

ESTUDO DO DESEMPENHO DE UMA ESTRUTURA DE FACHADA DE UM EDIFÍCIO

Comparação entre estrutura de betão armado e
estrutura em alvenaria resistente na vertente
custo/prazo de execução

GERMANO SIMÃO VINHA RIBEIRO

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES

Orientador: Professor Jorge Manuel Chaves Gomes Fernandes

JULHO DE 2012

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2011/2012

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2011/2012 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2012*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

Aos meus Pais e Irmão

“A necessidade aguça o engenho”
(Provérbio popular)

AGRADECIMENTOS

Cinco meses se passaram desde o início desta dissertação e inúmeras pessoas contribuíram para a realização da mesma, direta ou indiretamente. Sendo assim, deixo o meu agradecimento aos que mais se destacaram:

Em primeiro lugar, quero deixar o meu apreço ao Professor Jorge Manuel Chaves Gomes Fernandes, orientador da presente dissertação. De facto, foram imensas e preciosas as reuniões realizadas para colmatar dúvidas, colher críticas e sugestões, clarificar ideias e encaminhar o trabalho para a direção certa. O seu enorme talento, a sua disponibilidade e incentivo levaram-me ao sucesso do presente. Todas as palavras do mundo não são suficientes para mostrar a minha gratidão.

Agradeço também ao Professor Doutor Hipólito José Campos de Sousa que me forneceu informação crucial para o incremento do meu conhecimento em Alvenaria.

Os meus pais levam um especial obrigado por todo o apoio dado durante o meu percurso académico, em especial nesta última etapa. A confiança e força dadas foram indispensáveis.

Não poderia esquecer o meu irmão, Patrício, que teve sempre um conselho importante e recetividade para debater durante horas.

À Sandrine, um agradecimento especial pela ajuda, paciência e compreensão durante esta fase de elaboração de tese.

Aos meus amigos pelo companheirismo e encorajamento nesta fase difícil.

A todos os que não referi e que me ajudaram, ainda que fosse indiretamente, a realizar este trabalho.

RESUMO

A construção em alvenaria resistente tem vindo a ser abandonada ao longo dos últimos anos. Existe a necessidade de perceber se esse abandono das estruturas em alvenaria resistente é justificável, ou não. Partindo dessa necessidade, surgiu o interesse de comparar a construção em alvenaria resistente na vertente custo/prazo de execução com as estruturas mais vulgarmente construídas na atualidade, a estrutura porticada em betão armado.

Em termos de enquadramento, apresenta-se uma síntese dos vários tipos de alvenaria resistente e a aplicabilidade no nosso país, assim como a revisão bibliográfica dos estudos já feitos, no âmbito da presente dissertação.

O desenvolvimento do presente trabalho tem como objeto de estudo um conjunto de estruturas de fachada em alvenaria resistente e outras em pórtico de betão armado com vários pisos, todas elas com características geométricas iguais. Fez-se variar, apenas, o número de pisos à medida que se avança no estudo. Para a modelação estrutural das respetivas estruturas, foi usado o programa Robot 2010 com vista ao cálculo automático dos esforços resultantes das ações verticais e ação horizontal.

Foram desenvolvidos os processos de dimensionamento em função da regulamentação aplicável, a NP ENV 1996-1-1 (Eurocódigo 6) e NP EN 1992-1-1 (Eurocódigo 2) para as estruturas em alvenaria resistente e betão armado, respetivamente.

Com base nos resultados obtidos do dimensionamento e verificação da segurança das secções dos elementos estruturais, é feito o levantamento das medições, quantificação dos custos de execução e prazos de execução para as estruturas de fachada em alvenaria resistente e porticada em betão armado preenchida com alvenaria não resistente.

Por último estabeleceu-se uma comparação a nível de custos e prazos entre as duas soluções estruturais, com base nos dados colhidos anteriormente.

Espera-se, portanto, que o presente trabalho possa ser um ponto de partida para uma argumentação fundamentada em relação aos prós e contras na vertente custo e prazo das estruturas em alvenaria resistente.

PALAVRAS-CHAVE: custo, prazo, alvenaria resistente, betão armado.

ABSTRACT

The resistant masonry construction was left in the last years. There is a need to understand if this abandonment of structures in resistant masonry is justifiable or not. Based on this need, it became interested to compare resistant masonry in the strand-term cost of construction with the structure most commonly built in the present, the framed structure in reinforced concrete.

In terms of framework, it has a synthesis of the different types of resistant masonry and the applicability in our country, as well as a literature review of studies already done about that present paper.

The development of the present work has as object a set of structures with a façade in resistant masonry and other with framed in reinforced concrete with divers floors, all of them with the same geometric characteristics. It will be only vary the number of floors as we go forward in the study. For the structure modeling of the structures, it was used the program Robot 2010 for automatic calculus of forces resultant of vertical and horizontal actions.

The design processes were developed based on the applicable regulations, the NP ENV 1996-1-1 (Eurocode 6) and NP EN 1992-1-1 (Eurocode 2) for structures in resistant masonry and reinforced concrete respectively.

Based on the results achieved from the design and verification of the security of the sections of the structures elements, it is done a raising of measures, quantification of cost of execution and terms of execution for the structures with façade in resistant masonry and framed reinforced concrete filled with non-resistant masonry.

Finally, it was established a comparison about costs and terms between the two structural solutions based on the data obtained previously.

Therefore, it is expected that the present paper could be a starting point for an extensive argumentation about the pros and cons in the strand-term cost of resistant masonry.

KEYWORDS: cost, term, resistant masonry, reinforced concrete.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
 1. INTRODUÇÃO	 1
1.1. ENQUADRAMENTO DO TEMA	1
1.2. OBJETIVOS DA TESE	1
1.3. MÉTODO DE ESTUDO	2
1.4. ORGANIZAÇÃO EM CAPÍTULOS	3
 2. ALVENARIA RESISTENTE	 5
2.1. ALVENARIA RESISTENTE	5
2.1.1. ALVENARIA SIMPLES	5
2.1.2. ALVENARIA CONFINADA	6
2.1.3. ALVENARIA ARMADA	6
2.2. CLASSIFICAÇÃO DE PAREDES	7
2.3. CONCEÇÃO DE ESTRUTURAS EM ALVENARIA RESISTENTE	8
2.4. TRABALHOS DE REFERÊNCIA	10
 3. CONCEÇÃO/MODELAÇÃO – QUANTIFICAÇÃO E COMBINAÇÃO DE AÇÕES	 11
3.1. INTRODUÇÃO	11
3.2. OBJETO DE ESTUDO	11
3.3. CONCEÇÃO	12
3.4. MATERIAIS	13
3.4.1. MATERIAIS PARA AS ESTRUTURAS DE FACHADA EM ALVENARIA ARMADA	13
3.4.2. MATERIAIS PARA AS ESTRUTURAS DE FACHADA EM PÓRTICO DE BETÃO ARMADO	14
3.5. AÇÕES VERTICAIS	14
3.6. AÇÃO DO VENTO	15
3.6.1. ZONEAMENTO DAS ESTRUTURAS	15
3.6.2. PRESSÃO DINÂMICA DO VENTO	15

3.6.3. COEFICIENTES DE PRESSÃO.....	16
3.6.4. PRESSÃO ATUANTE	18
3.7. AÇÃO DO SISMO	21
3.8. COMBINAÇÕES DE AÇÕES	23
3.9. PRÉ-DIMENSIONAMENTO DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS DAS ESTRUTURAS PORTICADAS EM BETÃO ARMADO	23
3.9.1. VIGAS.....	24
3.9.2. PILARES	25

4. DIMENSIONAMENTO - ESTRUTURAS DE FACHADA EM ALVENARIA RESISTENTE

4.1. INTRODUÇÃO	29
4.2. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DA ALVENARIA E RESPECTIVOS MATERIAIS	29
4.3. QUANTIFICAÇÃO DOS EFEITOS DEVIDO A IMPERFEIÇÕES	30
4.4. DIMENSIONAMENTO DAS PAREDES.....	31
4.4.1. ESFORÇOS NAS PAREDES	32
4.4.2. CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO	33
4.4.3. DIMENSIONAMENTO À FLEXÃO DAS PAREDES	34
4.4.4. VERIFICAÇÃO DE SEGURANÇA AO ESFORÇO TRANSVERSO NO ESTADO LIMITE ÚLTIMO	37
4.4.5. DIMENSIONAMENTO À FLEXÃO DAS PADIEIRAS (PARTES SUPERIORES ÀS ABERTURAS)	41
4.4.6. DIMENSIONAMENTO AO ESFORÇO TRANSVERSO DAS PADIEIRAS.....	45
4.5. DIMENSIONAMENTO DAS ESTRUTURAS A.R.3 E A.R.4.....	46
4.6. DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA A.R.5.....	47
4.7. DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA DE FACHADA A.R.6.....	57

5. DIMENSIONAMENTO - ESTRUTURAS DE FACHADA PORTICADAS EM BETÃO ARMADO

5.1. INTRODUÇÃO	59
5.2. VIGAS.....	59
5.2.1 ESFORÇOS	59
5.2.2. DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA LONGITUDINAL E VERIFICAÇÃO DAS DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS SEGUNDO O EC2	60
5.2.3. DIMENSIONAMENTO DAS ARMADURAS TRANSVERSAIS E VERIFICAÇÃO DAS DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS SEGUNDO O EC2	64

5.3. PILARES.....	67
5.3.1. ESFORÇOS	67
5.3.1.1. Efeitos de 2ª ordem	67
5.3.1.2. Imperfeições geométricas	70
5.3.1.3. Momento de cálculo final.....	71
5.3.2. DIMENSIONAMENTO DAS ARMADURAS LONGITUDINAIS E VERIFICAÇÃO DAS DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS SEGUNDO O EC2	71
5.3.2.1. Dimensionamento das armaduras longitudinais	71
5.3.2.2. Disposições construtivas.....	72
5.3.3. DIMENSIONAMENTO DAS ARMADURAS TRANSVERSAIS E VERIFICAÇÃO DAS DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS SEGUNDO O EC2	73
5.3.3.1. Dimensionamento das armaduras transversais.....	73
5.3.3.2. Verificação das disposições construtivas.....	74
5.4. TABELAS RESUMO	75
5.4.1. ARMADURA LONGITUDINAL DAS VIGAS	75
5.4.2. ARMADURA TRANSVERSAL DAS VIGAS	77
5.4.3. ARMADURA LONGITUDINAL DOS PILARES	77
5.4.4. ARMADURA TRANSVERSAL DOS PILARES.....	78
 6. ANÁLISE DE CUSTOS E PRAZOS DAS ESTRUTURAS DE FACHADA EM ALVENARIA RESISTENTE	 79
6.1. INTRODUÇÃO	79
6.2. METODOLOGIA DE CÁLCULO DOS CUSTOS	79
6.3. MEDIÇÕES	81
6.4 CUSTOS	83
6.5. PRAZOS DE EXECUÇÃO	87
6.5.1. LISTAGEM DE TAREFAS.....	87
6.5.2. DURAÇÃO DAS TAREFAS.....	88
6.5.3. ENCADEAMENTO E CALENDARIZAÇÃO DAS TAREFAS	89
6.5.3.1. Encadeamento das tarefas	89
6.5.3.2. Calendarização das tarefas	90
6.5.4. CONCLUSÃO EM RELAÇÃO AOS PRAZOS DE EXECUÇÃO.....	91

7. ANÁLISE DE CUSTOS E PRAZOS DAS ESTRUTURAS DE FACHADA PORTICADAS EM BETÃO ARMADO	93
7.1. INTRODUÇÃO	93
7.2. REGRAS DE MEDIÇÕES	94
7.2.1. BETÃO	94
7.2.1.1. Betão em Pilares	94
7.2.1.2. Betão em vigas	94
7.2.2. COFRAGENS	95
7.2.3. ARMADURAS	95
7.2.4. ALVENARIA SIMPLES	95
7.3. MEDIÇÕES	95
7.4. CUSTOS	96
7.5. PRAZOS DE EXECUÇÃO	99
7.5.1. LISTAGEM DE TAREFAS	99
7.5.2. DURAÇÃO DAS TAREFAS	100
7.5.3. ENCADEAMENTO E CALENDARIZAÇÃO DAS TAREFAS	102
7.5.4. CONCLUSÃO EM RELAÇÃO AOS PRAZOS DE EXECUÇÃO	102
 8. COMPARAÇÃO NA VERTENTE CUSTO/PRAZO DE EXECUÇÃO	 105
8.1. COMPARAÇÃO DOS CUSTOS GLOBAIS	105
8.2. COMPARAÇÃO DOS PRAZOS DE EXECUÇÃO	110
 9. CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	 113
9.1. CONCLUSÕES	113
9.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	113

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Organograma ilustrativo do método de estudo	2
Figura 2 - Exemplo de estrutura em alvenaria simples.....	5
Figura 3 - Estruturas em alvenaria confinada; (a) Alvenaria confinada com elementos de confinamento embutidos; (b) Alvenaria armada com elementos de confinamento à vista; (c) Alvenaria confinada armada com armaduras horizontais [7].....	6
Figura 4 - Estruturas de alvenaria armada; a) Alvenaria armada, com armaduras em treliça de aço inoxidável; b) Alvenaria armada, com armadura ordinária	7
Figura 5 - Tipos de parede e o fim a que se destinam [4]	8
Figura 6 - Regras para conceção estrutural em planta para edifícios em alvenaria resistente [7].....	9
Figura 7 - Regras de conceção estrutural em altura para edifícios em alvenaria resistente.....	9
Figura 8 - Objeto de estudo.....	11
Figura 9 - Interface do software de análise de estruturas (Robot 2010).....	12
Figura 10 – Planta e fachada da estrutura tipo	13
Figura 11 - Blocos furado verticalmente de 20 cm de espessura.....	14
Figura 12 - Armadura Murfor RND [10].....	14
Figura 13 - Valor característico da pressão dinâmica.....	16
Figura 14 - Coeficientes de pressões exteriores e interiores.....	18
Figura 15 – Coeficientes de pressão resultantes.....	18
Figura 16 - Ação do vento nas estruturas de dois pisos; a) Estrutura porticada em betão armado; b) Estrutura em alvenaria resistente.....	19
Figura 17 - Ação do vento nas estruturas de três pisos; a) Estrutura porticada em betão armado; b) Estrutura em alvenaria resistente.....	19
Figura 18 - Ação do vento nas estruturas de quatro pisos; a) Estrutura porticada em betão armado; b) Estrutura em alvenaria resistente.....	20
Figura 19 - Ação do vento nas estruturas de cinco pisos; a) Estrutura porticada em betão armado; b) Estrutura em alvenaria resistente.....	20
Figura 20 - Ação do vento nas estruturas de seis pisos; a) Estrutura porticada em betão armado; b) Estrutura em alvenaria resistente.....	21
Figura 21 - Relação entre maior e menor dimensão do edifício [12]	21
Figura 22 - Regras para as reentrâncias dos edifícios [12]	22
Figura 23 - Distância entre paredes [12]	22
Figura 24 - Áreas de influência dos pilares	26
Figura 25 - Referenciação das paredes.....	31
Figura 26 - Orientação das forças calculadas de forma automática.....	32

Figura 27 - Mapas de momentos (My) das paredes P.3/1 e P.3/2 da A.R.2	33
Figura 28 - Colocação de armadura de corte [10].....	41
Figura 29 - Representação de uma viga-parede [8].....	42
Figura 30 – viga-parede simplesmente apoiada	43
Figura 31 - Diagrama de tensões-extensões para armaduras ordinárias [8].....	47
Figura 32 - Diagrama de tensões-extensões da alvenaria [13]	48
Figura 33 - Diagrama de tensões e extensões para o 1º caso [13]	48
Figura 34 - Diagrama de tensões e extensões para o 2º caso [13]	51
Figura 35 - Diagrama de tensões para o 3º caso [13].....	52
Figura 36 - Envolvente de momentos nas vigas da estrutura "B.A. 2".....	59
Figura 37 - Diagramas de esforço transversal nas vigas.....	60
Figura 38 - Método do diagrama retangular [15].....	61
Figura 39- Posição do eixo neutro admitindo que a rotura se dá pelo betão [15]	61
Figura 40 - Estrutura contraventada [17].....	67
Figura 41 - Imperfeições geométricas [17].....	70
Figura 42 - Variação do consumo de betão e de armaduras na estrutura de seis pisos.....	82
Figura 43 - Custos por piso da construção em alvenaria resistente	84
Figura 44 – Distribuição média dos custos/piso das estruturas em alvenaria resistente	85
Figura 45 -Desenvolvimento dos custos das estruturas de fachada em alvenaria armada	86
Figura 46 - Estudo do prazo de execução.....	87
Figura 47 - Gráfico de Gantt da estrutura de "A.R. 2"	90
Figura 48 – Desenvolvimento dos prazos de execução das estruturas em alvenaria armada.....	92
Figura 49 - Custos por piso das componentes das estruturas em betão armado	97
Figura 50 - Distribuição média dos custos/piso para as estruturas de betão armado	98
Figura 51 - Desenvolvimento dos custos nas estruturas de fachada porticadas em betão armado	99
Figura 52 - Desenvolvimento dos prazos de execução das estruturas porticadas em betão armado	103
Figura 53 - Comparação dos custos das unidades de alvenaria para ambas as soluções	106
Figura 54 - Comparação dos custos de betão para ambas as soluções	106
Figura 55 - Comparação dos custos de cofragem para ambas as soluções	107
Figura 56 - Comparação dos custos das armaduras para ambas as soluções	107
Figura 57 - Comparação dos custos do betão armado versus alvenaria resistente	109
Figura 58 – Comparação do desenvolvimento dos custos em ambas as estruturas	110
Figura 59 - Desenvolvimento dos prazos de execução para os dois tipos de estrutura.....	111

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Ações verticais permanentes e variáveis.....	15
Tabela 2 - Coeficientes de pressão exterior para paredes	17
Tabela 3 - Percentagem de área horizontal das paredes em relação à área total de piso [12]	22
Tabela 4 - Pré-dimensionamento dos pilares P1 e P3.....	26
Tabela 5 - Pré-dimensionamento do pilar P3.....	27
Tabela 6 - Características resistentes das unidades, da alvenaria e argamassa	30
Tabela 7 - Armadura a colocar nas paredes	37
Tabela 8 - Esforço transversal resistente	40
Tabela 9 - Armadura mínima de corte	40
Tabela 10 - Cargas verticais na viga.....	43
Tabela 11 - Dimensionamento de armaduras de secções sujeitas à Flexão Composta [13].....	54
Tabela 12 - Dimensionamento das armaduras longitudinais.....	63
Tabela 13 - Dimensionamento da armadura longitudinal dos pilares.....	72
Tabela 14 - Armadura longitudinal nas vigas.....	76
Tabela 15 - Armadura transversal das vigas	77
Tabela 16 - Armaduras longitudinais dos pilares	77
Tabela 17 - Armadura transversal dos pilares	78
Tabela 18 – Custos diretos para as estruturas de fachada em alvenaria resistente.....	80
Tabela 19 - Fornecimento do aço	80
Tabela 20 - Resumo de medições para as estruturas de alvenaria resistente.....	81
Tabela 21 – Quantidades de materiais por piso para as estruturas de alvenaria resistente.....	81
Tabela 22 – Custo em euros das componentes das estruturas em alvenaria resistente	83
Tabela 23 - Custo em euros/piso das componentes das estruturas em alvenaria resistente	83
Tabela 24 - Rendimentos de mão-de-obra	88
Tabela 25 - Duração das tarefas.....	89
Tabela 26 - Mapa de tarefas	90
Tabela 27 - Prazos de execução (Dias).....	91
Tabela 28 - Custos fornecidos para as estruturas de fachada em pórtico de betão armado.....	93
Tabela 29 - Custo de fornecimento do aço	94
Tabela 30 - Resumo das medições das estruturas de betão armado	95
Tabela 31 - Quantidades por piso nas estruturas de betão armado.....	96

Tabela 32 – Custo em euros das componentes das estruturas em betão armado	96
Tabela 33 - Custo em euros/piso das componentes das estruturas em betão armado	97
Tabela 34 - Tempo necessário de manutenção de escoramento e cofragens	101
Tabela 35 - Durações das tarefas para 1 piso	102
Tabela 36 - Prazos de execução das estruturas em pórtico de betão armado preenchidas com alvenaria simples	103
Tabela 37 - Comparação dos custos do betão armado versus alvenaria resistente (para todos os pisos)	105
Tabela 38 – Comparação dos custos globais das estruturas entre alvenaria e betão armado	108
Tabela 39 - Prazos de execução das estruturas estudadas em dias	110

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1	119
ANEXO 2	171
ANEXO 3	173
ANEXO 4	177
ANEXO 5	185
ANEXO 6	191
ANEXO 7	195
ANEXO 8	203
ANEXO 9	205
ANEXO 10	209
ANEXO 11	211
ANEXO 12	217
ANEXO 13	221

SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

W_k – pressão dinâmica do vento

δ_p – coeficiente de pressão

p_w – ação do vento distribuído pelo pavimento do piso

γ_G – coeficiente parcial relativo às ações permanentes

γ_p – coeficiente parcial relativo às ações associadas com o pré-esforço

γ_a – coeficiente parcial relativo às ações associadas com o pré-esforço

G_k – valor característico de uma ação permanente

Q_k – valor característico de uma ação variável

μ – momento reduzido

N_{sd} – carga axial

M_{sd} – momento atuante

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

f_{yd} – valor de cálculo da tensão de cedência à tração do aço

b_w – largura total de uma seção transversal

d – altura útil de uma seção transversal

h – altura da seção

γ_M – coeficiente parcial de segurança relativo à Alvenaria

γ_s – coeficiente parcial de segurança relativo ao aço

A_s – área de armadura tracionada

A'_s – área de armadura comprimida

f_k – valor característico da resistência à compressão de alvenaria

σ_{sd} – valor de cálculo da tensão da tração do aço

σ'_{sd} – valor de cálculo à compressão da alvenaria

B.A. – betão armado

A.R – alvenaria resistente

E.L.U. – estado limite último

1

INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO DO TEMA

Nos dias que correm, o tipo de construção mais utilizada em Portugal é a estrutura porticada de betão armado preenchida com alvenaria não resistente, o que não se verifica com a construção em alvenaria resistente [1]. A construção em alvenaria resistente, quase obrigatória no passado, tem decrescido continuamente ao longo dos anos. [2] Sabe-se, no entanto, que em Portugal este aspeto mostra um comportamento diferente relativamente a outros países na Europa, onde a construção de edifícios em alvenaria resistente é muito mais generalizada.

A inexistência de regulamentação até ao ano de 1995 em Portugal constituiu a principal razão para limitar a sua utilização, conjuntamente com motivações de natureza tecnológica e decisões arquitetónicas. [1] Na atualidade existem documentos de dimensionamento em alvenaria resistente à semelhança do que acontece com o betão armado, tal como normas de ensaios para caracterização experimental dos materiais e de soluções estruturais. A publicação em 2001 da NP ENV1996.1.1 (Eurocódigo 6) forneceu aos Portugueses as condições inicialmente necessárias para a disseminação da construção em alvenaria resistente. Porém, existe algum entrave por parte das entidades cruciais à mudança, como as escolas de Engenharia que continuam a manter uma forte componente da tecnologia referente ao betão armado, não abordando temas como as vantagens e desvantagens e o processo de dimensionamento de outras opções de construção.

Em consequência, a larga maioria da geração atual de consultores e projetistas ligados à construção civil, têm falta de conhecimento em relação a outros modos de construção, o que leva os engenheiros a optar quase sempre pelas estruturas em betão armado. Não há, portanto, praticamente, nenhum tipo de motivação e divulgação para o uso de outros tipos de estrutura. [3]

1.2. OBJETIVOS DA TESE

Em oposição à tendência natural que o mercado tem vindo a adotar, ou seja, construção “massiva” em betão armado, elaborou-se o presente trabalho com o objetivo de comparar a solução mencionada com a solução em alvenaria resistente. Então, pretende-se comparar estas duas técnicas de construção com especial destaque para os prazos e custos de execução e perceber se a construção em betão armado acarreta maiores ou menores tempos de execução, assim como maiores ou menores custos. Para tal, utilizar-se-á estruturas equiparáveis com vários pisos, ou seja pretende-se elaborar indicadores que permitam perceber a evolução dos custos em função do número de pisos construídos. Em suma, pretende-se com o presente trabalho disponibilizar informação que permita a decisão fundamentada sobre o tipo de solução a utilizar de forma mais racional e apoiada.

