D20	S3
Restantes elementos estruturais	C30/37	XC3 (PT)	Cl 0.40	D20	S3

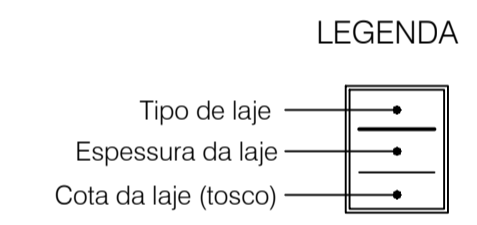
AÇO	
Armadura ordinária	- A500 NR [EN10080]
Rede electrossoldada	- A500 ER

RECOBRIMENTO NOMINAL	
Fundações, muros de suporte e elementos enterrados	- 40 mm
Pilares e Vigas	- 35 mm
Paredes e Lajes	- 30 mm

ELEMENTOS ESTRUTURAIS					
SIMBOLOGIA: Xi,j					
X	- Elemento estrutural				
i	- Número				
j	- Piso				
SIGNIFICADO DAS ABREVIATURAS:					
PC	- Paredes de Contenção	V	- Viga	LT	- Laje Térrea
Pa	- Paredes	LM	- Laje Maciça	E	- Escada
VL	- Viga Lintel	LF	- Laje Fungiforme	VF	- Viga de Fundação
P	- Pilar	LV	- Laje Aligeirada de Vigotas		

(Zs.=) - Cota da face superior do elemento estrutural em questão.
(Zi.=) - Cota da face inferior do elemento estrutural em questão.

- Este desenho só é válido quando visto em conjunto com o projecto de Arquitectura e os Projectos das Especialidades.
- Todas as cotas devem ser confirmadas pelo Proj. de Arquitectura e em Obra, e são da responsabilidade do Empreiteiro.
- A localização e dimensão de todas as Couretes e Furações de Lajes, Vigas, Muros e Paredes, devem ser confirmadas pelo Projecto de Arquitectura, pelos Projectos das Especialidades e pelos Empreiteiros das Especialidades.



Revisão	Data	Descrição	Projectou	Desenhou	Aprovou

Projectistas

Projecto
COMPLEXO HABITACIONAL

Especialidade
Estruturas

Título
Armaduras Inferiores e Superiores das Lajes da Cobertura

Fase Projecto de Execução	Escala 1/100
Nº Projecto 001	Fase / Revisão 00
Especialidade EST	Nº ordem 011