1.3. MÉTODO DE ESTUDO

Em função do principal objetivo desenvolveu-se uma estrutura tipo, a qual será dimensionada para dois tipos de soluções estruturais, que são as seguintes:

- Alvenaria resistente, do tipo armada com armaduras ordinárias e armaduras em treliça nas juntas de assentamento;
- Estrutura tradicional porticada em betão armado preenchida com alvenaria não resistente.

A ordem de ideias para levar avante o estudo proposto será como ilustrado no organograma apresentado na seguinte figura.

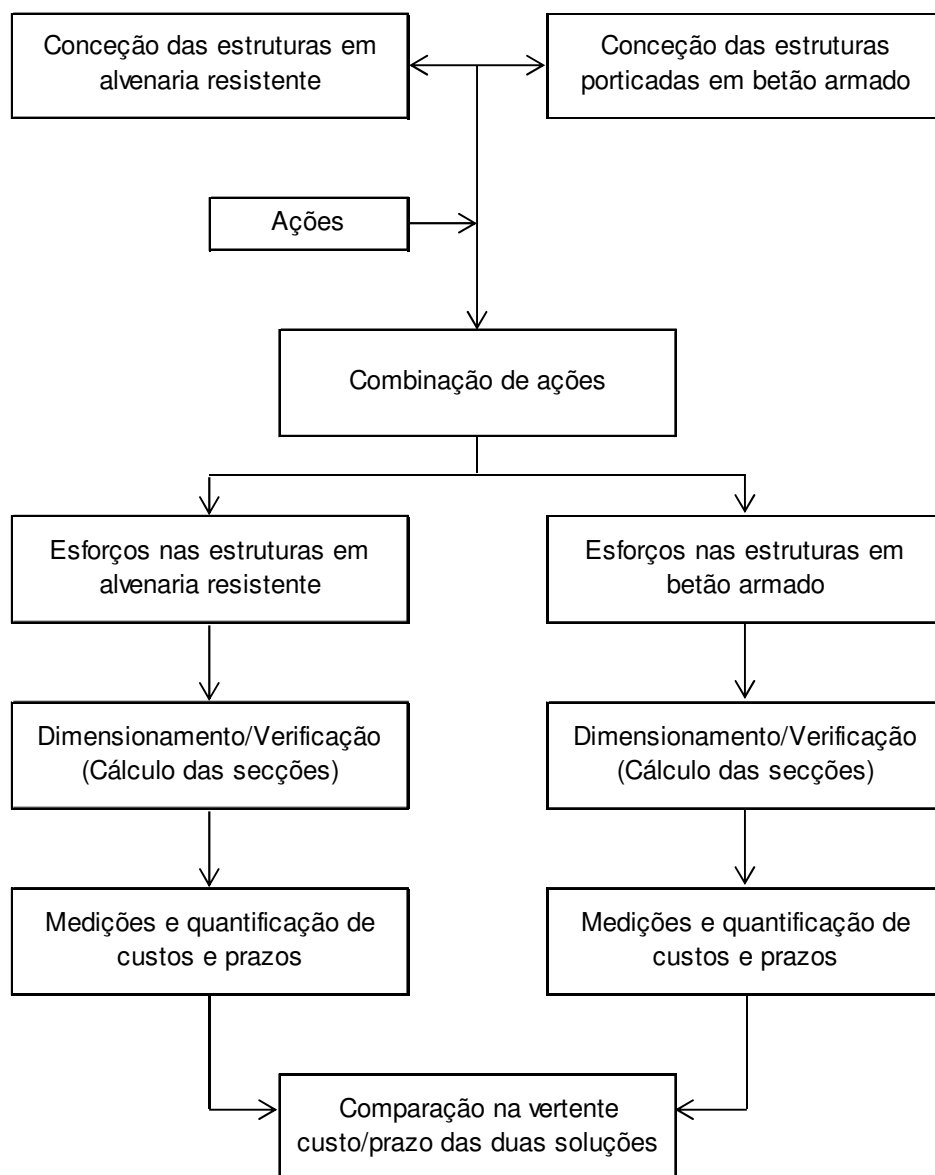


Figura 1 - Organograma ilustrativo do método de estudo

1.4. ORGANIZAÇÃO EM CAPÍTULOS

O presente trabalho foi dividido em nove capítulos.

O Capítulo 1 apresenta um enquadramento acerca da atual situação em relação ao uso de alvenaria resistente na construção de edifícios em Portugal. Dá a conhecer, também, os objetivos deste trabalho bem como o método de estudo e a sua estrutura.

No Capítulo 2 são expostas as tipologias de construção em alvenaria resistente, as suas aplicações e, em alguns casos, as suas limitações. Referem-se algumas regras de conceção para definição estrutural de um edifício em alvenaria resistente e na última parte do Capítulo encontra-se uma dissertação que foi realizada com um objetivo similar à da presente tese, mas para uma tipologia de alvenaria resistente diferente da que aqui foi tratada.

No Capítulo 3 começa-se a desenvolver o processo de conceção das estruturas que servirão de objeto de estudo até ao final do presente trabalho. No desenvolvimento do mesmo, definem-se os materiais a serem usados na construção das estruturas de fachada, as ações verticais e ação do vento, pré-dimensionamento dos elementos estruturais e, por fim, elaboram-se os casos de carga que podem eventualmente acontecer na estrutura ao longo da sua vida, ou seja, as combinações de ações.

No Capítulo 4 foi elaborada a explicação do processo de dimensionamento adotado, assim como o cálculo e verificação da segurança das secções das paredes resistentes das estruturas em alvenaria armada. Na parte final do capítulo são desenvolvidas peças desenhadas.

No Capítulo 5, à semelhança do que aconteceu no Capítulo 4, foi exposta a explicação do processo de dimensionamento adotado, assim como o cálculo e verificação da segurança das secções dos elementos estruturais em betão armado. Na parte final do capítulo também são elaboradas peças desenhadas para este tipo de estrutura.

O Capítulo 6 apresenta os resultados dos custos e prazos de execução das estruturas em alvenaria resistente. No início é apresentado a forma como geralmente os custos são organizados na construção civil e também os custos unitários usados no presente trabalho. Para a definição do custo global das estruturas, foram em primeiro lugar medidas as quantidades de materiais necessárias à execução das respetivas estruturas para depois se proceder ao cálculo do custo global. Seguiu-se à análise de prazos de execução iniciando-se com a definição das tarefas a realizar para a construção das estruturas e terminando no encadeamento e calendarização das tarefas com recurso ao programa informático Microsoft Project.

O Capítulo 7 mostra os custos e prazos de execução das estruturas de fachada porticadas em betão armado. O processo de cálculo desenvolveu-se de forma análoga ao descrito para o Capítulo 6.

No Capítulo 8 contém os estudos realizados para comparação dos custos e prazos de execução dos dois tipos de estruturas estudadas.

O Capítulo 9 tem as principais conclusões do presente trabalho e a sugestão de desenvolvimentos futuros.

2

ALVENARIA RESISTENTE

2.1. ALVENARIA RESISTENTE

Segundo Lourenço [1], uma parede em alvenaria resistente é um “elemento estrutural contínuo vertical, retilíneo ou curvilíneo, constituído pela solidarização, por meio de um ligante (argamassa), de um conjunto de elementos resistentes (unidades de alvenaria) e que podem integrar elementos de reforço de outra natureza (varões metálicos, ligadores ou outros).” Em consonância com a função estrutural que desempenham, as paredes resistentes podem ser construídas em:

- Alvenaria simples;
- Alvenaria confinada;
- Alvenaria armada. [4]

2.1.1. ALVENARIA SIMPLES

Em países como a Alemanha, Noruega ou Holanda, de baixo risco sísmico, e também em países, como a Espanha e Itália (com risco sísmico considerável) é vulgar a solução construtiva em alvenaria estrutural simples. [5] Conforme a regulamentação Europeia de estruturas sismo-resistentes EN 1998-1, o uso da solução construtiva em alvenaria simples deverá ser limitada em zonas de elevado risco sísmico [6]. Existe experiência de consequências devastadoras provocadas por sismos em termos de edificado em alvenaria, por exemplo, os sismos que abalaram a China, o México e o Irão. Todavia, a solução estrutural em alvenaria simples poderá ser escolhida para zonas de risco sísmico reduzido. [7] Na EN 1996-1-1 [8] e na EN 1998-1 [6] são referidas as condições a serem cumpridas, assim como as características mínimas para as estruturas em alvenaria simples. Este tipo de alvenarias é executado apenas com recurso a panos de alvenaria, sem uso de outro material resistente.



Figura 2 - Exemplo de estrutura em alvenaria simples

2.1.2. ALVENARIA CONFINADA

A solução em alvenaria confinada é constituída por panos de alvenaria confinados nos quatro bordos por elementos em betão armado – pilares e vigas, geralmente designados neste tipo de construção por montantes e cintas, respetivamente. [5] O aspeto final da estrutura assemelha-se ao aspeto final de uma estrutura porticada em betão armado preenchida com alvenaria simples. A principal distinção entre as duas soluções estruturais é que enquanto no betão armado os pilares e vigas são construídas antes da construção das paredes, na solução em alvenaria confinada é exatamente ao contrário, ou seja, os elementos de confinamento são construídos à posteriori da construção das paredes. Esta construção pode ser executada com recurso a cofragens, ou então, podem ficar embutidos no seu interior, tal como ilustrado na Figura 3.

Existem estudos relativamente ao comportamento mecânico que permitem concluir que os elementos de confinamento conferem o aumento da ductilidade e capacidade resistente. Segundo Tomazevic [9], os elementos de confinamento melhoram a ligação entre as paredes estruturais, conseguem maior estabilidade da parede, aumentam a resistência e a ductilidade, e diminuem o risco de desmonte da parede em Alvenaria. [7]

A EN 1998-1 [6] refere que devem existir sempre elementos de confinamento em todos os cruzamentos de paredes, bem como nos bordos das aberturas com área superior a 1.5 m^2 . A distância máxima entre os montantes deverá ser de 5.0m. A dimensão mínima dos elementos de confinamento é de 150 mm. [7]

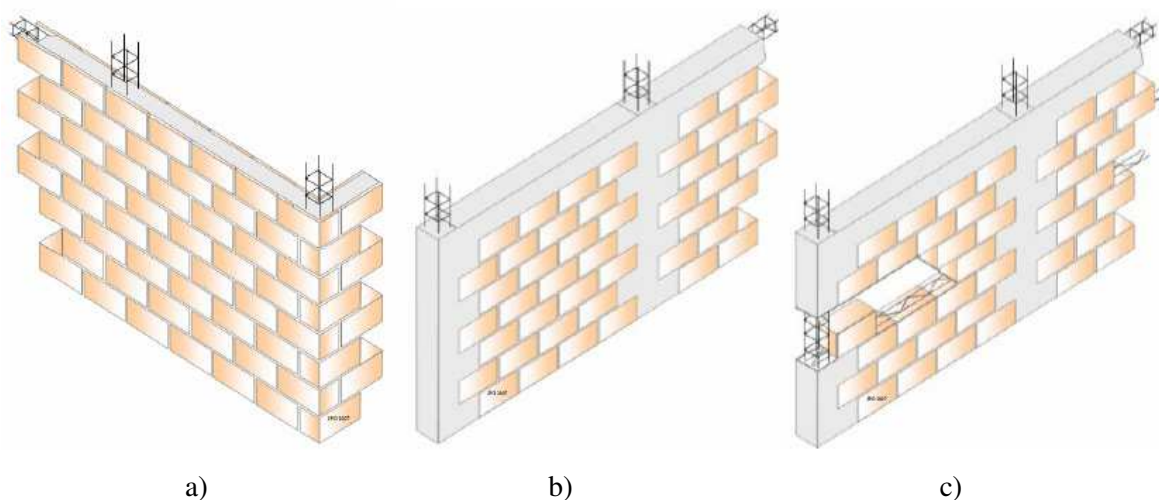


Figura 3 - Estruturas em alvenaria confinada; (a) Alvenaria confinada com elementos de confinamento embutidos; (b) Alvenaria armada com elementos de confinamento à vista; (c) Alvenaria confinada armada com armaduras horizontais [7]

2.1.3. ALVENARIA ARMADA

A solução de construção em alvenaria armada surgiu da deficiente reação das alvenarias simples às ações horizontais elevadas.

Tal como a alvenaria confinada, também a alvenaria armada é uma solução estrutural adequada para zonas de risco sísmico. [7] A solução em alvenaria armada, comparativamente com as soluções atrás referidas, confere melhores características mecânicas e otimiza o comportamento estrutural no que diz

respeito à distribuição de tensões, dissipação de energia e valores últimos da resistência ao corte quando solicitada a ações horizontais. [3]

O nome da solução “alvenaria armada” resulta da constituição do conjunto da parede em alvenaria com recurso a armaduras verticais e horizontais, tal como ilustra a Figura 4. As armaduras verticais são colocadas nos furos verticais dos blocos que posteriormente são solidarizados com a introdução de betão de enchimento. As armaduras horizontais são colocadas nas juntas horizontais de assentamento e geralmente são armaduras em formato de treliça de aço inoxidável. Em conformidade com a EN 1998-1 [6], as armaduras horizontais devem ter um diâmetro superior ou igual a 4 mm e um afastamento nunca superior a 600 mm. [7]

O processo construtivo deste tipo de solução exige que as unidades de alvenaria têm que ser desenhadas e posteriormente assentes de modo a que os furos dos blocos fiquem alinhados em toda a altura da parede. Com o objetivo de facilitar a construção deste tipo de paredes, existem quer blocos de betão, quer blocos cerâmicos com furações destinadas à introdução das armaduras referidas. [7]

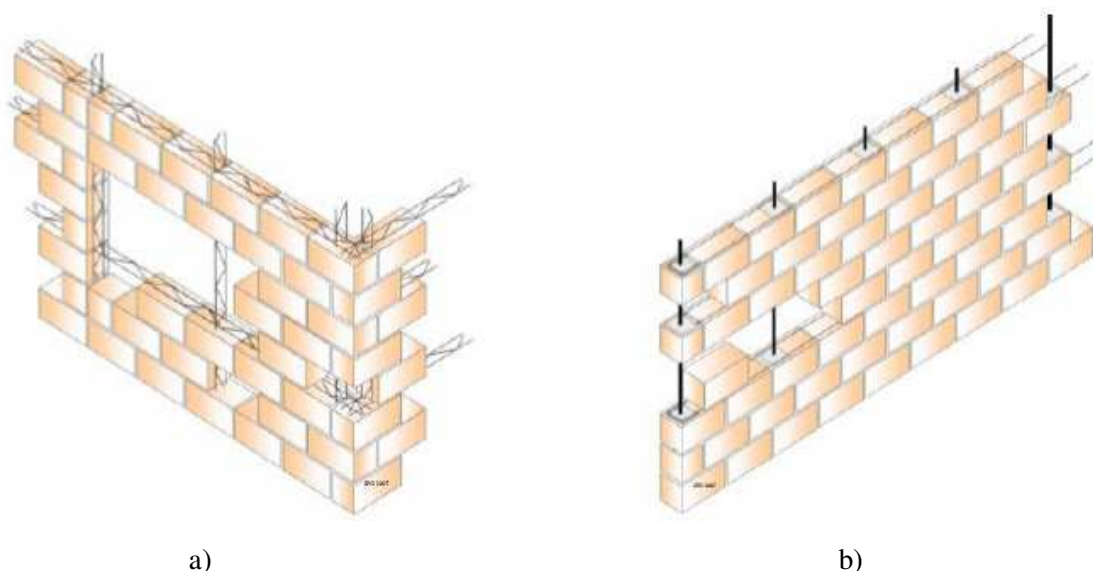


Figura 4 - Estruturas de alvenaria armada; a) Alvenaria armada, com armaduras em treliça de aço inoxidável; b) Alvenaria armada, com armadura ordinária

2.2. CLASSIFICAÇÃO DE PAREDES

Referiram-se até ao presente ponto as soluções de paredes resistentes mais usuais, no entanto, é importante ficar-se com a ideia de que uma estrutura global de um edifício não é, na maioria das vezes, constituído por apenas um tipo de parede. No contexto mais normal da construção, é usual estudar-se o comportamento global da estrutura, dividindo as paredes com atribuições estruturais diferentes como se ilustra na Figura 5.

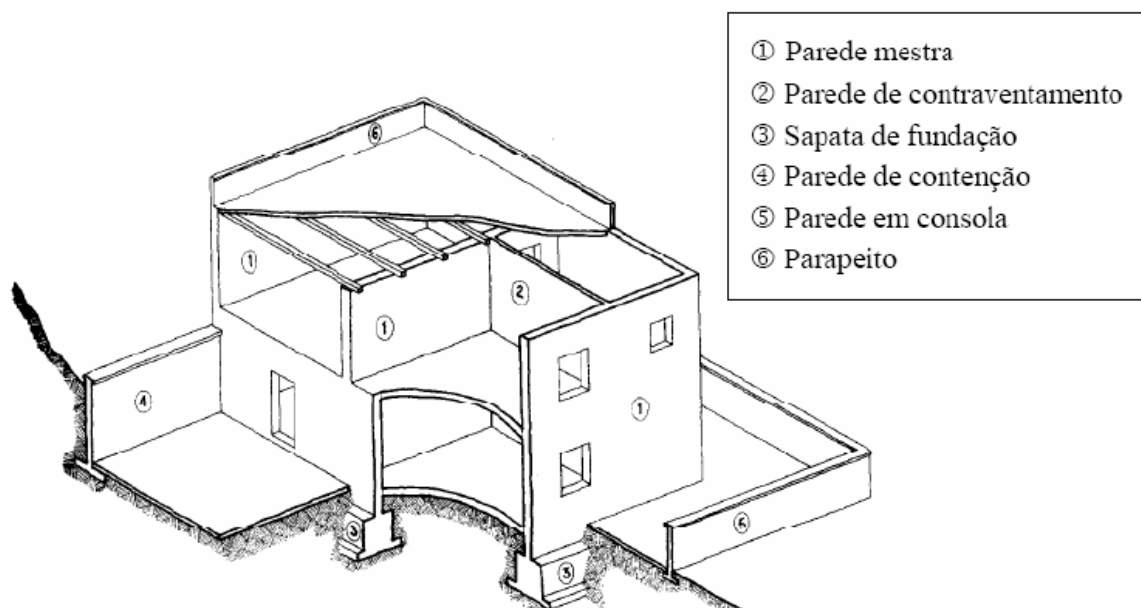


Figura 5 - Tipos de parede e o fim a que se destinam [4]

Existem duas paredes, que no contexto do presente trabalho se destacam: as paredes-mestras e as paredes de contraventamento. A conceção de paredes-mestras (paredes principais) é geralmente em alvenaria confinada e alvenaria armada, pois são estas as paredes que se destinam a resistir a ações horizontais e verticais. As paredes de contraventamento são paredes perpendiculares às paredes-mestras, e são usualmente definidas por paredes em alvenaria simples, podendo ser dimensionadas para resistir a ações horizontais no seu plano. No topo destas paredes é usual a construção de cintas recorrendo a elementos pré-fabricados para assegurar uma correta ligação entre as paredes e as lajes que nelas se apoiam. [4]

2.3. CONCEÇÃO DE ESTRUTURAS EM ALVENARIA RESISTENTE

Desde a fase de conceção gráfica do edifício que se pretende construir até à fase de definição de malhas de paredes resistentes em planta, dever-se-á ter sempre em vista o comportamento global desejado para a estrutura. Assim desde o início de projeto as paredes-mestras e as paredes de contraventamento têm de ser definidas.

Com o objetivo de melhorar logo à partida o comportamento global das estruturas em alvenaria resistente, deve-se seguir o conjunto de regras para a definição dos elementos estruturais em planta e altura, respetivamente, ilustrado na Figura 6 e Figura 7.

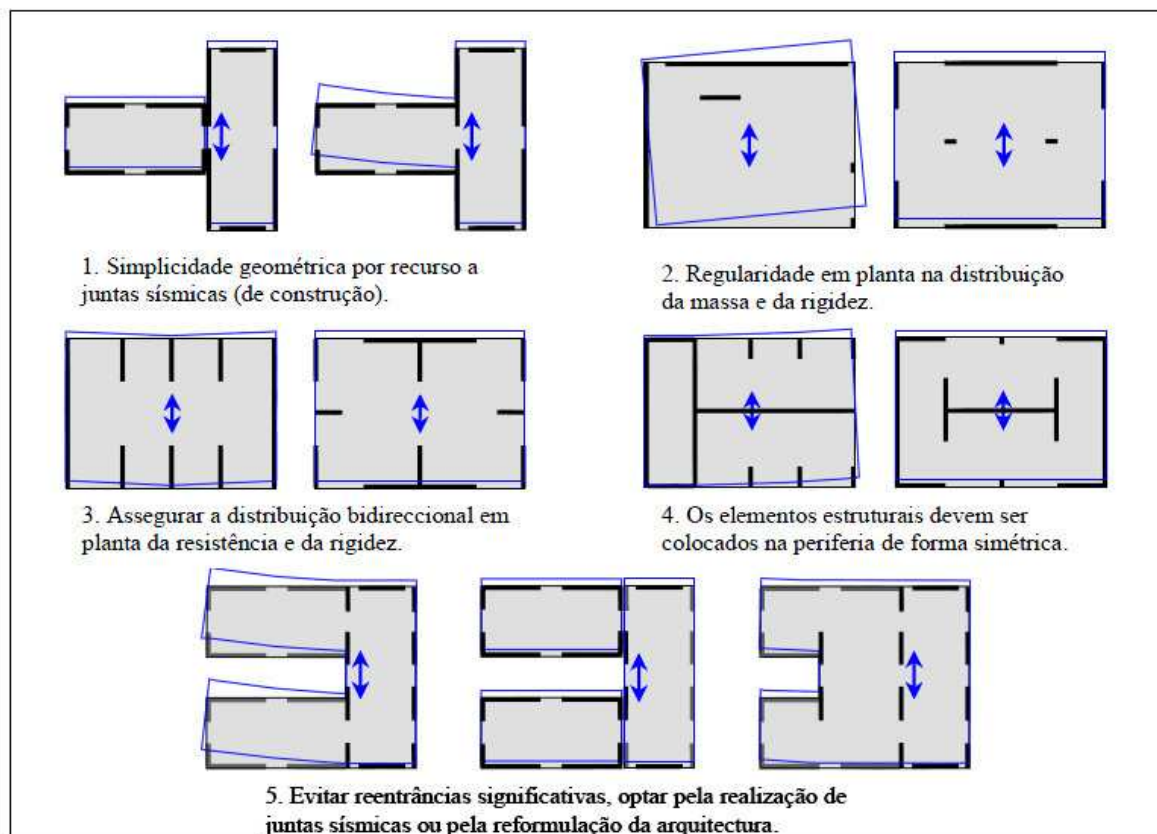


Figura 6 - Regras para concepção estrutural em planta para edifícios em alvenaria resistente [7]

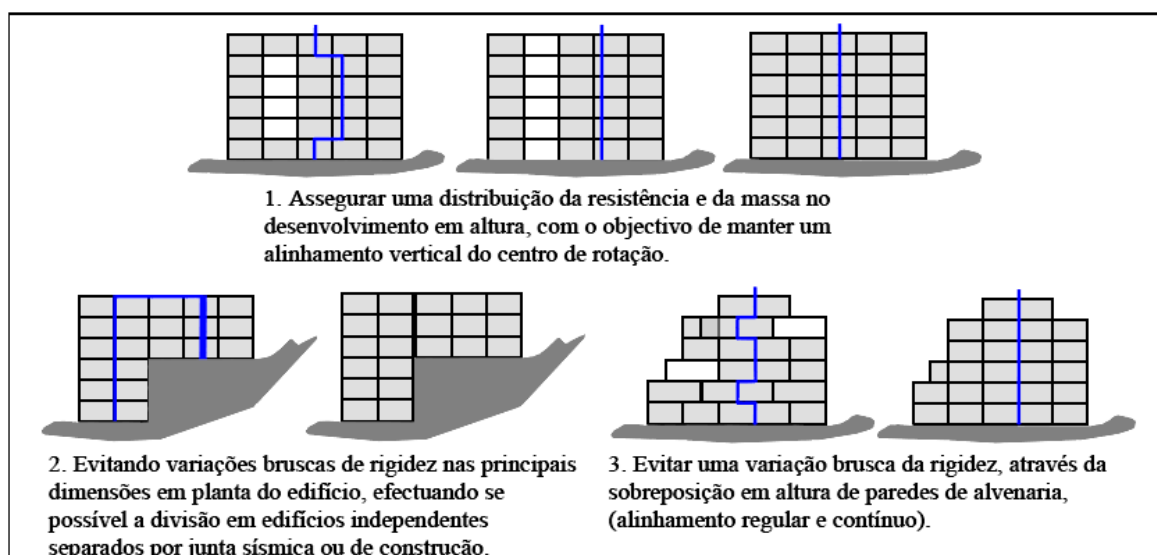


Figura 7 - Regras de concepção estrutural em altura para edifícios em alvenaria resistente

As regras referidas anteriormente devem ser o suporte da definição arquitetónica para a elaboração das paredes principais e de contraventamento. No contexto, importa também referir a importância da definição da passagem das várias instalações (hidráulicas, eléctricas, etc.) de todas as especialidades. É, assim, indispensável a elaboração de peças desenhadas dos respectivos projetos de especialidade. [7]

Um projeto em alvenaria resistente só poderá ser levado avante se houver um conhecimento prévio das condicionantes de obra, dos processos de execução e da forma como construir cada elemento estrutural. Para a realização de um edifício em alvenaria resistente deve-se seguir as seguintes regras:

- a arquitetura do edifício deve ser definida por um conjunto de corpos modulares;
- deve haver um esforço acrescentado de cooperação na conceção arquitetónica, a formulação dos diversos projetos das várias especialidades e os aspetos de viabilidade construtiva, ou seja, deve haver uma intensificação de comunicação e cooperação entre os três principais intervenientes (Arquiteto, Engenheiros e Empreiteiro);
- a estrutura deverá assumir formas geométricas o mais regulares e simétricas possíveis, quer em planta quer em altura;
- realizar previamente uma malha de paredes estruturais e não estruturais;
- otimizar o comportamento global da estrutura;
- no estudo e conceção do projeto deverá verificar-se a existência das unidades de alvenaria existentes no mercado. [4]

2.4. TRABALHOS DE REFERÊNCIA

Em 1999 foi realizado um estudo por João Rei intitulado de “Edifícios de pequeno porte em alvenaria resistente – Viabilidade técnico-económica” [2], em que o autor realizou o estudo económico para dois edifícios diferentes (Edifício 1 e Edifício 2) projetados para duas soluções estruturais diferentes:

- Alvenaria confinada;
- Estrutura porticada preenchida com alvenaria simples.

O autor fez variar também a localização dos edifícios, tendo em atenção a ação sísmica. Foi admitido que os mesmos se localizavam nas zonas sísmicas extremas A e D. Para a zona A foram projetados os dois edifícios com dois pisos, e para a zona D foram projetados os dois edifícios com quatro pisos.

Para as estruturas projetadas em alvenaria confinada foi ainda analisado a construção em três tipos diferentes de unidades de alvenaria:

- blocos de betão corrente;
- blocos de betão celular autoclavado;
- tijolos perfurados verticalmente.

Em que o autor verificou que a solução em alvenaria confinada usando-se blocos de betão corrente é mais barata que a estrutura tradicional porticada em betão armado. O autor define como ideia fundamental do seu trabalho, que a alvenaria resistente é economicamente viável, desde que se verifique a condição seguinte:

$$\Delta 1 < \Delta 2 + \Delta 3 + \Delta 4 \quad (2.1)$$

Isto é, o acréscimo do custo de alvenaria, $\Delta 1$, na solução em alvenaria confinada, seja menor que o somatório dos acréscimos dos custos da cofragem, $\Delta 2$, do aço, $\Delta 3$, e do betão, $\Delta 4$, na estrutura porticada em betão armado preenchida com alvenaria simples.

3

CONCEÇÃO/MODELAÇÃO – QUANTIFICAÇÃO E COMBINAÇÃO DE AÇÕES

3.1. INTRODUÇÃO

No presente capítulo irá se proceder à definição das características principais das estruturas que serão objeto de estudo ao longo do presente trabalho. É importante referir que este e os dois últimos capítulos serão transversais aos dois tipos de estrutura em análise, enquanto nos restantes, cada um tratará um tipo de solução estrutural.

3.2. OBJETO DE ESTUDO

O presente trabalho, tem como base de estudo uma série de estruturas de fachada em betão armado e em alvenaria resistente. No terceiro nível do esquema, que se apresenta na Figura 8, indicam-se as estruturas que serão objeto de estudo, por exemplo “B.A. 2” e “A.R. 2”, em que o primeiro termo indica o material em que será realizada a estrutura. No caso das siglas B.A referem-se ao betão armado e A.R. a alvenaria resistente. O algarismo indica o número de pisos da estrutura.

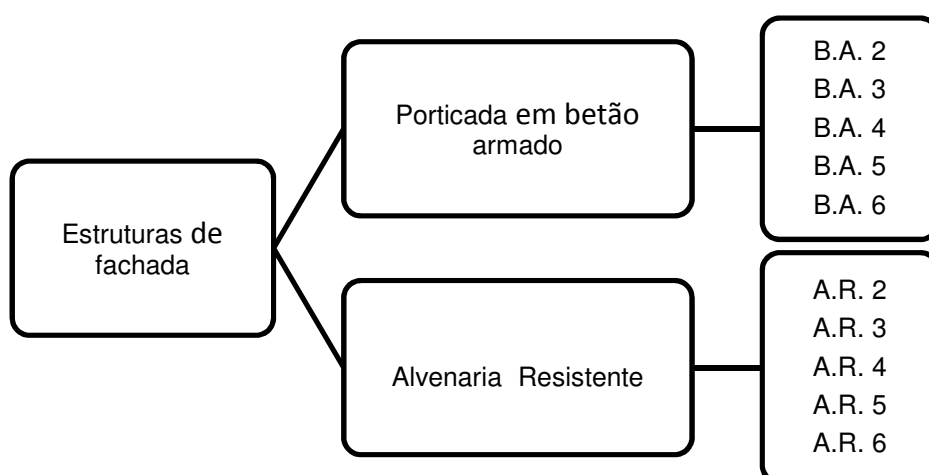


Figura 8 - Objeto de estudo

Para a simulação estrutural das estruturas atrás referidas, será utilizado um software de análise de estruturas “Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2010”

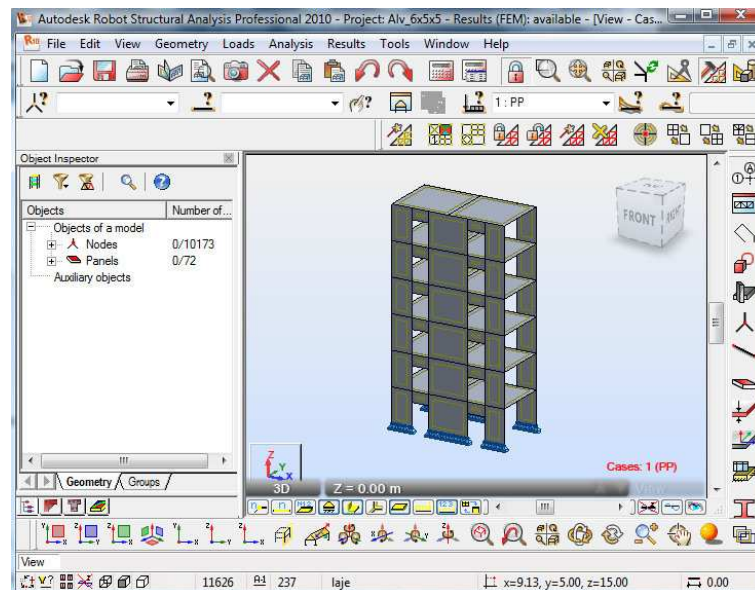


Figura 9 - Interface do software de análise de estruturas (Robot 2010)

Este software permite um vasto leque de capacidades de análise:

- Capacidades avançadas de elaboração automática de malhas de elementos finitos;
- Vasto leque de capacidades de análise;
- Sistemas de análise avançados;
- Vasta disponibilização de resultados;
- Idiomas múltiplos e diferentes sistemas de unidades para os mercados globais;
- Fluxo de trabalho integrado desde a análise de projeto de estruturas até aos desenhos de produção;
- Interface de programação de aplicações, aberta e flexível.

No presente trabalho, o software indicado será principalmente utilizado para a simulação do comportamento da estrutura submetida a ações verticais e horizontais, para posterior cálculo de esforços de forma rápida e automática. Antes de se proceder à modelação das estruturas fazer-se-á a definição de dados necessários para a completa delineação dos casos de estudo no software, tais como:

- Definição geral das estruturas (posicionar os seus elementos estruturais);
- Definição dos materiais a serem utilizados;
- Definição das ações verticais e cálculo das ações horizontais;
- Pré-dimensionamento dos elementos estruturais.

3.3. CONCEÇÃO

Numa primeira fase foi elaborada uma fachada de um edifício tipo, em que se definiu o pé direito, situaram-se as aberturas da fachada e dimensões geométricas em alçado e planta. Resultou o seguinte desenho da planta e alçado, como se ilustra na seguinte figura.

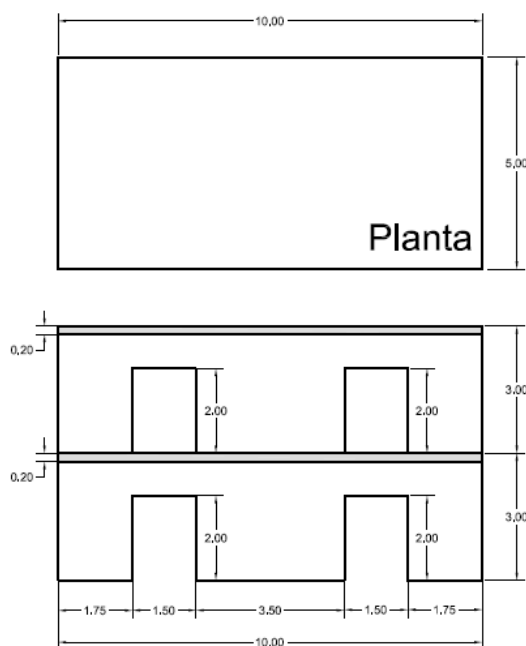


Figura 10 – Planta e fachada da estrutura tipo

Importa aqui referir que à medida que o estudo avança serão acrescentados pisos à estrutura representada. A estrutura resultante da adição de novos pisos seguirá as mesmas regras de dimensões e posicionamento das aberturas. A figura ilustrada serve de demonstração das estruturas de dois pisos, assim como as indicações para posicionamento das aberturas para as estruturas resultantes do acréscimo de novos pisos.

Numa segunda fase foram realizados os esquemas estruturais para as duas soluções estruturais a serem analisadas. Em primeiro lugar, foi idealizado uma estrutura porticada em betão armado com vãos de 5m e em segundo lugar concebeu-se uma estrutura de fachada em alvenaria resistente que fosse equiparável à estrutura porticada em betão armado. Das conceções estruturais resultaram as estruturas que serão objeto de estudo como se ilustram da Figura 16 à Figura 20.

3.4. MATERIAIS

3.4.1. MATERIAIS PARA AS ESTRUTURAS DE FACHADA EM ALVENARIA ARMADA

No presente estudo os materiais selecionados para a execução deste tipo de estruturas foram:

- Unidades de alvenaria – Blocos de betão (C*L*A) 400*200*200mm - classe de resistência U4



Figura 11 - Blocos furado verticalmente de 20 cm de espessura

- Argamassa convencional de assentamento – classe de resistência M5
- Betão de enchimento C12/15
- Aço A500 NR
- Armadura treliça “MURFOR” da BEKAERT

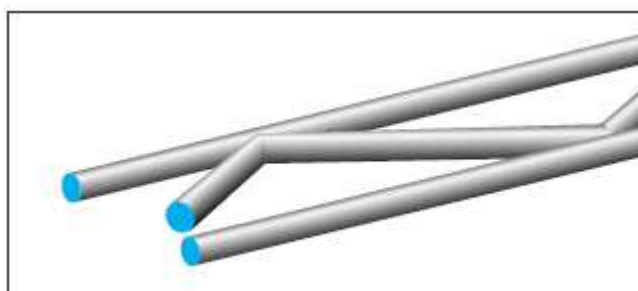


Figura 12 - Armadura Murfor RND [10]

3.4.2. MATERIAIS PARA AS ESTRUTURAS DE FACHADA EM PÓRTICO DE BETÃO ARMADO

Os materiais escolhidos para a execução deste tipo de estrutura foram:

- Betão C30/37
- Aço A500 NR

3.5. AÇÕES VERTICAIS

Com o objetivo de quantificar e servir de base à combinação de ações, as ações são denominadas em ações permanentes, variáveis e ações acidentais.

As ações permanentes são as que assumem um valor praticamente constante ao longo da sua vida, tal como o peso próprio dos elementos, revestimentos, paredes divisórias, equipamentos fixos, impulsos de terras, etc.

As ações variáveis são as que assumem um valor que pode variar ao longo da vida da estrutura, tal como, a ação do vento, sismo, variações da temperatura, neve, etc.

As ações de acidente só com pouca probabilidade adotam valores significativos. As ações de acidente são aquelas que resultam de explosões, incêndios ou choques de veículos e incêndios. [11]

Nas estruturas do presente trabalho não será necessário calcular o peso próprio dos elementos constituintes da estrutura, visto que os esforços serão calculados com auxílio do Software Autodesk Robot Structural Analysis 2010. Este programa informático considera a ação do peso próprio automaticamente. As restantes ações verticais consideradas, foram a ação provocada pelo peso das paredes divisórias, dos revestimentos e ainda uma sobrecarga de utilização. Os valores das ações verticais são os que estão definidos na Tabela 1.

Tabela 1 - Ações verticais permanentes e variáveis

Revestimentos	1.5	KN/m ²
Paredes divisórias	2	KN/m ²
Sobrecarga de utilização	2	KN/m ²

Os valores da Tabela 1 foram definidos segundo o Regulamento de segurança e ações para estruturas de edifícios e pontes [11].

3.6. AÇÃO DO VENTO

3.6.1. ZONEAMENTO DAS ESTRUTURAS

Para quantificar a ação do vento serão seguidas as recomendações do regulamento de segurança e ações para estruturas de edifícios e pontes (RSA) [11]. Para efeitos da quantificação da ação do vento, o RSA divide o país em duas zonas: Zona A e Zona B. Sendo a primeira a generalidade do território, excetuo as regiões pertencentes à segunda. A zona B são os arquipélagos dos Açores e da Madeira e ainda as regiões do continente situadas a menos de 5 Km do mar ou a altitudes superiores a 600m. O RSA determina ainda que para a determinação da ação do vento devem considerar-se dois tipos de rugosidade do solo para ter em conta a variação da ação do vento com a altura acima do solo. Assim, tem-se, como locais de rugosidade do tipo I, locais situados no interior de zonas urbanas onde predominem edifícios de médio e grande porte e locais de rugosidade do tipo II, a atribuir a zonas rurais e periferia de zonas urbanas. [11]

Para a quantificação do vento a atuar na estrutura em estudo, considerou-se a localização na Zona B e a rugosidade do tipo II.

3.6.2. PRESSÃO DINÂMICA DO VENTO

O RSA [11] fornece um gráfico e um quadro que torna o processo de determinar a pressão dinâmica do vento, w_k , muito simples, Figura 13. O gráfico e o quadro referido contêm os valores de pressão dinâmica em função da altura e do tipo de rugosidade do terreno, mas apenas disponibiliza os valores para a zona A. Para a zona B, os valores característicos da pressão dinâmica a considerar devem ser obtidos multiplicando por 1.2 os valores indicados para a zona A.

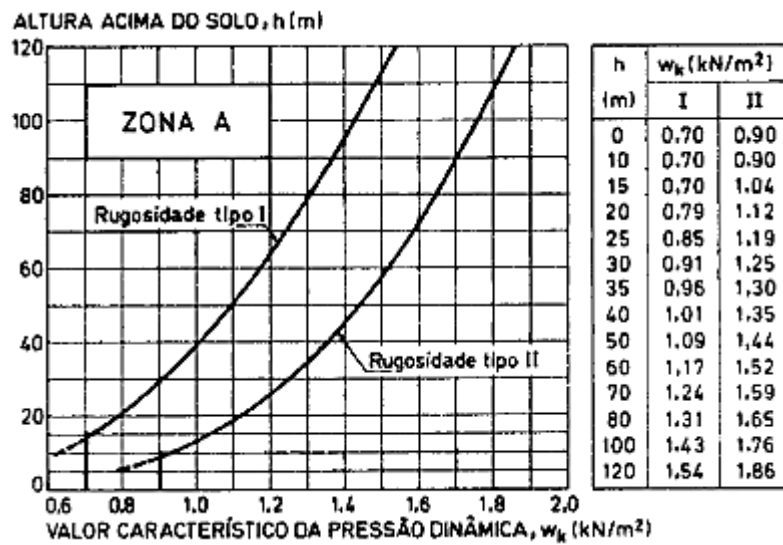


Figura 13 - Valor característico da pressão dinâmica

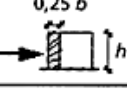
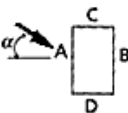
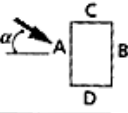
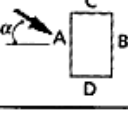
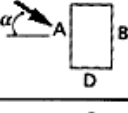
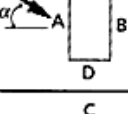
Assim, a pressão dinâmica é determinada da seguinte forma:

$$w_k = 0.90 \times 1.2 = 1.08 \text{ kN} / \text{m}^2 \quad (3.1)$$

3.6.3. COEFICIENTES DE PRESSÃO

Após ter sido calculada a pressão dinâmica, é necessário determinar os coeficientes de pressão, δ_p , para as paredes da estrutura em estudo. Os coeficientes de pressão (δ_p) em cada parede, são resultantes de pressões exteriores e de pressões interiores, definidos através de coeficientes (δ_{pe} e δ_{pi}). Estes coeficientes são afetados de sinal positivo ou negativo consoante correspondem a pressões ou sucções exercidas na face da parede a que se referem. A ação resultante é obtida somando vetorialmente os coeficientes de pressão exterior e interior exercidas nas faces do elemento em estudo. Para a definição dos coeficientes de pressão exteriores o RSA apresenta seis quadros com os valores dos casos mais frequentes de edifícios com planta retangular. Apresenta-se na Tabela 2. o quadro relevante para o caso em estudo. Para a definição dos coeficientes de pressão interior, o RSA apresenta os casos possíveis que podem ocorrer, e define assim os coeficientes a usar para cada uma dessas ocorrências. Para o caso em estudo $\delta_{pi} = -0.3$. [11]

Tabela 2 - Coeficientes de pressão exterior para paredes

Relações geométricas do edifício (*)		Planta	Direcção do vento α (graus)	Acções globais sobre as superfícies				Acções locais na faixa referenciada na figura
$\frac{h}{b}$	$\frac{a}{b}$			A	B	C	D	
$\frac{h}{b} \leq \frac{1}{2}$	$1 < \frac{a}{b} \leq \frac{3}{2}$		0	+ 0,7	- 0,2	- 0,5	- 0,5	- 0,8
			90	- 0,5	- 0,5	+ 0,7	- 0,2	
	$\frac{3}{2} < \frac{a}{b} \leq 4$		0	+ 0,7	- 0,25	- 0,6	- 0,6	- 1,0
			90	- 0,5	- 0,5	+ 0,7	- 0,1	
$\frac{1}{2} < \frac{h}{b} \leq \frac{3}{2}$	$1 < \frac{a}{b} \leq \frac{3}{2}$		0	+ 0,7	- 0,25	- 0,6	- 0,6	- 1,1
			90	- 0,6	- 0,6	+ 0,7	- 0,25	
	$\frac{3}{2} < \frac{a}{b} \leq 4$		0	+ 0,7	- 0,3	- 0,7	- 0,7	- 1,1
			90	- 0,5	- 0,5	+ 0,7	- 0,1	
$\frac{3}{2} < \frac{a}{b} > 6$	$1 < \frac{a}{b} \leq \frac{3}{2}$		0	+ 0,8	- 0,25	- 0,8	- 0,8	- 1,2
			90	- 0,8	- 0,8	+ 0,8	- 0,25	
	$\frac{3}{2} < \frac{a}{b} \leq 4$		0	+ 0,7	- 0,4	- 0,7	- 0,7	- 1,2
			90	- 0,5	- 0,5	+ 0,8	- 0,1	

Para o caso em estudo, fachadas, a direcção que importa ao dimensionamento destes elementos é a direcção indicada na Figura 15, ou seja na direcção do eixo X e sentido positivo e negativo. O sentido representado na figura é o positivo, portanto tem-se uma situação de $\alpha = 0$. Porém, como se verá mais à frente no ponto respeitante às combinações, averiguar-se-á que as próprias combinações farão inverter o sentido da acção do vento.

Depois de exposto isto, está-se em condições de determinar os coeficientes de pressão exteriores, desta forma tem-se:

$$\frac{h}{b} = \frac{6}{5} = 1.2$$

$$\frac{a}{b} = \frac{10}{5} = 2$$

Sendo h a altura do edifício; a e b representam a maior e a menor dimensão em planta respetivamente.

Assim, chega-se aos coeficientes de pressão exteriores e interiores representados na seguinte figura pelo lado exterior e interior respetivamente.

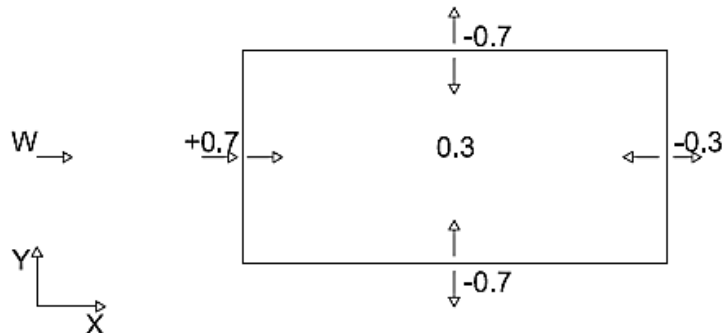


Figura 14 - Coeficientes de pressões exteriores e interiores

Com os coeficientes de pressões exteriores e interiores determinados, prossegue-se com a soma vetorial dos mesmos para calcular os coeficientes de pressão. Os coeficientes de pressão resultantes indicam-se na figura seguinte.

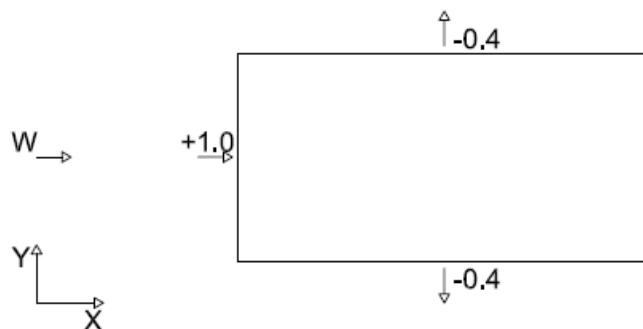


Figura 15 – Coeficientes de pressão resultantes

3.6.4. PRESSÃO ATUANTE

Por fim calcula-se a pressão atuante:

$$p = \delta p \times wk = 1.0 \times 1.08 = 1.08 \text{ KN/m}^2 \quad (3.2)$$

Depois de transformado a carga distribuída pelo plano da parede em carga distribuída pelo pavimento do piso, tal como representado na Figura 16 fica:

$$P_w = 1.08 \times 3 = 3.24 \text{ KN/m} \quad (3.3)$$

$$P_w = 1.08 \times 1.5 = 1.62 \text{ KN/m} \quad (3.4)$$

As ações do vento foram calculadas para todas as estruturas de fachada, seguindo o mesmo raciocínio até agora explicado. As cargas distribuídas por pavimento de piso ilustram-se nas figuras seguintes.

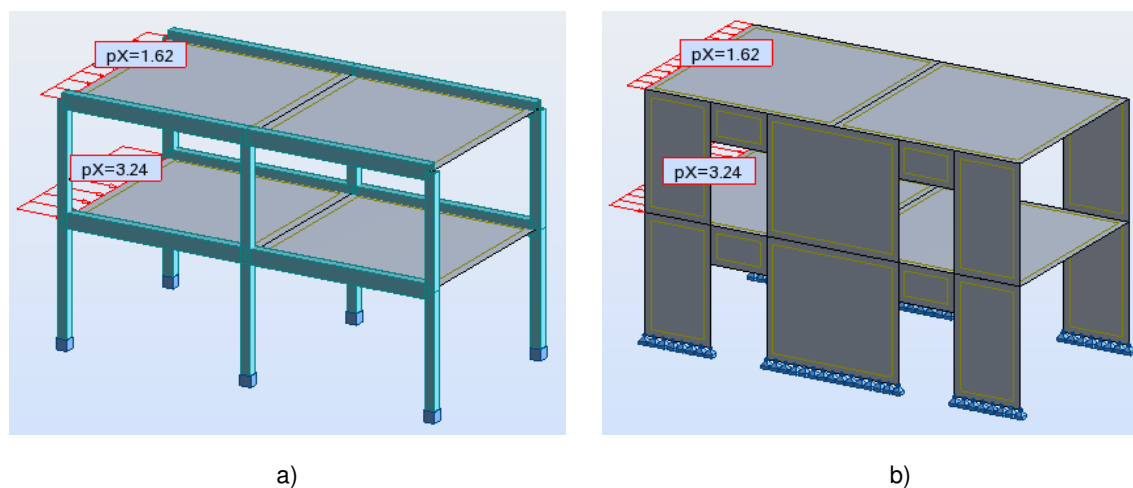


Figura 16 - Ação do vento nas estruturas de dois pisos; a) Estrutura porticada em betão armado; b) Estrutura em alvenaria resistente

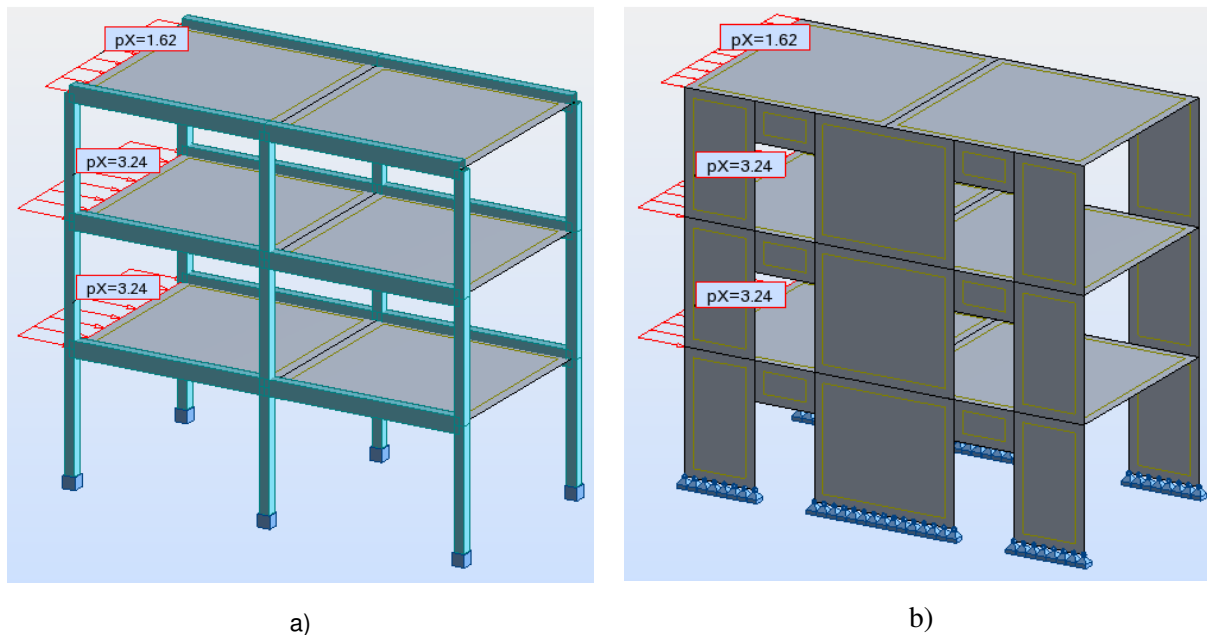


Figura 17 - Ação do vento nas estruturas de três pisos; a) Estrutura porticada em betão armado; b) Estrutura em alvenaria resistente

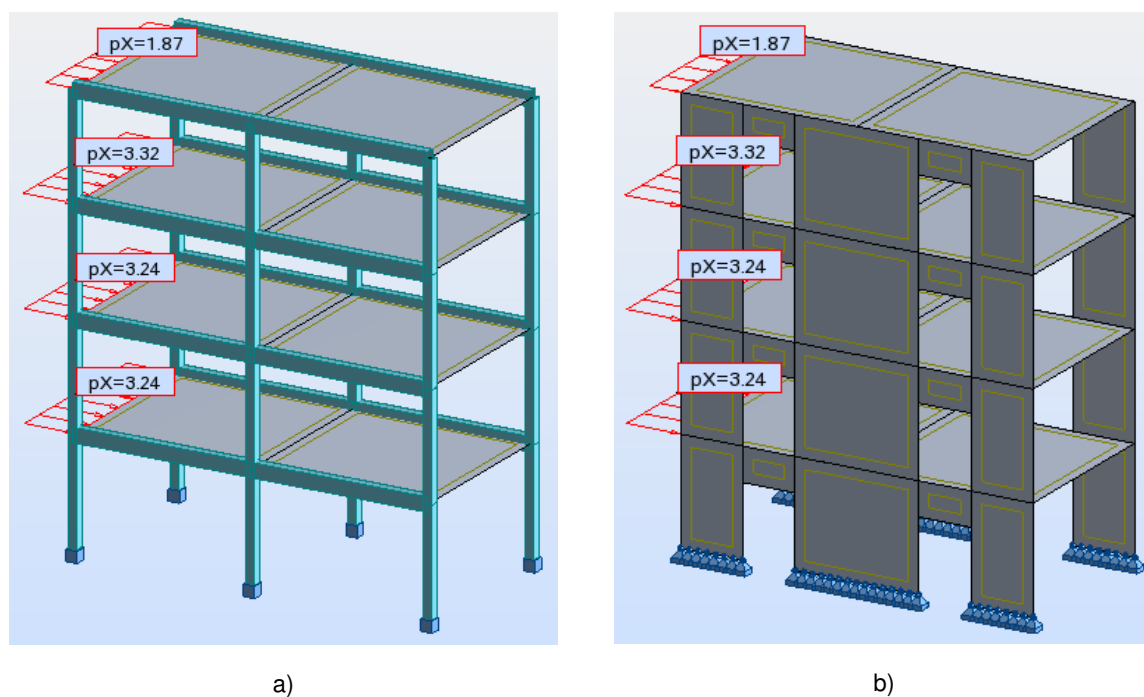


Figura 18 - Ação do vento nas estruturas de quatro pisos; a) Estrutura porticada em betão armado; b) Estrutura em alvenaria resistente

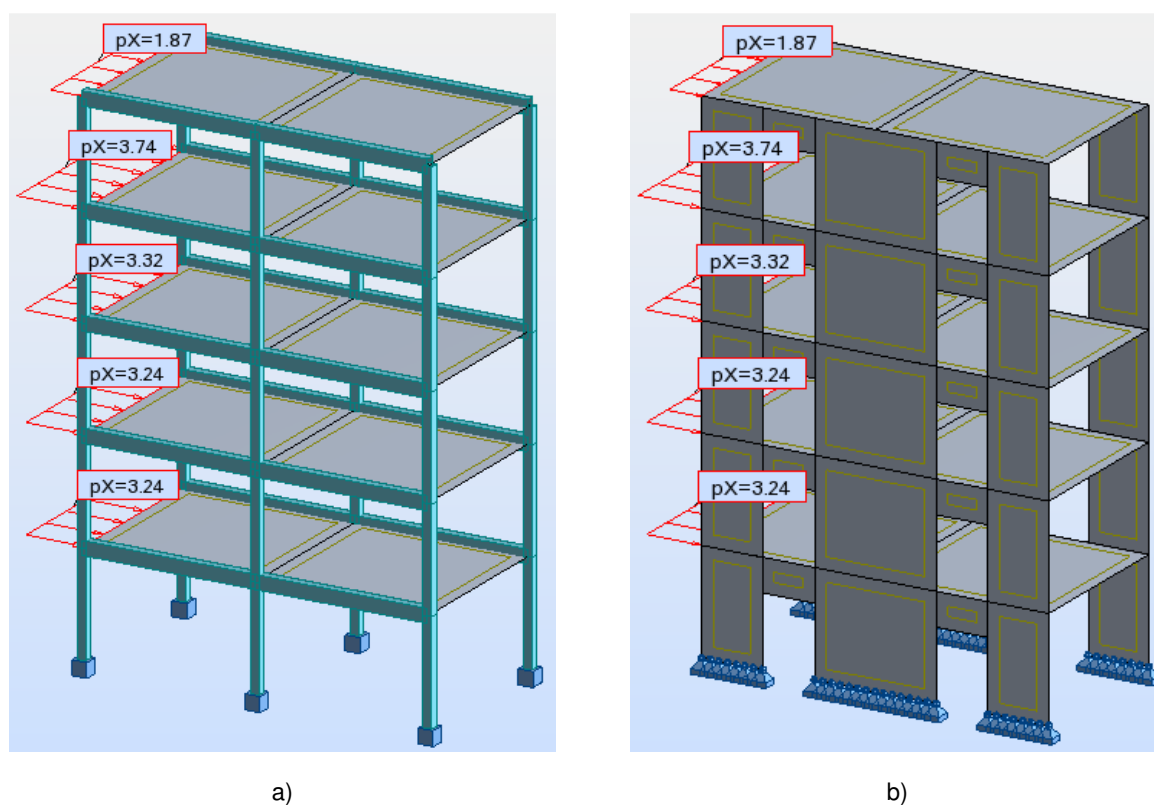


Figura 19 - Ação do vento nas estruturas de cinco pisos; a) Estrutura porticada em betão armado; b) Estrutura em alvenaria resistente

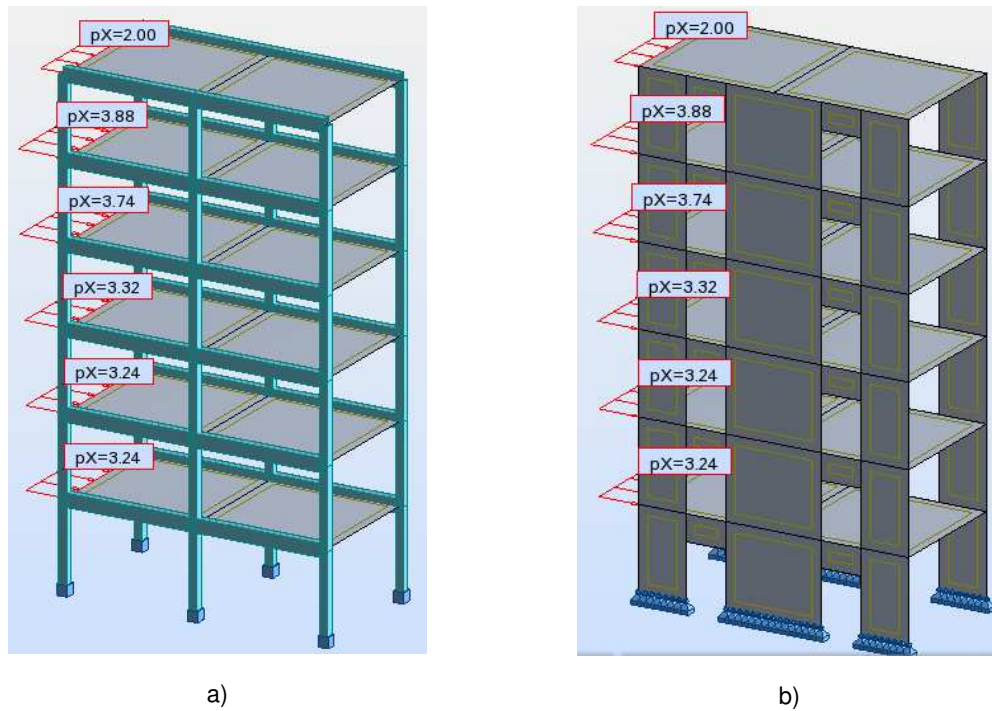


Figura 20 - Ação do vento nas estruturas de seis pisos; a) Estrutura porticada em betão armado; b) Estrutura em alvenaria resistente

3.7. AÇÃO DO SISMO

A ENV 1998-1-1 [6] refere um conjunto de condições, para as quais quando verificadas não é obrigatória uma verificação explícita da segurança em relação ao colapso. As condições são as que se indicam:

- planta aproximadamente retangular;
- a relação entre a menor e a maior dimensão do edifício é superior a 25%;

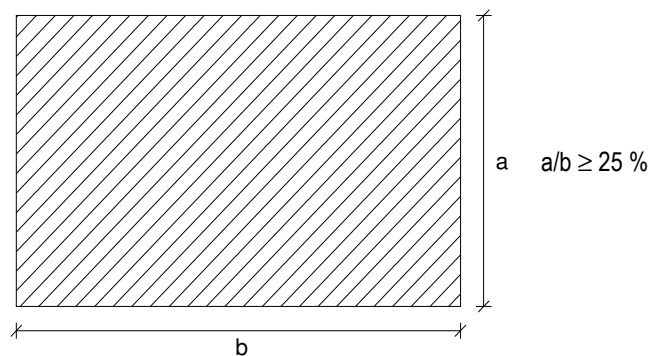


Figura 21 - Relação entre maior e menor dimensão do edifício [12]

- as reentrâncias respeitam as regras que se indicam de seguida;

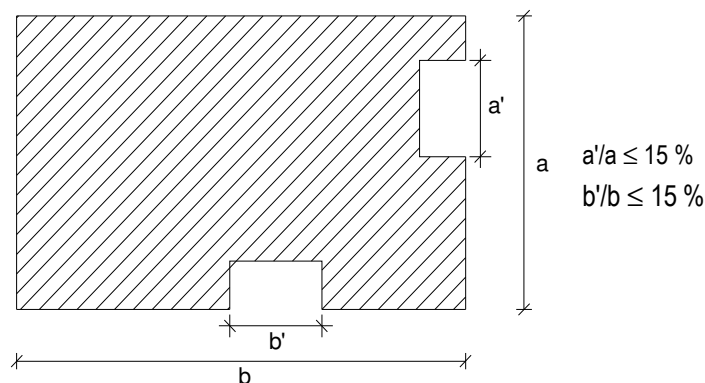


Figura 22 - Regras para as reentrâncias dos edifícios [12]

- as paredes distribuem-se aproximadamente de forma simétrica;
- um mínimo de 2 paredes paralelas existe em cada uma das 2 direções ortogonais, com desenvolvimento mínimo de 30% do comprimento do edifício nessa direção;
- a distância entre essas paredes é maior do que 75% do comprimento do edifício na outra direção;

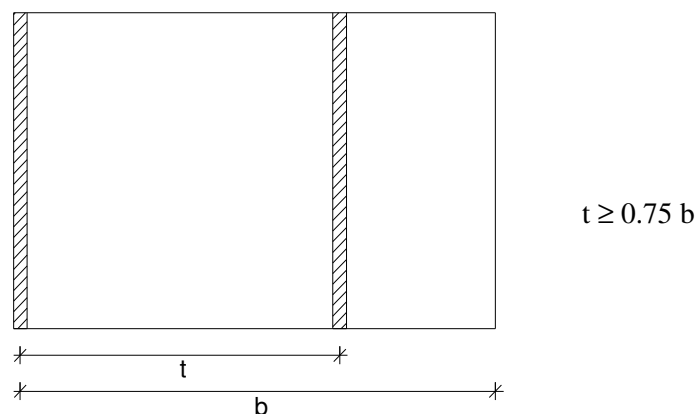


Figura 23 - Distância entre paredes [12]

- no mínimo 75% da carga vertical é suportada pelas paredes;
- a disposição das paredes em planta não deve variar substancialmente entre pisos;
- entre pisos adjacentes a variação da massa e da secção resistente das paredes nas 2 direções ortogonais não pode ultrapassar 20%;
- em cada piso a área horizontal de paredes resistentes expressa em percentagem da área de piso acima do nível considerado, deve respeitar os seguintes limites:

Tabela 3 - Percentagem de área horizontal das paredes em relação à área total de piso [12]

Tipo de Alvenaria	Zona Sísmica		
	C e D	B	A
Alvenaria Armada	2	3	4

- em alvenaria não armada as paredes devem ser travadas por paredes ortogonais afastadas no máximo de 5 m.

Admitindo que a estrutura de fachada estará inserida no ambiente de um edifício que fará respeitar todas estas condições, ou seja o edifício enquadra-se segundo as condições do Eurocódigo 8 como um “edifício simples de alvenaria”, pelo que, não é obrigatória a verificação da segurança em relação ao sismo.

3.8. COMBINAÇÕES DE AÇÕES

As combinações dos efeitos das ações a considerar baseiam-se no valor de cálculo da ação de variável base e nos valores de cálculo correspondentes aos valores de combinação das ações variáveis acompanhantes. Tem-se assim:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{K,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{K,1} + \sum_{i \geq 2} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{K,i} \quad (3.5)$$

As combinações de ações que serão consideradas para o cálculo dos esforços nos elementos estruturais são:

- ELU 1: 1.35 (PP + RCP) “+” 1.5 (Sob)
- ELU 2: 1.35 (PP + RCP) “+” 1.5 (Sob) “+” 0.6 (V)
- ELU 3: 1.35 (PP + RCP) “+” 1.5 (Sob) “+” - 0.6 (V)
- ELU 4: 1.35 (PP + RCP) “+” 0.6 (Sob) “+” 1.5 (V)
- ELU 5: 1.35 (PP + RCP) “+” 0.6 (Sob) “+” 1.5 (V)
- ELU 6: 1.35 (PP + RCP) “+” 0.6 (Sob) “+” -1.5 (V)
- ELU 7: 1.35 (PP + RCP) “+” 0.6 (Sob) “+” -1.5 (V)
- ELU 8: 1.00 (PP + RCP) “+” 1.5 (V)
- ELU 9: 1.00 (PP + RCP) “+” -1.5 (V)

Em que:

ELU – Estado limite último

RCP – Restante carga permanente, resulta do somatório das ações verticais revestimento e paredes divisórias.

Sob – Sobrecarga

V – Ação horizontal vento

3.9. PRÉ-DIMENSIONAMENTO DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS DAS ESTRUTURAS PORTICADAS EM BETÃO ARMADO

Após a quantificação de ações estão reunidas as condições para realizar o pré-dimensionamento das secções dos elementos estruturais em betão armado. O pré-dimensionamento é uma tarefa de grande relevância, visto que possibilita a atribuição das dimensões às secções de forma credível. Assim,

minimiza-se a probabilidade que na fase de verificação à segurança dos elementos estruturais, seja necessário redimensionar as secções.

3.9.1. VIGAS

“O valor de h correntemente considerado mais económico corresponde a um valor de extensão no aço $\varepsilon_s = 3-4\%$ sob a ação de M_{sd} . Em geral toma-se um valor do momento reduzido, $\mu=0.20-0.30$ para pré-dimensionar o valor de h .”

$$\mu = \frac{M_{sd}}{f_{cd} \times b_w \times d^2} \quad (3.6)$$

$$b_w = 0.4 \times d \quad (3.7)$$

$$d^3 = \frac{M_{sd}}{\mu \times 0.4 \times f_{cd}} \quad (3.8)$$

Então:

$$h = d + c \quad (3.9)$$

“Quando exista a possibilidade de contar com a armadura de compressão (secções de apoio de vigas contínuas) pode ser atribuído um valor de $\mu=0.30-0.35$ para o momento negativo máximo.” [12]

Como se pode averiguar pela dedução apresentada para o pré-dimensionamento das secções em betão armado, a equação (3.8) está em função do momento atuante, então em primeiro lugar é necessário calculá-lo.

$$M_{sd} = \frac{psd \times l^2}{10} \quad (3.10)$$

Em que psd pode ser calculado da seguinte maneira:

$$psd = 1.35 \times RCP + 1.5 \times Sob \quad (3.11)$$

Em que RCP resulta do somatório de todas as cargas na viga, ou seja, do seu peso próprio (calculado com dimensões arbitradas), peso próprio da laje e revestimentos que são descarregados sobre a viga e o peso das paredes. Resulta o seguinte psd :

$$psd = 1.35 \times (11.25 + 2.5 + 1.5 + 2) + 1.5 \times 2 = 26.28 \text{ KN/m}$$

Então MSd fica:

$$M_{sd} = \frac{26.28 \times 5^2}{10} = 65.7 \text{ KN/m}$$

$$\mu = 0.30$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{65.7}{0.30 \times 0.4 \times 20 \times 10^3}} = 0.30 \text{ m}$$

$$h = 0.30 + 0.04 = 0.34 \text{ m}$$

Para o dimensionamento admitir-se-á uma secção de 0.25*0.40m nas estruturas até cinco pisos e 0.30*0.50 a partir de cinco pisos.

3.9.2. PILARES

“Para o dimensionamento da secção de betão e de aço poderemos começar por determinar A_c admitindo uma percentagem de armadura na secção de cerca de 1%, isto é, $A_s = 0.01 A_c$.” [12]

$$NRd = f_{cd} \times A_c + f_{yd} \times A_s = N_{sd} \Leftrightarrow A_c = \frac{N_{sd}}{f_{cd} + 0.01 \times f_{yd}} \quad (3.12)$$

Em que:

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

f_{yd} – valor de cálculo da tensão de rotura à tração do aço das armaduras;

A_c – área da secção transversal em betão armado;

A_s – área da secção da armadura.

Assim, tem-se que determinar o esforço axial a que cada pilar está sujeito e para o efeito serão determinadas as áreas de influência de cada um, por forma a determinar quais as cargas que serão descarregadas por cada um desses pilares.

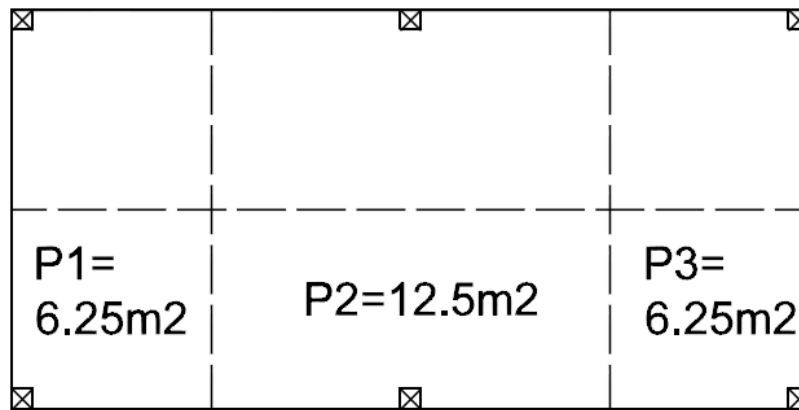


Figura 24 - Áreas de influência dos pilares

O esforço axial será calculado pela seguinte expressão:

$$N_{sd} = [1.35 \times A_{inf} \times (P.P._{laje} + R.C.P) + 1.5 \times A_{inf} \times Sob] \times n_{pisos} \times 1.1 \quad (3.13)$$

Em que:

A_{inf} – Área de influência da laje no pilar (m²);

$P.P._{laje}$ – Peso próprio da laje (KN/m²);

$R.C.P$ – Restante carga permanente, resulta da soma das cargas referentes peso das paredes divisórias e revestimentos sobre a laje (KN/m²);

$Sob.$ – Sobrecarga sobre a laje (KN/m²);

n_{pisos} – números de pisos.

O pré-dimensionamento dos pilares em função do nº de pisos indica-se na Tabela 4 para os pilares P1 e P3, e na Tabela 5 para o pilar P2. Para os pilares em questão optar-se-á por uma secção quadrada, pelo que nas seguintes tabelas só se define uma dimensão dos referidos pilares.

Tabela 4 - Pré-dimensionamento dos pilares P1 e P3

Nº de pisos	Nsd (KN)	Ac (m ²)	lado (m)
2	199.03	0.01	0.09
3	298.55	0.01	0.11
4	398.06	0.02	0.13
5	497.58	0.02	0.14
6	597.09	0.02	0.16

Tabela 5 - Pré-dimensionamento do pilar P3

Nº de pisos	Nsd (KN)	Ac (m ²)	lado (m)
2	398.06	0.02	0.13
3	597.09	0.02	0.16
4	796.13	0.03	0.18
5	995.16	0.04	0.20
6	1194.19	0.05	0.22

Como se pode verificar, a máxima dimensão encontrada no pré-dimensionamento da secção dos pilares é de 0.20m até cinco pisos. Como a base das vigas terá uma dimensão de 0.25m, optar-se-á que os pilares também tenham de lado 0.25m. Para o pilar referente às estruturas de betão armado com seis pisos optar-se-á por pilares de 0.30m.

4

DIMENSIONAMENTO - ESTRUTURAS DE FACHADA EM ALVENARIA RESISTENTE

4.1. INTRODUÇÃO

No presente capítulo irá se proceder ao cálculo das paredes constituintes das estruturas em alvenaria resistente, referenciadas no ponto 3.2. como objeto de estudo. Com o objetivo de demonstrar concretamente o processo de dimensionamento e verificação da segurança das secções, optou-se por ir realizando o dimensionamento das secções das paredes respetivas à estrutura “A.R. 2” ao passo que se avança na explicação. Na parte final do capítulo, mostram-se os resultados do dimensionamento das restantes estruturas sob a forma de tabelas, assim como uma síntese escrita dos respetivos resultados.

4.2. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DA ALVENARIA E RESPETIVOS MATERIAIS

As unidades de alvenaria serão blocos de betão normal vazados com dimensões 400*200*200mm (comprimento*altura*largura), de resistência normalizada U4 e a argamassa de assentamento do tipo M5. Estando definidos os materiais, a resistência à compressão da alvenaria, f_k , pode ser calculada pela expressão (4.1).

$$f_k = k \times f_b^{0.65} \times f_m^{0.25} \quad (4.1)$$

K = é uma constante, em $(\text{N/mm}^2)^{0.1}$, que pode ser tomada igual a 0.60 para unidades de alvenaria do grupo 2a.

f_b = resistência normalizada à compressão das unidades de alvenaria em N/mm^2 .

f_m = resistência à compressão da argamassa em N/mm^2 . [8]

Tabela 6 - Características resistentes das unidades, da alvenaria e argamassa

Unidades	Grupo	2a	
	Resistência à compressão média	4	MPa
Argamassa	Tipo	M5	
	Resistência à compressão - f_k	2.42	MPa
Alvenaria	Módulo de Elasticidade - E	2420	MPa
	Resistência ao corte f_{vk0}	0.10	MPa

4.3. QUANTIFICAÇÃO DOS EFEITOS DEVIDO A IMPERFEIÇÕES

O valor de cálculo da ação horizontal não deve ser inferior ao valor de cálculo da ação horizontal resultante de possíveis efeitos devidos a imperfeições. Estas devem ser tomadas em conta admitindo que a estrutura está desviada de um ângulo que se calcula pela seguinte expressão:

$$v = \frac{1}{100\sqrt{h_{tot}}} \quad (4.2)$$

Em que v é o ângulo com a vertical em radianos e h_{tot} é a altura total da estrutura em metros. [8]

Portanto no caso em estudo fica:

$$v = \frac{1}{100\sqrt{6}} = 0.004082 \text{ rad}$$

A ação horizontal devido a imperfeições pode ser considerado igual ao produto do ângulo de desaprumo pelo peso dos pavimentos considerados, assim tem-se:

$$p = 1.35 \times (5 + 3.5) + 1.5 \times 2 = 14.475 \text{ KN} / \text{m}^2$$

$$A_{desaprumo} = 0.004082 \times 14.475 \times 2 = 0.12 \text{ KN} / \text{m}^2$$

A ação horizontal resultante de possíveis imperfeições nas estruturas de alvenaria são sempre menores que a ação resultante do vento, então a ação que se considerará para o dimensionamento da estrutura será a ação do vento.

4.4. DIMENSIONAMENTO DAS PAREDES

A modelação das paredes resistentes no programa Robot 2010 procedeu-se pela inserção de painéis, com as mesmas características físicas e mecânicas das paredes em alvenaria resistente, que são as seguintes:

- Módulo de elasticidade - $E = 2420 \text{ MPa}$
- Coeficiente de Poisson - $\nu = 0.2$
- Módulo de distorção - $G = 968 \text{ MPa}$
- Peso volúmico - $\gamma = 15 \text{ KN/m}^3$

Em que E e G foram calculados respetivamente pelas seguintes expressões:

$$E = 1000 \times f_k \quad (4.3)$$

$$G = 0.4 \times E \quad (4.4)$$

Para a definição dos painéis foi adotado o critério de distribuição das cargas por grupos isolados de paredes pela divisão das mesmas em função da localização das aberturas. A nomenclatura resultante da divisão é ilustrada na Figura 25.

Para facilitar a identificação das paredes resultantes da divisão, estas serão referenciadas por P. x/x, em que o primeiro algarismo refere-se à posição da parede da esquerda para a direita e o segundo algarismo ao nível em que se situa. Por exemplo, a parede P1/2 é a primeira parede a contar a partir da esquerda, situada no primeiro piso. Portanto, a referência da estrutura em estudo será feita no formato que se observa na Figura 25.

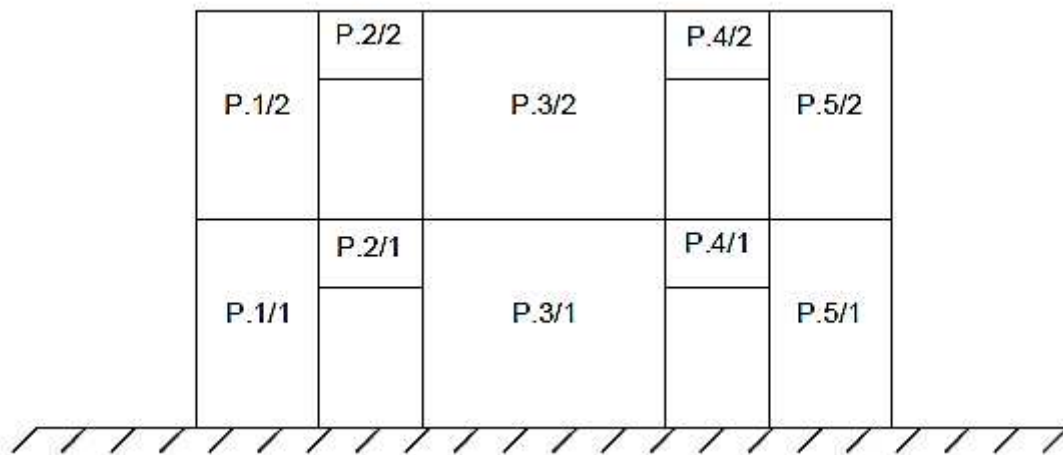


Figura 25 - Referência das paredes

4.4.1. ESFORÇOS NAS PAREDES

Os esforços foram calculados de forma automática, com o auxílio do programa Robot 2010. Foi utilizada a função “Reduced Results for Panels”, que, para um painel em elementos finitos, calcula, nos seus lados, a resultante equivalente ao integral das tensões apresentando um valor N, M e T. As secções transversais para o qual as forças são calculadas podem ter as seguintes orientações:

- Cortes horizontais, como o corte AA e BB tal como ilustrados;
- E cortes verticais, como o corte CC e DD.

A orientação das forças calculadas são as que se indicam na figura seguinte, verifica-se que a orientação de N e T mudam conforme o painel a ser calculado.

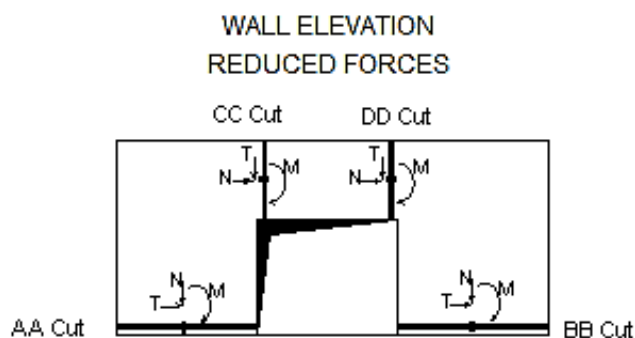


Figura 26 - Orientação das forças calculadas de forma automática

O programa indica estes três esforços para três cortes (1º corte, 2º corte e 3º corte) em níveis diferentes da parede, portanto para cada combinação em análise existirão três conjuntos de resultados correspondentes aos três cortes para cada painel em análise. Os cortes serão horizontais como nos casos dos painéis onde se representam os cortes AA e BB, ou verticais como o caso dos painéis localizados em cima de aberturas, onde se representam os cortes CC e DD.

Os momentos na direção perpendicular à direção até agora referida não serão considerados no dimensionamento das respetivas paredes, isto porque tomam valores diminutos, como se pode verificar pelos mapas de momentos que se ilustra na seguinte figura, pelo que serão desprezados no dimensionamento das paredes.

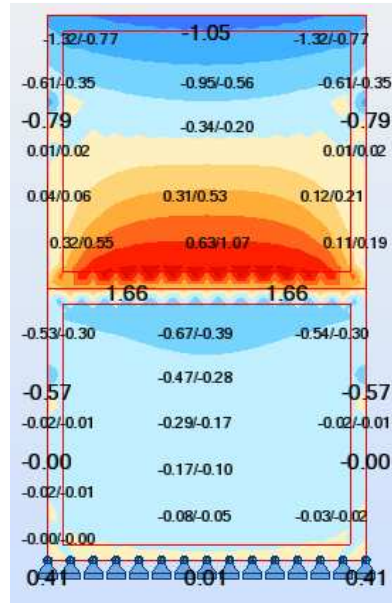


Figura 27 - Mapas de momentos (M_y) das paredes P.3/1 e P.3/2 da A.R.2

4.4.2. CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

Coeficiente de segurança para os materiais [8]:

- Alvenaria $\gamma_M = 2.2$
- Aço $\gamma_s = 1.15$

A NP-ENV 1998-1 [6] refere algumas exigências de carácter dimensional e geométrico que são as seguintes:

- $t_{ef} \geq 150 \text{ mm}$
- $h_{ef}/t \leq 15$

Altura efetiva das paredes (h_{ef}):

$$h_{ef} = \rho n \times h \quad (4.5)$$

Em que:

h_{ef} é a altura efetiva;

h é o pé-direito do piso;

ρn é um fator de redução, depende das condições de restrição ou de contraventamento nos apoios;

Para paredes restringidas no topo e na base por pavimentos e coberturas de betão armado, com um vão apenas para um lado da parede tendo um apoio mínimo de $2/3$ da espessura da parede, mas não inferior a 100 mm o valor do coeficiente de redução, ρ , deve ser considerado igual a 0.75. [8]

Então a altura efetiva é igual a:

$$h_{ef} = 0.75 \times 3 = 2.25m$$

Espessura efetiva da parede (t_{ef}):

A espessura efetiva, t_{ef} , de uma parede simples deve ser considerada igual à espessura real da parede, t . [8] Então:

$$t_{ef} = t = 0.20m \quad (4.6)$$

Esbelteza da parede (h_{ef}/t_{ef}):

A esbelteza de uma parede, h_{ef}/t_{ef} , não deve ser superior a 15. [6]

$$\frac{h_{ef}}{t_{ef}} = \frac{2.25}{0.20} = 11.25 \quad (4.7)$$

4.4.3. DIMENSIONAMENTO À FLEXÃO DAS PAREDES

No processo de dimensionamento à flexão das paredes serão admitidos quatro soluções possíveis em função das tensões atuantes nas paredes.

1ª Solução: A tensão máxima de compressão atuante na alvenaria é inferior ou igual à tensão de compressão resistente da alvenaria (f_k/γ_M). Neste caso apenas será necessário a aplicação da armadura mínima e preencher apenas os furos onde se coloca a armadura com betão para a solidarização da mesma.

$$\frac{f_k}{\gamma_M} = \frac{2.42}{2.2} = 1.1MPa \quad (4.8)$$

2ª Solução: A tensão máxima de compressão atuante na alvenaria é superior à tensão de compressão resistente (f_k/γ_M), mas inferior a $(k \cdot (2 \cdot 1.15 \cdot f_{bm}^{0.65}) \cdot f_m^{0.25}) / \gamma_M$. Neste caso, deve-se colocar a armadura mínima e preencher todos os furos com betão.

Quando se preenchem todos os furos do bloco com betão, admite-se que a resistência à compressão da unidade de alvenaria passa a ser o dobro, isto porque o Eurocódigo 6 diz que “ quando uma zona de compressão contem alvenaria e betão de enchimento, a resistência à compressão deve ser calculada utilizando um bloco de tensões baseado na resistência à compressão do material com menor resistência” [8]. Visto que os blocos em betão têm uma resistência média de 4 MPa e o betão de enchimento de 12 MPa, calcula-se a resistência característica da alvenaria baseada na resistência à compressão dos blocos de betão. Sabe-se que a percentagem de furação do bloco é aproximadamente de 50%, portanto ao encherem-se os blocos de betão admite-se que o bloco duplicará a sua resistência à compressão. Desta forma tem-se a resistência à compressão da alvenaria da seguinte forma:

$$\frac{k \times (2 \times 1.15 \times f_{bm})^{0.65} \times f_m^{0.25}}{\gamma_M} = \frac{0.6 \times (2 \times 1.15 \times 4)^{0.65} \times 5^{0.25}}{2.2} = 1.72MPa \quad (4.9)$$

3ª Solução: A tensão máxima de compressão atuante na alvenaria é superior a $(k \cdot (2 \cdot 1.15 \cdot f_{bm})^{0.65} \cdot f_m^{0.25}) / \gamma_M$. Neste caso, todos os furos dos blocos de betão deverão ser preenchidos com betão e armados com aço para equilibrar aos esforços atuantes.

4ª Solução: A tensão máxima atuante resulta em valor negativo, o que significa tração na alvenaria, como a alvenaria não resiste a trações, esta deverá ser preenchida com betão e armadura para absorver os esforços de tração. [13]

Ter-se-á então os seguintes limites de tensões de compressão para a identificação das respetivas soluções:

- Alvenaria armada com armadura mínima ($A_{s_{min}}$) e betão de enchimento apenas nos furos com armadura:

$$\sigma \leq 1.1 MPa$$

- Alvenaria armada com armadura mínima ($A_{s_{min}}$) e betão de enchimento em todos os furos:

$$1.1 < \sigma \leq 1.72 MPa$$

- Alvenaria armada com armadura necessária para equilibrar os esforços atuantes e betão de enchimento em todos os furos:

$$\sigma > 1.72 MPa$$

- Alvenaria armada com armadura necessária para absorver os esforços de tração e betão de enchimento em todos os furos:

$$\sigma < 0 MPa$$

Devido ao carácter repetitivo dos cálculos apenas será efetuado a título de exemplo o cálculo das tensões atuantes para a parede P. 1/1 e combinação ELU 1 – 1º corte. As tensões para as restantes paredes e respetivas combinações apresentam-se no Anexo 1 nas mesmas tabelas onde se apresentam os esforços atuantes em cada parede, respetivamente nas últimas duas colunas.

Dados da parede:

Secção transversal: 200 x 1750 mm

Esforços atuantes:

NRx: 247.94 KN

MRz: 4.54 KN.m

Tensões atuantes de cálculo:

$$\sigma = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{W} \quad (4.10)$$

$$\sigma = \frac{247.94}{200 \times 1750} \pm \frac{4.54}{200 \times 1750^2 / 6} \Leftrightarrow \sigma 1 = 0.75 \text{ MPa}; \sigma 2 = 0.66 \text{ MPa}$$

Como as tensões atuantes de cálculo ficam abaixo do valor limite de 1.1MPa e também não se verificou nenhum valor negativo em nenhuma das combinações, o que quer dizer que não existem trações na alvenaria, indica-se então a utilização de armadura mínima ($A_{s_{\min}}$) e enchimento com betão dos furos onde se colocam os varões de aço para perfazer a armadura mínima.

Análise das restantes paredes:

Pela análise dos resultados obtidos nas tabelas, referentes à estrutura “A.R.2”, apresentadas no Anexo 1, repara-se que as tensões atuantes em todas as paredes são inferiores a 1.1 MPa. Conclui-se, então, que todas as paredes, exceto o P. 3/1 e P. 3/2, serão armadas com armadura mínima e serão preenchidas com betão de enchimento os furos onde se coloca armadura. As paredes P. 3/1 e P. 3/2 serão armadas com armadura mínima e todos os furos serão maciçados.

Ao longo do presente trabalho será muitas vezes utilizado o termo “maciçados” quando se pretenda dizer que os furos dos blocos serão preenchidos com betão de enchimento.

Segundo o Eurocódigo 6, nos casos em que a armadura é colocada em elementos de alvenaria armada para melhorar a sua resistência, a área de armadura principal não deve ser inferior a 0.10% da área da secção transversal, tomada pelo produto entre a largura efetiva e a altura útil do elemento em análise. Em concreto para as paredes em análise serão usadas armaduras mínimas, que são calculadas pela seguinte expressão [8]:

$$A_{s, \min} = 0.10\% \times b \times d \quad (4.11)$$

As armaduras mínimas calculadas, e as armaduras efetivamente adotadas para as paredes em questão podem ser consultadas na seguinte tabela.

Tabela 7 - Armadura a colocar nas paredes

Parede	As,min (cm ² /m)	Armadura
P. 1/1	3.5	5Φ10
P. 1/2	3.5	5Φ10
P. 3/1	7	9Φ10
P. 3/2	7	9Φ10
P. 5/1	3.5	5Φ10
P. 5/2	3.5	5Φ10

Segundo o Eurocódigo 6, “As armaduras devem possuir um comprimento de amarração suficiente para que as forças internas a que estão sujeitas sejam transmitidas à argamassa ou ao betão de enchimento, de tal forma que a fendilhação longitudinal ou esmagamento lateral da alvenaria sejam evitados.” [8]

O comprimento dos varões deverá ter o comprimento da parede mais o comprimento de amarração, ou seja o l_b necessário, admitindo uma tensão de aderência constante, deve ser calculado da seguinte maneira:

$$l_b = \gamma_M \times \frac{\phi}{4} \times \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \times \frac{1}{f_{b0k}} \quad (4.12)$$

Em que (γ_M) é o coeficiente parcial de segurança relativo à alvenaria, (ϕ) é o diâmetro do varão, (f_{yk}) é valor característico da tensão de cedência da armadura. O parâmetro (f_{b0k}) é o valor característico da tensão de rotura da aderência. O valor (f_{b0k}) para a estrutura “A.R.2” tem um valor de 1.3Mpa. [8]

$$l_b = 2.2 \times \frac{10}{4} \times \frac{500}{1.15} \times \frac{1}{1.3} = 1839.46 \text{ mm} \approx 1.8 \text{ m}$$

4.4.4. VERIFICAÇÃO DE SEGURANÇA AO ESFORÇO TRANSVERSO NO ESTADO LIMITE ÚLTIMO

“Relativamente ao estado limite último, o valor de cálculo do esforço transversal atuante, V_{sd} , deve ser menor ou igual ao valor de cálculo do esforço transversal resistente do elemento, V_{Rd} ” [8], isto é:

$$V_{sd} \leq V_{Rd} \quad (4.13)$$

O esforço transversal resistente de cálculo de elementos de alvenaria armada, V_{Rd} , pode ser calculado de duas formas: desprezando a contribuição de qualquer armadura de esforço transversal quando o aparelho da alvenaria é suficiente para fazer face ao esforço transversal atuante; ou no caso contrário, em que é necessária a contribuição de armadura de esforço transversal.

Para elementos em que não se considere a armadura de esforço transversal, deve-se verificar a seguinte condição.

$$V_{sd} \leq VR_{d1} \quad (4.14)$$

Em que VR_{d1} é dado pela seguinte expressão:

$$VR_{d1} = \frac{f_{vk} \times b \times d}{\gamma_M} \quad (4.15)$$

O parâmetro (f_{vk}) define o valor característico da resistência ao corte da alvenaria, ou do betão de enchimento, dependendo do que for menor, (b e d) definem respetivamente a largura mínima da parede e a altura útil do elemento.

Em que f_{vk} é igual ao mínimo dos seguintes valores:

$$f_{vk} = f_{vko} + 0.4\sigma_d \quad (4.16)$$

$$f_{vk} = 0.065 \times f_b \quad (4.17)$$

$$f_{vk} = \text{valor limite fornecido pelo EC6} \quad (4.18)$$

O valor (f_{vko}) é o da resistência ao corte medido sob compressão nula, nos casos em que não estejam disponíveis ensaios, este valor deverá ser considerado igual a 0.1 N/mm^2 . A tensão (σ_d) de compressão é a tensão perpendicular ao corte de alvenaria no piso em estudo. O parâmetro (f_b) é a resistência normalizada à compressão das unidades de alvenaria.

Para elementos em que o aparelho da alvenaria não é suficiente para resistir ao esforço transversal atuante, terá de se dimensionar uma armadura. Desta forma terá de se verificar a segurança a partir da seguinte expressão:

$$V_{sd} \leq VR_{d1} + VR_{d2} \quad (4.19)$$

Em que VR_{d1} é calculado pela expressão (4.15), e VR_{d2} é calculado da seguinte maneira:

$$VR_{d2} = 0.9 \times d \times \frac{A_{sw}}{s} \times \frac{f_{yk}}{\gamma_s} (1 + \cot \alpha) \sin \alpha \quad (4.20)$$

Em que, (d) é a altura útil do elemento, (A_{sw}) a área de armadura de esforço transversal, (s) é o espaçamento que se quer considerar para as armaduras, (f_{yk}) é o valor característico da tensão de cedência de armadura, (γ_s) é o coeficiente de segurança relativo ao aço e (α) é o ângulo da armadura transversal com o eixo dos elementos. [8]

Expostas as condições em que se terá de verificar a segurança ao esforço transversal, passar-se-á agora a tratar de forma mais objetiva o caso em estudo. Em primeiro lugar irá se verificar se o aparelho da alvenaria é suficiente para resistir ao esforço transversal atuante.

A título de exemplo, vai-se calcular o esforço transversal resistente para a parede 1.1.

Sabe-se que a secção da parede 1.1 tem as seguintes dimensões:

$$b = 200mm$$

$$d = 1650mm$$

Para calcular o esforço transversal resistente segue-se a marcha de cálculo dada pelas expressões (4.15), (4.16), (4.17) e (4.18).

A resistência à compressão nula será considerada igual a $0.10N/mm^2$ e o valor da tensão de compressão é o menor valor das tensões resultantes das sete combinações estudadas, este valor pode ser consultado no Anexo 1 na tabela referente à parede 1.1. O valor da tensão de compressão é o seguinte:

$$\sigma_d = 0.23MPa$$

Com o valor da resistência à compressão nula e a tensão de compressão definidos pode-se calcular o primeiro valor da resistência característica ao corte, através da expressão (4.16).

$$f_{vk} = 0.10 + 0.4 \times 0.23 = 0.192MPa$$

O segundo valor da resistência característica à compressão nula, resulta da expressão (4.17).

$$f_{vk} = 0.065 \times (1.15 \times 4) = 0.299MPa$$

O terceiro valor é consultado diretamente no Eurocódigo 6, e para as condições do presente estudo, o valor é o seguinte:

$$f_{vk} = 1.2MPa$$

Dos três valores da resistência característica à compressão nula, seleciona-se o menor para entrar na expressão (4.15) para calcular o esforço transversal resistente.

$$VRd1 = \frac{0.299 \times 200 \times 1650}{2.2} = 44850N = 44.85KN$$

O esforço transversal atuante máximo pode ser consultado no Anexo 1 na tabela referente à respetiva parede. Verifica-se que $V_{sd_{máx}} = 12.27KN$, por comparação direta com o resultado do esforço transversal resistente, verifica-se a condição de segurança em relação ao esforço transversal.

Apresenta-se na seguinte tabela os resultados dos cálculos para todas as paredes da estrutura A.R.2

Tabela 8 - Esforço transversal resistente

Parede	Vsd (KN)	$f_{vk} = f_{vko} + 0.4\sigma_d$ (Mpa)	$f_{vk} = 0.065f_b$ (Mpa)	f_{vk} (Mpa)	VRd (KN)
P. 1/1	12.27	0.194	0.299	1.2	29.08
P. 1/2	7.89	0.137	0.299	1.2	20.62
P. 3/1	11.07	0.359	0.299	1.2	92.42
P. 3/2	3.95	0.359	0.299	1.2	92.42
P. 5/1	12.20	0.194	0.299	1.2	29.14
P. 5/2	7.92	0.137	0.299	1.2	20.62

Verifica-se que todas as paredes garantem segurança em relação ao esforço transversal sem contribuição da armadura. Para o caso em estudo $VR_{d2} = 0$, não é necessária a contribuição de armadura de esforço transversal para se fazer verificar a segurança.

No entanto, por imposição do Eurocódigo 6 “nas paredes de alvenaria armada, a área mínima de armadura de corte deverá ser 0.10% da secção horizontal da parede.” [8]

$$A_{s, \min} = 0.10\% \times b \times h \quad (4.21)$$

Resultam as armaduras de corte que se apresentam na seguinte tabela.

Tabela 9 - Armadura mínima de corte

Parede	$A_{s, \min}$ (cm ²)
P. 1/1	3.5
P. 1/2	3.5
P. 3/1	7
P. 3/2	7
P. 5/1	3.5
P. 5/2	3.5

A armadura de corte que estudar-se-á para colocar nas paredes será uma armadura tipo “Murfor RND.5/Z de 150mm de largura”.

Considerando a altura livre da parede igual a 2.8 m, tem-se que:

$$\frac{A_{s \min}}{m} = \frac{7}{2.8} = 2.5 \text{ cm}^2 / m$$

Sabendo que haverá uma junta de assentamento a cada 0.20m sabe-se que:

$$\frac{A_{sw \min}}{junta} = 2.5 \times 0.20 = 0.5 \text{ cm}^2 / \text{junta}$$

Com a aplicação da armadura “Murfor RND .5/Z de 150mm de largura tem-se a seguinte área de armadura:

$$\frac{A_s}{junta} = \frac{\pi \times 0.5^2}{4} \times 3 = 0.588 \text{ cm}^2 / \text{junta}$$

Verifica-se a aplicação da armadura “Murfor RND.5/Z de 150mm de largura”. Aplicar-se-á nas paredes P.1 e P.5 de duas em duas fiadas visto que estas apenas necessitam de 3.5cm².

Na parede P.3 aplicar-se-á armadura em todas as fiadas, pois só assim, se consegue atingir os 7 cm² de armadura mínima. Como a armadura mínima é calculada em função das dimensões da secção da parede conclui-se que a armadura transversal manter-se-á constante visto que as secções serão sempre as mesmas independentemente do número de pisos que se acrescentem á estrutura em estudo.



Figura 28 - Colocação de armadura de corte [10]

4.4.5. DIMENSIONAMENTO À FLEXÃO DAS PADIEIRAS (PARTES SUPERIORES ÀS ABERTURAS)

Até ao presente ponto, não foram dimensionadas as paredes P.2 e P.4, pois o processo de dimensionamento destas é diferente do processo das paredes até agora estudadas. As partes superiores das aberturas, ou seja as padieiras, serão realizadas com recurso a peças de padieira (ou blocos para lintel). Estas peças possibilitam a introdução de armadura no seu interior que posteriormente são maciçadas com betão.

As padieiras serão consideradas vigas-parede caso sejam: “partes de paredes, carregadas verticalmente com aberturas em que a relação entre a altura total da parede acima da abertura e o vão efetivo da abertura seja, no mínimo, 0.5.” [8]

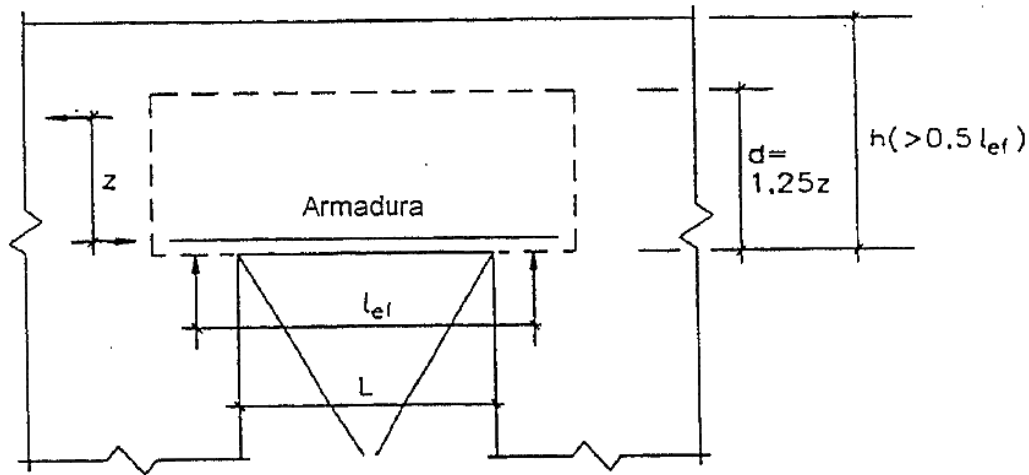


Figura 29 - Representação de uma viga-parede [8]

O vão efetivo da viga pode ser tomado igual a:

$$l_{ef} = 1.15 L \quad (4.22)$$

Em que (L) é o vão livre da abertura como mostra a Figura 29. Portanto o valor do vão efetivo é o seguinte:

$$l_{ef} = 1.15 \times 1.5 = 1.725 \text{ m} \quad (4.23)$$

A relação entre a altura total da parede acima da abertura e o vão efetivo da abertura é:

$$\frac{1.00}{1.725} = 0.58 \geq 0.5 \quad (4.24)$$

A parede pode ser considerada como uma viga-parede e segundo o Eurocódigo 6, a segurança de vigas-parede sujeitas a carregamento vertical relativamente ao estado limite último, passa pela seguinte verificação:

$$MSd \leq MRd \quad (4.25)$$

Ou seja, o momento atuante numa viga-parede, MSd , deve ser menor ou igual ao valor de cálculo do momento resistente, MRd .

O cálculo da armadura inferior da viga pode ser realizado tomando como modelo uma viga simplesmente apoiada, assim a área de armadura, A_s , pode ser determinada por:

$$A_s = \frac{MRd \times \gamma_s}{f_{yk} \times z} \quad (4.26)$$

Em que z é igual ao menor dos seguintes valores:

$$z = 0.7 \times lef \quad (4.27)$$

$$z = 0.4h + 0.2lef \quad (4.28)$$

No caso em estudo,

$$z = 0.7 \times 1.725 = 1.2m$$

$$z = 0.4 \times 1 + 0.2 \times 1.725 = 0.745m$$

Falta agora determinar o momento atuante para as condições de viga simplesmente apoiada. Assim tem-se que definir em primeiro lugar as cargas verticais atuantes:

Tabela 10 - Cargas verticais na viga

Peso próprio da viga-parede	3	KN/m
Peso do lintel	0.75	KN/m
Peso da laje sobre a viga	12.5	KN/m
Restante carga permanente	8.75	KN/m
Sobrecarga	5	KN/m

$$psd = 1.35 \times (3 + 0.75 + 12.5 + 8.75 + 5) + 1.5 \times 5 = 41.25 \text{ KN / m}$$

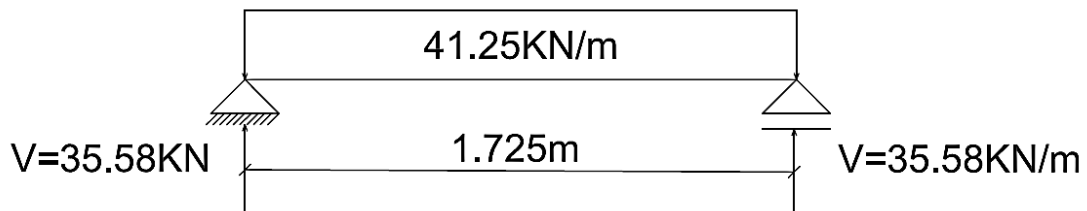


Figura 30 – viga-parede simplesmente apoiada

Os esforços foram calculados admitindo uma viga simplesmente apoiada, no entanto por uma questão de verificação, compararam-se os esforços colhidos por este método com os esforços calculados de forma automática pelo programa Robot 2010, usando sempre o máximo resultante dos dois métodos

indicados. Os esforços calculados de forma automática, para a estrutura em estudo, apresentam-se no Anexo 1 nas tabelas respetivas às paredes em análise (P.2/1, P.2/2, P.4/1 e P.4/2), e verificou-se que os esforços (transverso e momentos) no método da viga simplesmente apoiada, na estrutura em estudo, são sempre superiores aos esforços calculados de forma automática. No entanto verifica-se a existência de tração nas paredes P.2/2 e P.4/2, mas devido ao seu pequeno valor $\sigma = - 0.02$ MPa foi desprezada. Conclui-se o uso do método da viga simplesmente apoiada para o cálculo das secções, para a estrutura em estudo. Para as restantes estruturas procedeu-se de igual forma.

Depois desta análise está-se em condições de calcular o momento atuante e posteriormente a armadura inferior da viga-parede, então:

$$M_{sd} = \frac{P_{sd} \times l^2}{8} = \frac{41.25 \times 1.725^2}{8} = 15.34 \text{ KN.m}$$

$$A_s = \frac{15.34 \times 10^6 \times 1.15}{500 \times 745} = 47.35 \text{ mm}^2 = 0.47 \text{ cm}^2$$

Como o valor da armadura é excessivamente baixo vai-se admitir a armadura mínima, então:

$$A_s(\text{mínimo}) = \frac{0.10}{100} \times 200 \times (1.25 \times 745) = 186 \text{ mm}^2 = 1.86 \text{ cm}^2$$

A armadura colocada na zona inferior será 1 ϕ 16, com um comprimento nunca inferior a 1.7m.

Por imposição do Eurocódigo 6 o momento resistente, MRd, não pode ser superior a:

$$MRd \leq \frac{0.4 \times f_k \times b \times d^2}{\gamma_M} \quad (4.29)$$

$$MRd \leq \frac{0.4 \times 2.42 \times 200 \times (1.25 \times 745)^2}{2.2} = 76.31 \text{ KN.m}$$

Como a armadura principal será 1 ϕ 16, então MRd será:

$$MRd = \frac{201 \times 500 \times 745}{2.2} = 34.03 \text{ KN.m}$$

$$34.0. \leq 76.31KN.m$$

O momento resistente é inferior ao limite imposto pelo Eurocódigo 6. [8]

4.4.6. DIMENSIONAMENTO AO ESFORÇO TRANSVERSO DAS PADIEIRAS

“Para a verificação da segurança em relação ao estado limite último, não é necessária armadura de esforço transverso se o valor de cálculo da resistência ao corte da viga-parede de alvenaria armada, $VRd1$, for superior ou igual ao valor de cálculo do esforço transverso atuante, Vsd .” [8]

$$Vsd \leq VRd1 \quad (4.30)$$

Em que, $VRd1$, é calculado pela expressão (4.15) e a altura útil, d , tal como se ilustra na Figura 29, é igual a:

$$d = 1.25z \quad (4.31)$$

Então:

$$VRd1 = \frac{0.299 \times 200 \times 1.25 \times 745}{2.2} = 25.3KN$$

Como $Vsd=35.58$ KN é menor que o esforço transverso resistente, então terá que se dimensionar armadura de esforço transverso.

Sabendo que $Vsd=VRd1+VRd2$, obtém-se por subtração o valor:

$$VRd2 = Vsd - VRd1 = 35.58 - 25.3 = 10.28 KN$$

Então pela fórmula (4.20) tem-se:

$$10280 = 0.9 \times 1.25 \times 745 \times \frac{A_{sw}}{s} \times \frac{500}{1.15} (1 + \cot 90) \sin 90$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = 0.000028m^2 / m = 0.28cm^2 / m$$

Como a armadura é excessivamente pequena, terá que se colocar a armadura mínima.

$$A_{sw_{\min}} = \frac{0.10}{100} \times 200 \times 1.25 \times 745 = 186 \text{ mm}^2 = 1.86 \text{ cm}^2$$

A armadura transversal será 3Φ10.

“Para controlar a fendilhação, deve ser utilizada uma armadura adicional nas juntas de assentamento acima da armadura principal, até uma altura, medida a partir da face inferior da viga com o menor dos seguintes valores” [8]

$$0.5 \times l_{ef} = 0.5 \times 1.725 = 0.86 \text{ m}$$

$$0.5 \times d = 0.5 \times (1.25 \times 0.745) = 0.46 \text{ m}$$

Nas três juntas de assentamento acima do lintel, serão colocadas armaduras adicionais, estas armaduras serão iguais às armaduras de corte das restantes paredes, ou seja armadura tipo “Murfor RND5.Z de 150 mm de largura”.

Concluído o cálculo das secções das vigas-parede, finaliza-se o processo de dimensionamento da estrutura “A.R.2” com a elaboração de peças desenhadas, ou seja a pormenorização das secções calculadas. Estas encontram-se no Anexo 2.

4.5. DIMENSIONAMENTO DAS ESTRUTURAS A.R.3 E A.R.4

Depois de descrito e apresentado o dimensionamento adotado para a estrutura de fachada A.R.2 apresenta-se de seguida a descrição do dimensionamento das estruturas A.R.3 e A.R.4. As tabelas referentes aos esforços das estruturas A.R.3, A.R.4 apresentam-se respetivamente no Anexo 1.

Na estrutura A.R.3, pela análise dos esforços nas paredes, verifica-se que as tensões atuantes em todas as paredes do 1º piso (P. 1/1, P. 3/1, e a P. 5/1) situam-se no intervalo [1.1;1.72] MPa. Desta forma, apenas estas paredes serão maciçadas na sua totalidade. Todas as restantes serão maciçadas apenas nos furos onde se coloca armadura, visto que todas apresentam valores de tensão no intervalo [0;1.1] MPa. As secções das paredes mantêm-se constantes em altura pelo que a armadura mínima será sempre a mesma que a calculada para a estrutura A.R.2, o resumo das soluções adotadas para todas as paredes desta estrutura encontram-se no Anexo 5. No prosseguimento do dimensionamento verifica-se a segurança ao esforço transversal das paredes da respetiva estrutura. Da tabela respetiva à estrutura em análise apresentada no Anexo 3 verifica-se que todas as paredes garantem segurança ao esforço transversal sem ser necessária armadura, pelo que se mantém a armadura mínima de corte calculada para a estrutura de dois pisos.

Na estrutura A.R.4, pela análise das tabelas do Anexo 1, verifica-se que todas as paredes pertencentes ao primeiro e segundo piso necessitam de maciçamento de todos os furos e respetiva armadura mínima, pois em todas estas paredes se verificam tensões acima de 1.1 MPa mas inferiores a 1.72 MPa. As restantes paredes, ou seja as paredes pertencentes ao terceiro e quarto piso, necessitam apenas de maciçamento nos furos onde são colocados os varões de aço para perfazer a armadura mínima necessária. Na verificação ao esforço transversal, através da análise da tabela da respetiva estrutura no Anexo 3 verifica-se que à semelhança do que acontece na estrutura de três pisos, mantém-se a armadura mínima.

4.6. DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA A.R.5

Até ao momento nenhuma estrutura caiu no âmbito da 3ª solução, ou seja, em nenhuma estrutura foi necessário calcular a armadura necessária para equilibrar os esforços atuantes. Esta situação acontece na estrutura A.R.5 como se pode verificar pela consulta dos Anexo 1. Existem paredes com tensões acima 1.72 MPa, que são as P.1/1, P.3/1 e P.5/1. Desta forma ter-se-á de proceder ao dimensionamento das armaduras de forma a resistir aos esforços atuantes nas respetivas paredes.

Todas as paredes estão sujeitas à flexão composta e, segundo o Eurocódigo 6, o dimensionamento de elementos de alvenaria armada, deve basear-se nas seguintes hipóteses:

- “as secções planas mantêm-se planas;
- as armaduras estão sujeitas à extensão que a alvenaria contígua;
- a resistência à tração da alvenaria é nula;
- a extensão de compressão máxima da alvenaria é estabelecida de acordo com o material;
- a extensão de tração máxima de armaduras é estabelecida de acordo com o material;
- a relação tensões-extensões da alvenaria tem forma de uma parábola, parábola retângulo ou retângulo;
- a relação tensões-extensões das armaduras é determinada com base na Figura 31;
- para secções transversais sujeitas a compressão simples, a extensão de compressão na alvenaria é limitada a 0.002.
- para secções transversais não sujeitas unicamente à compressão, o valor máximo da extensão à compressão é tomado igual a -0.0035. Em situações intermédias, o diagrama de extensões é definido considerando que a extensão toma o valor -0.002 a 3/7 de altura da secção a partir da face mais comprimida.” [8] Como ilustra a Figura 32. [8]

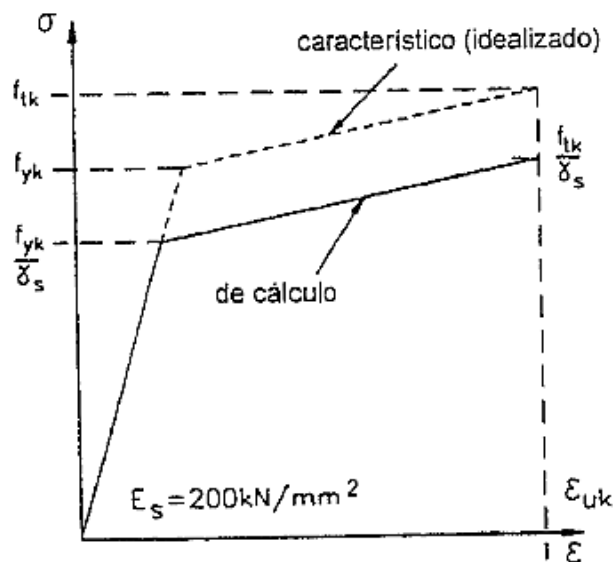


Figura 31 - Diagrama de tensões-extensões para armaduras ordinárias [8]

O Eurocódigo 6 permite que para a determinação do momento resistente se admita uma distribuição de tensões retangular, tal como ilustra a Figura 32.

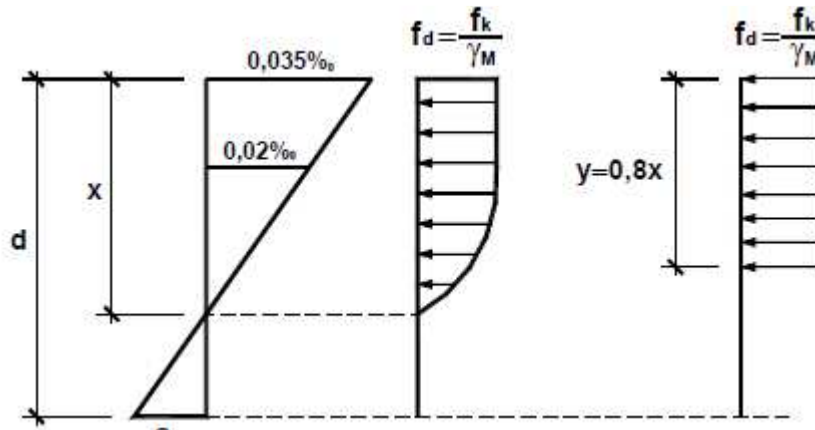


Figura 32 - Diagrama de tensões-extensões da alvenaria [13]

Para o dimensionamento das secções sujeitas à flexão composta será deduzido um conjunto de equações com o objetivo de facilitar o dimensionamento das paredes sujeitas à flexão composta.

No dimensionamento das armaduras admite-se que existem três casos possíveis de ocorrerem.

1º Caso - Existe uma armadura tracionada (A_s), podendo ter ou não uma armadura comprimida (A'_s).

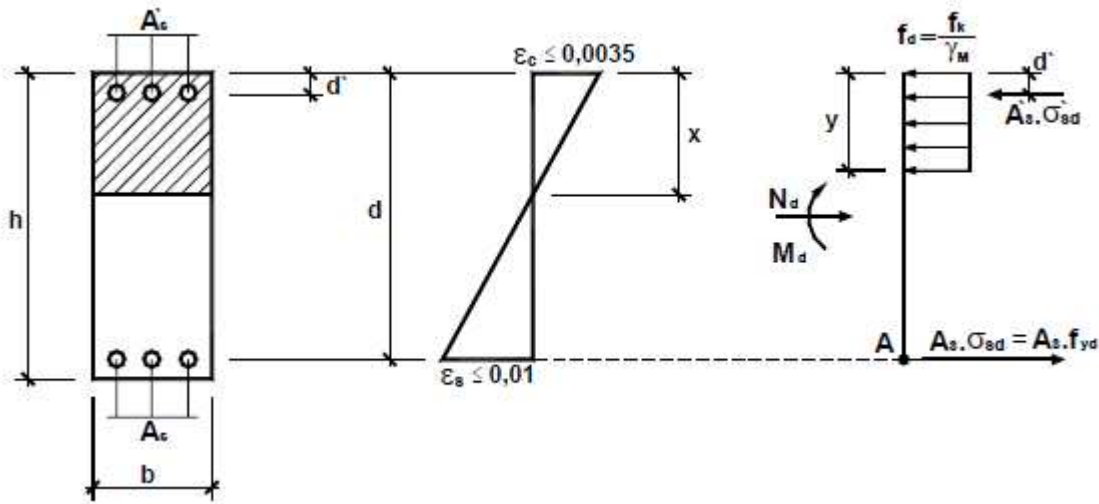


Figura 33 - Diagrama de tensões e extensões para o 1º caso [13]

Equações de equilíbrio:

$$\sum F = 0 \Rightarrow Nd = fd \times b \times y + A'_s \times \sigma'_{ssd} - A_s \times f_{yd} \quad (4.32)$$

$$\sum M_A = 0 \Rightarrow Nd \times \left(d - \frac{h}{2} \right) + M_d = fd \times b \times y \left(d - \frac{y}{2} \right) + A'_s \times \sigma'_{ssd} (d - d') \quad (4.33)$$

Dividindo a equação (4.33) por $f_d \cdot b \cdot d^2$ tem-se a seguinte equação:

$$\frac{N_d + \left(d - \frac{h}{2}\right) + Md}{f_b \times b \times d^2} = \frac{fd \times b \times y \times \left(d - \frac{y}{2}\right)}{f_b \times b \times d^2} + \frac{A's \times \sigma'_{sd} (d - d')}{f_b \times b \times d^2} \quad (4.34)$$

Chamando ao 1º membro da equação (4.34), K, tem-se o seguinte:

$$K = \frac{N_d + \left(d - \frac{h}{2}\right) + Md}{f_b \times b \times d^2} \quad (4.35)$$

Fazendo com que:

$$K = \frac{Nd + (d - h/2) + Md}{fd \times b \times d^2}; \frac{y}{d} = \alpha; \phi = \frac{\sigma'_{sd}}{fyd} \quad (4.36)$$

$$K = \frac{f_d \times b \times \alpha \times d \times \left(d \times \frac{\alpha \times d}{2}\right)}{fd \times b \times d^2} + \frac{A's \times \phi \times fyd \times d \times \left(1 - \frac{d'}{d}\right)}{fd \times b \times d^2} \quad (4.37)$$

$$K = \frac{f_d \times b \times d^2 \times \alpha \left(1 - \frac{\alpha}{2}\right)}{fd \times b \times d^2} + \frac{A's \times \phi \times fyd \times d \times \left(1 - \frac{d'}{d}\right)}{fd \times b \times d^2} \quad (4.38)$$

$$K = \alpha \left(1 - \frac{\alpha}{2}\right) + \frac{A's \times \phi \times fyd \times \left(1 - \frac{d'}{d}\right)}{fd \times b \times d} \quad (4.39)$$

Chamando a:

$$\alpha \left(1 - \frac{\alpha}{2}\right) = k' \quad (4.40)$$

Resolvendo em ordem a α fica:

$$\alpha = 1 - \sqrt{1 - 2K'} \quad (4.41)$$

Continuando-se o desenvolvimento de (4.39), tem-se:

$$K = K' + \frac{A's \times \phi \times f_y d \times \left(1 - \frac{d'}{d}\right)}{f_d \times b \times d} \quad (4.42)$$

$$A's \times \phi = \frac{f_d \times b \times d \times (K - K')}{f_{yd} \left(1 - \frac{d'}{d}\right)} \quad (4.43)$$

Da expressão (4.32), tira-se:

$$f_d \times b \times y + A's \times \sigma'sd - Nd = A_s \times f_y d \quad (4.44)$$

$$A_s = \frac{f_d \times b \times y}{f_{yd}} + \frac{A's \times \sigma'sd}{f_{yd}} - \frac{Nd}{f_{yd}} \quad (4.45)$$

$$A_s = \frac{f_d \cdot b \cdot \alpha \cdot d}{f_{yd}} - \frac{Nd}{f_{yd}} + A'_s \cdot \phi \quad (4.46)$$

$$A_s = \frac{f_d \times b \times d \times (1 - \sqrt{1 - 2K'}) - Nd}{f_{yd}} + A'_s \cdot \phi \quad (4.47)$$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2}$$

Desta forma chega-se à conclusão que:

$$A_{s1} = \frac{f_d \times b \times d \times (1 - \sqrt{1 - 2K'}) - Nd}{f_{yd}} \quad (4.48)$$

$$A_{s2} = \frac{f_d \times b \times d}{f_{yd}} \cdot \frac{(K - K')}{(1 - d'/d)} \quad (4.49)$$

$$A's = \frac{As2}{\phi} \quad (4.50)$$

No caso das equações de cálculo das armaduras devolverem números negativos deve-se nesse caso passar para o 2º caso. Mas antes de se avançar na explicação da nova situação, é importante definir os valores de K' .

Valores de K'

K' só depende da profundidade do eixo neutro, deve-se limitar este valor com o objetivo de não sobre dimensionar a secção por forma a garantir que as secções apresentem sempre ductilidade suficiente para se deformarem sem perderem capacidade resistente. Segundo as recomendações do Eurocódigo 6, a relação entre a profundidade da linha neutra, x , e a altura útil, d , não deve ultrapassar 0.4. Portanto:

$$\alpha_l \leq 0.4 \quad (4.51)$$

$$\alpha = \frac{y}{d} = 0.8 \times \frac{x}{d} \Leftrightarrow \alpha_l = 0.80 \times 0.40 = 0.32 \quad (4.52)$$

Segundo a expressão (4.41), tem-se o seguinte limite:

$$Kl = \alpha_l \left(1 - \frac{\alpha_l}{2} \right) = 0.32 \times \left(1 - \frac{0.32}{2} \right) = 0.269 \quad (4.53)$$

2º Caso – O equilíbrio das forças na secção pode ser conseguido apenas com a parte da secção comprimida.

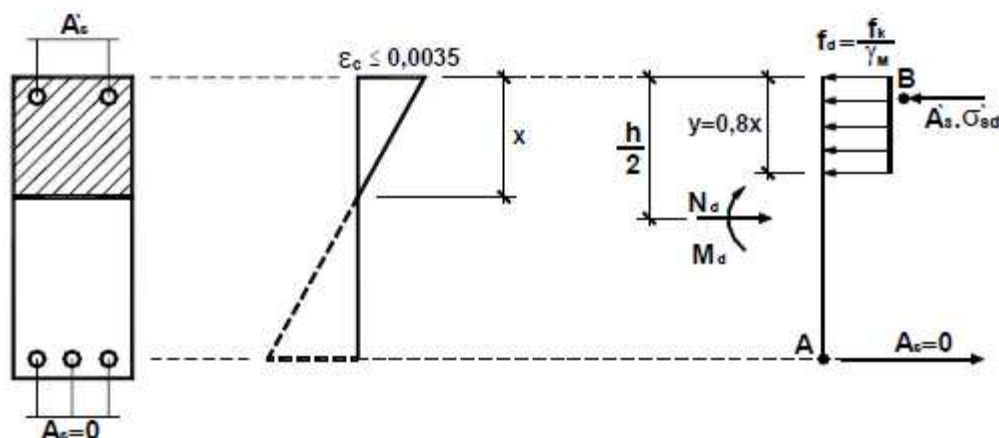


Figura 34 - Diagrama de tensões e extensões para o 2º caso [13]

$$\sum F = 0 \Rightarrow Nd = fd \times b \times y + A'_s \times \sigma'_{sd} \quad (4.54)$$

$$\sum M_B = 0 \Rightarrow Nd \times \left(\frac{h}{2} - d' \right) - M_d = fd \times b \times y \left(\frac{y}{2} - d' \right) \quad (4.55)$$

Desenvolvendo a equação(4.55), tem-se

:

$$y = d' + \sqrt{\left[\frac{Nd(h/2 - d') - Md}{f_d \times b} \right] \times 2 + d'^2} \leq h \quad (4.56)$$

Da equação (4.54), tem-se:

$$A'_s = \frac{Nd - fd \times b \times y}{\sigma'_{sd}} = \frac{Nd - fd \times b \times y}{\phi \times f_{yd}} \quad (4.57)$$

No presente caso realizou-se o equilíbrio da secção com vista na possibilidade de conseguir o equilíbrio da secção apenas com a parte comprimida com o limite de $y=h$, quando o y é maior que h passa-se para o caso seguinte.

3º Caso – O betão está na sua totalidade comprimido, e ambas as armaduras (A_s e A'_s), podem estar comprimidas.

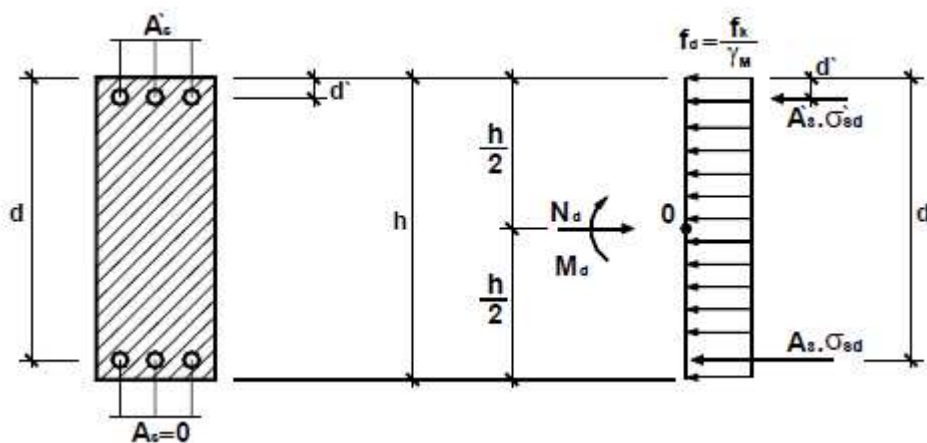


Figura 35 - Diagrama de tensões para o 3º caso [13]

$$\sum F = 0 \Rightarrow Nd = fd \times b \times h + As \times \sigma_{sd} + A'_s \times \sigma'_{sd} \quad (4.58)$$

$$\sum M = 0 \Rightarrow Md = A'_s \times \sigma'_{sd} \left(\frac{h}{2} - d' \right) - As \times \sigma_{sd} \left(d - \frac{h}{2} \right) \quad (4.59)$$

Supondo a linha neutra no infinito:

$$\sigma'_{sd} = \sigma_{sd} = \phi \times f_{yd} \quad (4.60)$$

Resolvendo o sistema de equações:

$$As = \frac{(Nd - fd \times b \times h) \cdot \left(\frac{h}{2} - d' \right) - Md}{\phi \times f_{yd} \times (d - d')} \quad (4.61)$$

$$A'_s = \frac{(Nd - fd \times b \times h) \cdot \left(d - \frac{h}{2} \right) + Md}{\phi \times f_{yd} \times (d - d')} \quad (4.62)$$

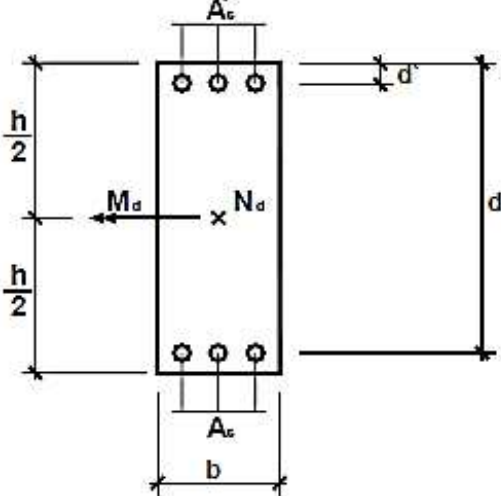
Desta forma, supondo a linha neutra no infinito o encurtamento dos materiais (betão e alvenaria) está limitado em 2‰.

Portanto, o valor de ϕ para aço A500 será:

$$\sigma'_{sd} = \sigma_{sd} = \epsilon_s \times E = 420 \text{ MPa} < f_{yd} \quad (4.63)$$

$$\phi = \frac{\sigma'_{sd}}{f_{yd}} = \frac{420}{435} = 0.966 \quad (4.64)$$

Tabela 11 - Dimensionamento de armaduras de secções sujeitas à Flexão Composta [13]

		
- 1º Caso		
$K = \frac{N_d \left(d - \frac{h}{2} \right) + M_d}{f_d \cdot b \cdot d^2}$	$K \leq K_l \Rightarrow K' = K$ $K > K_l \Rightarrow K' = K_l$	$K_l = 0,269$
$A_s = A_{s1} + A_{s2}$	$A_{s1} = \frac{f_d \cdot b \cdot d (1 - \sqrt{1 - 2K'}) - N_d}{f_{yd}}$ $A_{s2} = \frac{f_d \cdot b \cdot d}{f_{yd}} \cdot \frac{(K - K')}{1 - d'/d}$	
$A'_s = A_{s2} / \phi \quad ; \quad x = d \left(\frac{1 - \sqrt{1 - 2K'}}{0,80} \right) ; \text{ Se } A'_s < 0, \text{ passar ao 2º Caso.}$		

- 2º Caso	
$y = d' + \sqrt{d'^2 + 2 \left[\frac{N_d (h/2 - d') - M_d}{f_d \cdot b} \right]} \leq h$	
$A_s = 0$	$A'_s = \frac{(N_d - f_d \cdot b \cdot y)}{\phi \cdot f_{yd}}$
Se $y > h$, passar ao 3º Caso.	
Se $A_s \leq 0$, nenhuma armadura será necessária. Usar armadura mínima.	

- 3º Caso $A_s = \frac{(N_d - f_d \cdot b \cdot h) \cdot \left(\frac{h}{2} - d'\right) - M_d}{\phi \cdot f_{yd} (d - d')}$ $A'_s = \frac{(N_d - f_d \cdot b \cdot h) \cdot \left(d - \frac{h}{2}\right) + M_d}{\phi \cdot f_{yd} (d - d')}$		
Valores de $\phi = \frac{\sigma'_{sd}}{f_{yd}}$ (1º e 2º Casos)		
A500	$n \leq 0,163 \Rightarrow \phi = 1,0$ $n > 0,163 \Rightarrow \phi = 1,69 \cdot (1 - 2,50n)$	$n = \frac{d'}{d}$
Valores de $\phi = \frac{\sigma'_{sd}}{f_{yd}}$ (3º Caso)		
A500	$\phi = 0,966$	

Exposto isto está-se em condições de avançar com o dimensionamento das paredes P.1/1, P. 3/1 e P. 5/1.

Indica-se a título exemplificativo o dimensionamento da P1/1 para a combinação ELU1 e 1º corte. O cálculo para as restantes paredes, combinações e cortes indicam-se sob a forma de tabelas no Anexo 4.

Esforços:

$$NR_x = 616.43 \text{ KN}$$

$$MR_z = 10.33 \text{ KN}$$

Dados Geométricos de P. 1/1:

$$b = 200 \text{ mm}$$

$$h = 1750 \text{ mm}$$

$$d = 1650 \text{ mm}$$

$$K = \frac{616.43 \times \left(1.65 - \frac{1.75}{2}\right) + 10.33}{1720 \times 0.2 \times 1.65^2} = 0.521$$

Como $K > K_l$, então $K' = K_l = 0.269$

$$A_{s1} = \frac{1720 \times 0.2 \times 1.65 \times (1 - \sqrt{1 - 2 \times 0.269}) - 616.43}{435000} = -10 \times 10^{-4} m^2 = 10 cm^2$$

$$A_{s2} = \frac{1720 \times 0.2 \times 1.65}{435000} \times \frac{(0.45 - 0.269)}{1 - 0.1/1.65} = 3.5 \times 10^{-4} m^2 = 3.5 cm^2$$

$A_s = A_{s1} + A_{s2} < 0$ (passar ao 2º caso)

2º Caso:

$$y = 0.1 + \sqrt{0.1^2 + 2 \left[\frac{616.43 \times (1.75/2 - 0.1) - 10.33}{1720 \times 0.2} \right]} = 1.8 > h$$

Como $y > h$ passa-se automaticamente para o 3º caso.

3º Caso:

$$A_s = \frac{(616.43 - 1720 \times 0.20 \times 1.75) \times (1.75/2 - 0.10) - 10.33}{0.966 \times 435000 \times (1.75 - 0.10)} = 0.01 cm^2$$

$$A_s = \frac{(616.43 - 1720 \times 0.20 \times 1.75) \times (0.10 - 1.75/2) + 10.33}{0.966 \times 435000 \times (1.75 - 0.10)} = 0.33 cm^2$$

Após o cálculo das armaduras com os esforços referentes à combinação E.L.U.1 e 1º corte, verifica-se a necessidade de aplicação de armadura para verificação de segurança à flexão composta. Os cálculos realizados para os restantes conjuntos de esforços, assim como os cálculos para as restantes paredes, encontram-se no Anexo 4.

Da visualização da tabela referente à parede P.1/1 no Anexo 4, verifica-se uma secção de armadura de $0.67 cm^2$ pelo que se adotou uma armadura de $2\phi 8$. São então colocados dois varões de diâmetro oito nas laterais da parede, mais a armadura mínima distribuída no seu anterior. Será utilizada armadura simétrica, tendo em vista que a ação provocada pelo vento poderá sofrer inversão. O resumo das soluções adotadas para cada parede pode ser consultado no Anexo 5.

Pela consulta do Anexo 3, verifica-se que também nesta estrutura verifica-se a segurança ao esforço transversal sem se considerar armadura de corte, no entanto, por questões regulamentares é colocada a armadura mínima.

4.7. DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA DE FACHADA A.R.6

Tal como na estrutura anterior, na estrutura A.R.6 existem paredes para as quais é excedida a tensão de 1.72 MPa, que são as paredes do 1º e 2º piso. Portanto, também para estas paredes é necessário o dimensionamento de armaduras. As tabelas que mostram o dimensionamento destas armaduras encontram-se no Anexo 4, nas tabelas respetivas às estruturas A.R.6. Nas paredes do terceiro piso verificam-se tensões acima de 1.1 MPa mas, abaixo de 1.72 MPa, pelo que nestas paredes apenas é necessário a aplicação de armadura mínima e maciçamento total da parede. Nas paredes referentes ao quarto piso, a paredes P.1/4 e P.5/4 necessita-se de maciçamento total da parede. Porém, na parede P.3/4 apenas é necessário a solução mínima, ou seja o maciçamento dos furos onde seja colocada armadura para perfazer a armadura mínima. Nas paredes dos restantes pisos verifica-se o emprego da solução mínima. Na verificação de segurança ao esforço transversal das paredes verifica-se que o aparelho de alvenaria sem reforço de armaduras é suficiente para fazer verificar a segurança, no entanto por questões regulamentares é colocada a armadura mínima.

5

DIMENSIONAMENTO - ESTRUTURAS DE FACHADA PORTICADAS EM BETÃO ARMADO

5.1. INTRODUÇÃO

À semelhança do que aconteceu no capítulo 4, também neste capítulo será descrito o processo de dimensionamento de uma estrutura de fachada, mas para o betão armado. A estrutura que aqui será dimensionada, a estrutura “B.A.2” servirá de base exemplificativa de todo o processo de dimensionamento adotado, não só para esta estrutura, mas também para as restantes estruturas que servirão de base de estudo para comportamento destas na vertente custo/prazo.

5.2. VIGAS

5.2.1 ESFORÇOS

Nas figuras seguintes, ilustram-se as envolturas de momentos e esforço transversal da estrutura B.A.2. As tabelas respetivas às restantes estruturas encontram-se no Anexo 6.

Estes serão os esforços usados para dimensionar a quantidade de aço necessária para a viga.



Figura 36 - Envoltura de momentos nas vigas da estrutura "B.A. 2"

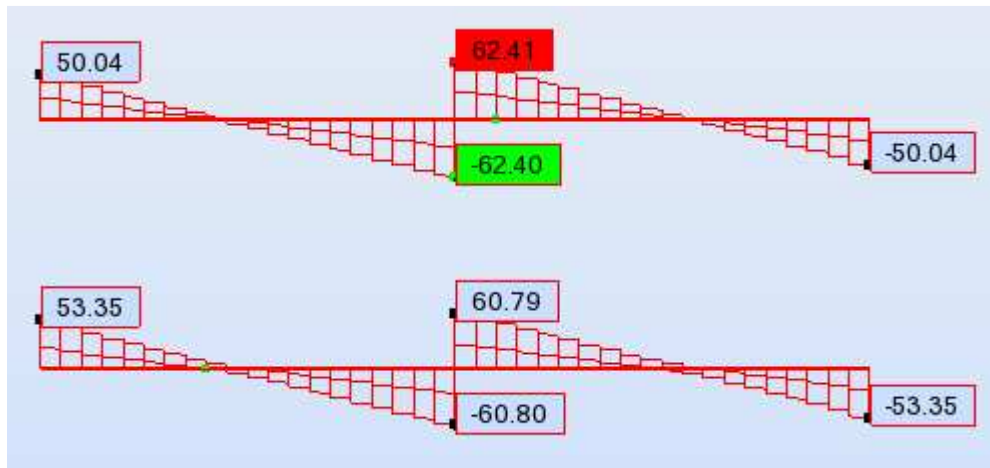


Figura 37 - Diagramas de esforço transversal nas vigas

Durante o processo de dimensionamento das armaduras identificar-se-ão cinco secções diferentes:

- início da viga (S1);
- meio vão do primeiro tramo (S2);
- meio vão da viga (S3);
- meio vão do segundo tramo (S4);
- final da viga (S5).

5.2.2. DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA LONGITUDINAL E VERIFICAÇÃO DAS DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS SEGUNDO O EC2

A determinação da resistência á flexão última de secções de betão armado baseia-se nas seguintes hipóteses:

- as secções mantêm-se planas;
- a extensão nas armaduras aderentes, em tração ou em compressão é a mesma da do betão que as envolve;
- a resistência à tração do betão é ignorada;
- as tensões no betão comprimido são obtidas do diagrama de betão tensões/extensões de cálculo;
- as tensões nas armaduras de betão armado são obtidas dos diagramas de cálculo;
- a extensão de compressão no betão deve ser limitada a ϵ_{cu2} e ϵ_{cu3} , conforme o diagrama de tensões-extensões utilizado. As extensões no aço devem para betão armado devem ser limitadas a ϵ_{ud} ;
- o dimensionamento das armaduras será feito pelo método do diagrama retangular, este método permite de modo fácil determinar a resultantes das tensões de compressão no betão, tal como indica a Figura 38. [14]

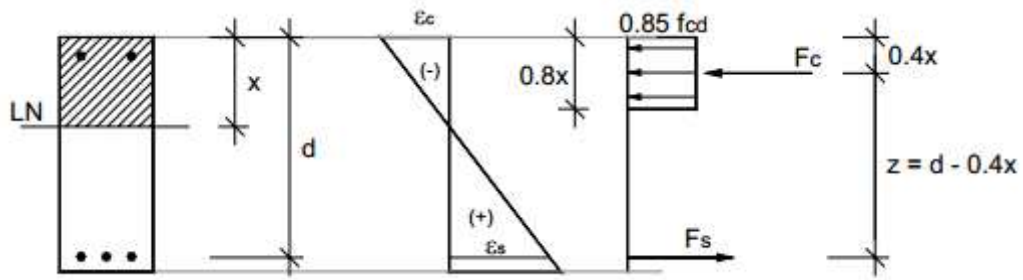


Figura 38 - Método do diagrama retangular [15]

No dimensionamento da armadura longitudinal seguir-se-ão os seguintes passos:

- admite-se que as armaduras estão em cedência, ou seja, $\sigma_s = f_{yd}$, ($\epsilon_s \geq \epsilon_{yd}$);
- determinar a posição do eixo neutro por equilíbrio dos momentos;
- calcular a área de armadura por equilíbrio das forças;
- verificar a hipótese inicialmente admitida, $\epsilon_s \geq \epsilon_{yd}$.

A determinação da posição do eixo neutro dá-se pelo equilíbrio dos momentos:

$$F_c \times z = 0.85 \times f_{cd} \times b \times 0.8x \times (d - 0.4x) \Leftrightarrow x = \dots \quad (5.1)$$

De seguida por equilíbrio das forças calcula-se a armadura necessária:

$$F_c = F_s \Leftrightarrow 0.85 \times f_{cd} \times b \times 0.8x = A_s \times f_{yd} \Leftrightarrow A_s = \dots \quad (5.2)$$

Verificar a hipótese inicialmente admitida, $\epsilon_s \geq \epsilon_{yd}$:

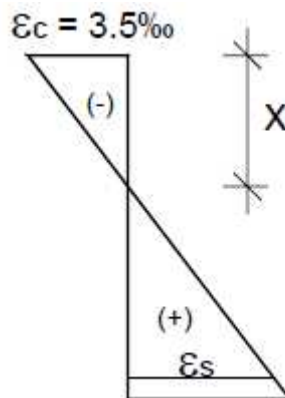


Figura 39- Posição do eixo neutro admitindo que a rotura se dá pelo betão [15]

A partir da posição do eixo neutro que foi calculada anteriormente, e admitindo que a rotura se dá pelo betão, calcula-se ϵ_s . A partir daqui conclui-se acerca da veracidade da hipótese inicialmente admitida.

No caso de a condição não se verificar, terá de se subir o eixo neutro. Esta subida consegue-se com iterações até se conseguir a igualdade $F_c = F_s$.

A armadura deve estar em cedência por duas razões: primeiro a peça deve sempre apresentar ductilidade disponível para uma possível situação de rotura e deve ter capacidade de se deformar sem perda de capacidade resistente; a segunda razão é de carácter económico, pois a capacidade resistente da armadura deve ser totalmente aproveitada. [15]

Condição que garante a cedência da armadura:

$$\varepsilon_s = \frac{d-x}{x} \times 3.5 = \frac{1-\alpha}{\alpha} \times 3.5 \Rightarrow \alpha_{\text{lim}} = \frac{3.5}{3.5 + \varepsilon_s} \quad (5.3)$$

$\varepsilon_s \geq \varepsilon_{yd}$ (comportamento dúctil)

$$A500 - \varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_{aço}} = \frac{435}{200 \times 10^3} = 2.175 \quad (5.4)$$

Depois de demonstrado todas as etapas do processo de dimensionamento, está-se em condições de demonstrar todo o processo exemplificativo de dimensionamento das vigas para a estrutura em estudo.

As vigas em estudo dividem-se em 5 secções diferentes onde se localizam os momentos que se usarão para o dimensionamento das armaduras longitudinais. Tal como já foi dito anteriormente, no processo exemplificativo de dimensionamento a seguir elaborado apenas se dimensiona a armadura para uma das secções. Mostram-se os resultados resultantes do dimensionamento de todas as secções na Tabela 12.

Assim tem-se:

Dados

Geometria da secção: 0.25 x 0.40 m

$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$

$f_{yd} = 435 \text{ MPa}$

$M_{sd}(S1, S5) = 30.12 \text{ KN.m}$

$M_{sd}(S2, S4) = 32.30 \text{ KN.m}$

$M_{sd}(S3) = 60.01 \text{ KN.m}$

Forças:

$$F_c = 0.85 \times 20 \times 10^3 \times 0.8x \times 0.25 = 3400x$$

$$F_s = A_s \times f_{yd} = A_s \times 435$$

Equilíbrio de momentos:

$$\Sigma M = M_{sd} \Leftrightarrow 3400x \times (0.36 - 0.4x) = 30.12 \Leftrightarrow x = 0.025 \text{ m}$$

$$F_c = 3400 \times 0.025 = 85 \text{ KN}$$

Equilíbrio das forças:

$$F_s = F_c = A_s \times 435 \times 10^3 = 85 \text{ KN} \Leftrightarrow A_s = \frac{85}{435 \times 10^3} = 1.95 \times 10^{-4} \text{ m}^2 = 1.95 \text{ cm}^2$$

Admitindo $\varepsilon_{cu} = 3.5\text{‰}$

$$F_s = F_c = A_s \times 435 \times 10^3 = 85 \text{ KN} \Leftrightarrow A_s = \frac{85}{435 \times 10^3} = 1.95 \times 10^{-4} \text{ m}^2 = 1.95 \text{ cm}^2$$

Verificação de cedência de aço

$$\frac{\varepsilon_c = 3.5}{\varepsilon_s} = \frac{0.025}{0.375} \Leftrightarrow \varepsilon_s = 52.5\text{‰} \quad (5.5)$$

$$\text{Como } \varepsilon_{s\text{máx}} = 10\text{‰} \text{ então } \varepsilon_{cu} < 3.5\text{‰} \quad (5.6)$$

$$\frac{10\text{‰}}{0.375} = \frac{\varepsilon_c}{0.025} \Leftrightarrow \varepsilon_s = 0.66\text{‰} \quad (5.7)$$

$$\varepsilon_{yd} = \frac{435}{200 \times 10^3} = 2.175\text{‰} < 10\text{‰} \quad (5.8)$$

∴ A armadura está em cedência (a secção tem um comportamento dúctil) [15].

Tabela 12 - Dimensionamento das armaduras longitudinais

Secção	Msd (KN)	x (m)	Fc (KN)	As calc (cm ²)	εs	εc	εs ≥ εyd	Armadura
S1/S5	30.12	0.025	85	1.95	10	0.66	OK	2Φ12
S2/S4	32.3	0.027	91.8	2.11	10	0.72	OK	2Φ12
S3	60.01	0.052	176.8	4.06	10	1.49	OK	4Φ12

Disposições construtivas para vigas

Armadura mínima:

$$As_{\min} = 0.26 \times \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \times b \times d \text{ mas não inferior a } 0.0013 \times b \times d \quad (5.9)$$

$$As_{\min} = 0.26 \times \frac{2.9}{500} \times 0.25 \times 0.36 = 1.36 \times 10^{-4} m^2 > 0.0013 \times 0.25 \times 0.36 = 1.17 \times 10^{-4} m^2$$

Armadura longitudinal máxima:

$$\begin{aligned} As_{\max} &= 0.04 \times A_c \\ &= 0.04 \times 0.25 \times 0.40 = 0.004 m^2 = 40 cm^2 \end{aligned} \quad (5.10)$$

5.2.3. DIMENSIONAMENTO DAS ARMADURAS TRANSVERSAIS E VERIFICAÇÃO DAS DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS SEGUNDO O EC2

É necessário perceber se é necessário calcular armaduras, pelo que em primeiro lugar averigua-se a resistência mobilizada pelo elemento sem armaduras, pela seguinte expressão:

$$VRd,c = [CRd,c \times K \times (100 \times \rho_1 \times f_{ck})^{1/3} + K_1 \times \sigma_{cp}] \times b_w \times d \quad (5.11)$$

Com um mínimo de:

$$VRd,c_{\min} = (v_{\min} + k_1 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d \quad (5.12)$$

Em que:

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$;

$$K = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{360}} = 1.75 \leq 2$$

$$\rho_1 = \frac{As_l}{b_w \times d} = \frac{452}{250 \times 360} = 0.005 \leq 0.02$$

As_l – área de armadura de tração prolongada para além da secção considerada;

b_w – menor largura da secção transversal na área tracionada [mm]

σ_{cp} - Tensão na secção devido ao pré-esforço, no presente caso é zero, pois não existe pré-esforço.

$$CRd,c = \frac{0.18}{\gamma} = \frac{0.18}{1.5} = 0.12$$

$$v_{\min} = 0.035 \times k^{3/2} \times f_{ck}^{1/2} = 0.035 \times 1.75^{3/2} \times 30^{1/2} = 0.44$$

Assim, o esforço transversal resistente, fica:

$$VRd,c = [0.12 \times 1.75 \times (100 \times 0.005 \times 30)^{1/3} + 0] \times 250 \times 360 = 4661 \text{ N} = 46.61 \text{ KN}$$

Com um mínimo de:

$$VRd,c = (0.44 + 0) \times 250 \times 360 = 39600 \text{ N} = 39.6 \text{ KN}$$

É necessária armadura de esforço transversal, pois o esforço transversal resistente do elemento sem armadura, VRd,c é menor que o esforço transversal atuante nas vigas, V_{Sd} .

“O cálculo de elementos com armadura de esforço transversal baseia-se num modelo de treliça.” [16] Isto porque as armaduras transversais e as armaduras longitudinais trabalham como tirantes, e o betão comprimido entre fendas com uma resultante comparável a uma escora ou biela comprimida [15] Os valores limites para o ângulo θ das escoras inclinadas são indicados na expressão (5.14).

$$: \quad VRd, \max = \frac{\alpha_{cw} \times bw \times z \times v1 \times f_{cd}}{\cot \theta + \tan \theta} \quad (5.13)$$

Em que:

$\alpha_{cw} = 1.0$ – Para elementos estruturais que apenas contenham armadura longitudinal e transversal

$$v1 = 0.6 \times \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0.6 \times \left[1 - \frac{30}{250} \right] = 0.528$$

$$62.41 = \frac{1.0 \times 0.25 \times 0.324 \times 0.528 \times 20000}{\cot \theta + \frac{1}{\cot \theta}} \Leftrightarrow 13.70 = c + \frac{1}{c} \Leftrightarrow c^2 - 13.70c + 1 = 0 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow c = \frac{13.70 + \sqrt{13.70^2 - 4}}{2} = 13.62$$

Como o Eurocódigo 2 limita o ângulo θ nos seguintes limites:

$$1 \leq \cot \theta \leq 2.5 \quad (5.14)$$

Admitir-se-á $\cot \theta = 2.0$

Dimensionamento de A_{sw}/s , a armadura será constituído por estribos verticais:

$$VRd,s = VSd - VRd,c \quad (5.15)$$

$$VRd,s = 62.41 - 46.61 = 15.8 \text{ KN}$$

$$VRd,s = \frac{A_{sw}}{s} \times z \times f_{yd} \times \cot \theta \Leftrightarrow \quad (5.16)$$

$$\Leftrightarrow 15.8 = \frac{A_{sw}}{s} \times 0.36 \times 435000 \times 2.0 \Leftrightarrow \frac{A_{sw}}{s} = 5.04 \times 10^{-5} \text{ m}^2 / \text{m}$$

Armadura transversal mínima:

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s \times b_w \times \sin \alpha} \geq \rho_{w,\min} = \frac{0.08 \times \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 8.76 \times 10^{-4} \quad (5.17)$$

$$\left(\frac{A_{sw}}{s} \right)_{\min} = 8.76 \times 10^{-4} \times 0.25 = 2.19 \times 10^{-4} \text{ m}^2 / \text{m}$$

Conclui-se que armadura transversal a utilizar será a armadura mínima. No entanto, antes de se avançar com uma armadura definitiva, deve verificar-se em primeiro lugar o espaçamento máximo dos estribos, que é realizado da seguinte maneira:

$$Sl_{\max} = 0.75 \times d \times (1 + \cot \alpha) = 0.75 \times 0.36 = 0.27 \text{ m} \Rightarrow 0.25 \text{ m}$$

Então:

$$\left(\frac{A_{sw}}{s} \right)_{\min} = 2.19 \times 10^{-4} \text{ m}^2 / \text{m} = 2.19 \text{ cm}^2 / \text{m} \Rightarrow \phi 6 // 0.25 (2R)$$

5.3. PILARES

5.3.1. ESFORÇOS

O cálculo dos esforços dos pilares foi conseguido automaticamente pelo programa, já citado anteriormente, Autodesk Robot Structural analysis Professional 2010. As combinações de ações usadas para se conseguir encontrar o conjunto de esforços (FX;MY;MZ) mais gravosos, foram exatamente as mesmas combinações usadas para o dimensionamento das estruturas em alvenaria resistente.

Para o dimensionamento de uma secção à flexão desviada, como é o caso dos pilares em estudo, existe a necessidade de se adotarem conjuntos de esforços de cálculo, que levem à maior quantidade de armadura. [14]

O programa de cálculo automático fornece dois valores do esforço em análise, por tramo e por combinação, por exemplo, para a estrutura B.A.2 tem-se 6 tramos x 2 valores x 7 combinações = 84 conjuntos de valores para análise e dimensionamento.

5.3.1.1. Efeitos de 2ª ordem

Para o caso em estudo admitir-se-á que os pórticos das fachadas em análise farão parte de uma estrutura contraventada. Neste tipo de estruturas (contraventadas) a deformação lateral é limitada pelos elementos de contraventamento, embora a deformação global possa ter significado, a deformação entre pisos pode ser desprezada pelo que os efeitos globais de 2ª ordem podem ser desprezados. Existe apenas a necessidade de considerar os efeitos locais de 2ª ordem para o dimensionamento dos pilares. [17]

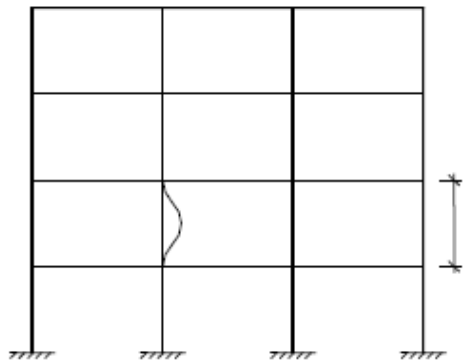


Figura 40 - Estrutura contraventada [17]

Para se proceder ao dimensionamento dos pilares é necessário em primeiro lugar proceder à verificação de emprego dos efeitos de 2ª ordem para o dimensionamento dos pilares

Para dispensar a verificação da segurança à encurvadura é necessário respeitar a seguinte condição:

$$\lambda \leq \lambda_{\text{lim}} \quad (5.18)$$

Quando esta verificação não se verificar, os efeitos de 2ª ordem não podem ser desprezados

O critério de esbelteza limite (λ_{lim}) pode ser calculado da seguinte forma:

$$\lambda_{lim} = 20 \times A \times B \times C / \sqrt{n} \quad (5.19)$$

Em que:

$$A = 1 / (1 + 0.2 \phi_{ef}) \quad (5.20)$$

$$B = \sqrt{1 + 2\omega} \quad (5.21)$$

$$C = 1.7 - rm \quad (5.22)$$

$$\omega = A_s \times f_{yd} / A_c \times f_{cd} \quad (5.23)$$

$$n = N_{ed} / A_c \times f_{cd} \quad (5.24)$$

$$rm = M_{01} / M_{02} \quad (5.25)$$

O coeficiente de esbelteza pode ser calculado da seguinte forma:

$$\lambda = \frac{l_0}{i} \quad (5.26)$$

O parâmetro i , é o raio de giração da secção do pilar, e é igual a:

$$i = \frac{h}{\sqrt{12}} \quad (5.27)$$

Quando a condição da expressão (5.18) não verifica, tem-se que calcular os efeitos de segunda ordem, ou seja, calcular uma excentricidade adicional (e_2) de forma a provocar um momento adicional, que se calcula pela seguinte expressão:

$$M_2 \leq N_{Ed} \times e_2 \quad (5.28)$$

N_{Ed} , é o valor de cálculo do esforço normal.

A excentricidade devido a efeitos de 2ª ordem é calculada pela seguinte expressão:

$$e_2 = \frac{1/r \times l_0^2}{c} \quad (5.29)$$

O parâmetro (c) é o coeficiente que depende da curvatura. Geralmente para uma secção constante utiliza-se $c=10$.

O parâmetro ($1/r$) pode ser calculado pela seguinte expressão:

$$1/r = Kr \times K\phi \times 1/r_0 \quad (5.30)$$

Em que:

$$1/r_0 = \frac{\epsilon_y d}{0.45 \times d} \quad (5.31)$$

Kr é o fator de correção que depende do esforço normal, e pode ser calculado da seguinte maneira:

$$Kr = (n_u - n)/(n_u - n_{bal}) \leq 1 \quad (5.32)$$

Em que (n) pode ser calculado pela , n_{bal} é o valor de n correspondente ao momento resistente máximo. Habitualmente toma-se para o valor de 0.4. O (n_u) e pode ser calculado pela seguinte expressão:

$$n_u = 1 + \omega \quad (5.33)$$

O parâmetro (w) pode ser calculado pela expressão (5. 23) .

$K\phi$, é o k correspondente ao efeito da fluência e pode ser calculado da seguinte maneira:

$$K\phi = 1 + \beta \times \phi_{ef} \quad (5.34)$$

Em que:

ϕ_{ef} é o coeficiente de fluência efetivo

$$\beta = 0.35 + fck/200 - \lambda/150$$

λ é o coeficiente de esbelteza que pode ser calculado pela expressão (5.26). [16]

Segundo o Eurocódigo 2 [16], o efeito da fluência pode ser ignorado, ou seja, $\phi_{ef} = 0$ se forem satisfeitas três condições, e são elas as seguintes:

- $\phi_{(\infty, t_0)} \leq 2$
- $\lambda \leq 75$
- $M_{0Ed}/N_{Ed} \geq h$

Calculados os parâmetros que interessam à expressão (5.29), calculam-se os efeitos de segunda ordem.

5.3.1.2. Imperfeições geométricas

“Os efeitos desfavoráveis de eventuais imperfeições geométricas da estrutura e de desvios na posição das cargas devem ser considerados na análise de elementos e de estruturas.” [16]

As imperfeições geométricas podem ser simuladas admitindo que a estrutura está inclinada de um ângulo θ_i .

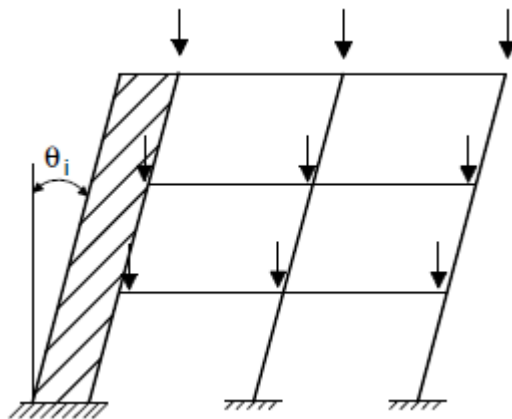


Figura 41 - Imperfeições geométricas [17]

Para a contabilização destas imperfeições, será calculado uma inclinação, θ , que é dada por:

$$\theta = \theta_0 + \alpha_h + \alpha_m \quad (5.35)$$

Em que, θ_0 é o valor básico e tem o valor de 1/200.

α_h é o coeficiente de redução relativo ao comprimento: $\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{l}}$

α_m é o coeficiente de redução relativo ao número de elementos: $\alpha_m = \sqrt{0.5(1 + 1/m)}$

l é a altura em (m)

m é o número de elementos verticais que contribuem para o efeito total. [16]

Para elementos isolados, como no caso em estudo, o efeito das imperfeições poderá ser considerado como uma excentricidade adicional, em que:

$$ei = \theta_i \times l_0 / 2 \quad (5.36)$$

Contudo o Eurocódigo 2 indica, também, que para secções com armaduras simétricas sujeitas a um esforço de compressão deve considerar-se uma excentricidade mínima $e=h/30$, mas não inferior a 20 mm, em que h é a altura da secção.

5.3.1.3. Momento de cálculo final

A localização da secção crítica depende do diagrama de momentos. Nos elementos contraventados, a secção crítica situa-se numa zona intermédia do vão e não nas extremidades, o que revela um certo esforço de cálculo. O Eurocódigo 2 indica uma metodologia para calcular o momento máximo de uma forma simplificada, pela expressão (5.37). O Momento de cálculo final para dimensionamento das armaduras só termina com o somatório do momento provocado pelas ações consideradas: o momento provocado pelas imperfeições geométricas e o momento provocado pela excentricidade adicional, ou seja:

$$MSd \leq M0e + N \times ei + N \times e2 \quad (5.37)$$

Em que:

$$M0e = 0.6M_{02} + 0.4M_{01} \geq 0.4M_{02}$$

$$\text{Com } |M_{02}| \geq |M_{01}|$$

5.3.2. DIMENSIONAMENTO DAS ARMADURAS LONGITUDINAIS E VERIFICAÇÃO DAS DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS SEGUNDO O EC2

5.3.2.1. Dimensionamento das armaduras longitudinais

É grande o número de conjuntos de valores de esforços (84 conjuntos), para dimensionamento das armaduras longitudinais. A verificação de segurança e dimensionamento de armaduras por conjunto de valores feito manualmente seria extremamente morosa. Para o dimensionamento das armaduras dos pilares será usada uma folha de cálculo em Microsoft Excel, de forma a realizar todo o processo de dimensionamento de forma mais rápida e eficaz como mostra a Tabela 13. As tabelas de dimensionamento das armaduras dos pilares para as restantes estruturas em betão armado apresentam-se no Anexo 7.

Para o dimensionamento serão usadas as tabelas e ábacos para o cálculo à rotura de secções de betão solicitadas à flexão e a esforços axiais segundo o Eurocódigo 2. [18] Os dados de entrada para para a formulação das seguintes tabelas são os que resultam das seguintes expressões:

$$\mu_x = \frac{MY}{b \times h^2 \times fcd}; \mu_y = \frac{MZ}{b \times h^2 \times fcd} \quad (5.38)$$

$$\nu = \frac{Nrd}{b \times h \times fcd} \quad (5.39)$$

$$\varpi = \frac{As, tot}{b \times h} \frac{fyd}{fcd} \quad (5.40)$$

Sendo v , μ_x e μ_y , o esforço axial e momento fletor reduzido nas duas direções respetivamente. As tabelas e ábacos são aplicáveis a secções retangulares de quaisquer dimensões e classes de resistência de betões.

Na Tabela 13 mostram-se os resultados referentes á folha de cálculo, que atrás se referiu, para o dimensionamento das armaduras longitudinais para as combinações estudadas e para a estrutura B.A. 2.

Tabela 13 - Dimensionamento da armadura longitudinal dos pilares

Tramo	Secção			Coef. Encurvadura		Secção Crítica	Combinação Condicionante	excentricidades		Esforços Condicionantes			Armadura			
	L (m)	H _x (m)	H _y (m)	λ_x	λ_y			e _x (cm)	e _y (cm)	NSd (KN)	MSd _x (KNm)	MSd _y (KNm)	As _{calc} (cm²)	As _{min} (cm²)	%	Adoptada
1	3	0.25	0.25	41.6	41.6	Sup	C4	2.0	2.0	109.5	16.37	19.27	3.52	3.75	0.7	4 ø 12 + 0 ø 10
						Cri	C6	3.8	3.8	98.2	16.10	10.50	1.95	3.75	0.7	4 ø 12 + 0 ø 10
						Inf	C6	2.0	2.0	98.2	16.10	10.50	1.95	3.75	0.7	4 ø 12 + 0 ø 10
2	3	0.25	0.25	41.6	41.6	Sup	C4	2.0	2.0	50.0	24.05	45.09	12.27	3.75	2.0	4 ø 20 + 0 ø 16
						Cri	C4	3.8	3.8	56.2	20.92	26.59	6.97	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
						Inf	C4	2.0	2.0	56.2	20.92	26.59	6.97	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
3	3	0.25	0.25	41.6	41.6	Sup	C3	2.0	2.0	258.9	9.10	31.48	3.31	3.75	0.7	4 ø 12 + 0 ø 10
						Cri	C5	3.8	3.8	215.2	15.06	15.66	0.70	3.75	0.7	4 ø 12 + 0 ø 10
						Inf	C5	2.0	2.0	215.2	15.06	15.66	0.70	3.75	0.7	4 ø 12 + 0 ø 10
4	3	0.25	0.25	41.6	41.6	Sup	C3	2.0	2.0	128.8	4.51	76.46	17.31	3.75	3.1	4 ø 25 + 0 ø 20
						Cri	C4	3.8	3.8	135.0	4.39	53.53	10.88	3.75	2.0	4 ø 20 + 0 ø 16
						Inf	C4	2.0	2.0	135.0	4.39	53.53	10.88	3.75	2.0	4 ø 20 + 0 ø 16
5	3	0.25	0.25	41.6	41.6	Sup	C3	2.0	2.0	109.5	16.34	19.16	3.49	3.75	0.7	4 ø 12 + 0 ø 10
						Cri	C5	3.8	3.8	98.2	16.02	10.13	1.89	3.75	0.7	4 ø 12 + 0 ø 10
						Inf	C5	2.0	2.0	98.2	16.02	10.13	1.89	3.75	0.7	4 ø 12 + 0 ø 10
6	3	0.25	0.25	41.6	41.6	Sup	C3	2.0	2.0	50.0	24.07	45.11	12.28	3.75	2.0	4 ø 20 + 0 ø 16
						Cri	C3	3.8	3.8	56.2	20.94	26.68	7.00	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
						Inf	C3	2.0	2.0	56.2	20.94	26.68	7.00	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12

A máxima armadura longitudinal, como se pode averiguar pela tabela anterior, serão quatro ferros de vinte e cinco milímetros de diâmetro.

5.3.2.2. Disposições construtivas

Estando dimensionada a armadura longitudinal, falta verificar as disposições construtivas, que são as seguintes:

- diâmetro mínimo;
- verificação da armadura mínima;
- verificação da armadura máxima;
- nos pilares deverá colocar-se pelo menos um varão em cada ângulo;
- os espaçamentos da armadura longitudinal não devem exceder os 30cm;
- em faces com largura ≤ 40 cm basta colocar varões nos cantos.

Segundo o anexo nacional do Eurocódigo 2, o diâmetro do varão longitudinal não deve ser inferior a 10mm.

O valor de armadura mínima varia consoante o tipo de aço utilizado e o esforço axial atuante que pode ser calculada pela seguinte expressão:

$$A_{s, \min} = \frac{0.10 \times N_{sd}}{f_{yd}} \geq 0.002 A_c \quad (5.41)$$

Em que:

f_{yd} - valor de cálculo de cedência das armaduras

N_{sd} - valor de cálculo do esforço normal de compressão

A quantidade de armadura máxima, é dada por:

$$A_{s,máx} = 0.04A_c \quad (\text{Fora das zonas de emendas por sobreposição}) \quad (5.42)$$

$$A_{s,máx} = 0.08A_c \quad (\text{Zonas de emendas por sobreposição}) \quad (5.43)$$

Verifica-se de seguida as disposições construtivas para o caso em estudo:

$$A_{s,min} = \frac{0.10 \times 275.95}{435000} = 0.65 \text{ cm}^2 \leq 1.25 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} = 1.25 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,máx} = 0.04 \times 0.25 \times 0.25 = 0.0025 \text{ m}^2 = 25 \text{ cm}^2$$

A armadura colocada, 4 ϕ 25, perfaz uma área de 19.64cm², superior a $A_{s,min}$ e inferior a $A_{s,máx}$, conclui-se assim que a armadura calculada verifica que todas as exigências impostas pelo EC2 relativamente às disposições construtivas são cumpridas.

5.3.3. DIMENSIONAMENTO DAS ARMADURAS TRANSVERSAIS E VERIFICAÇÃO DAS DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS SEGUNDO O EC2

5.3.3.1. Dimensionamento das armaduras transversais

Dados geométricos:

$$b \times h = 0.25 \times 0.25 \text{ m}$$

$$d = 0.25 - 0.04 = 0.21 \text{ m}$$

Pela expressão(5.11), calcula-se o valor de cálculo do esforço transversal resistente do elemento sem armadura de esforço transversal.

Em que:

$$K = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{210}} = 0.98 \leq 2$$

$$\rho_1 = \frac{Asl}{b_w \times d} = \frac{1964}{250 \times 210} = 0.037 \leq 0.02$$

$$CRd,c = \frac{0.18}{\gamma} = \frac{0.18}{1.5} = 0.12$$

O valor de cálculo do esforço transversal resistente, VRd,c, resultante da expressão fica:

$$VRd,c = [0.12 \times 0.98 \times (100 \times 0.02 \times 30)^{1/3} + 0] \times 250 \times 210 = 24170N = 24.17KN$$

Com um mínimo de

$$v_{\min} = 0.035 \times k^{3/2} \times f_{ck}^{1/2} = 0.035 \times 0.98^{3/2} \times 30^{1/2} = 0.186$$

$$VRd,c_{\min} = (0.187 + 0) \times 250 \times 210 = 9817.5N = 9.8KN \text{ (não é condicionante)}$$

Como $V_{sd,\max} \leq VRd,c$ não tem de se calcular armadura transversal. Calcula-se a armadura mínima:

$$As_{\min} = \frac{0.10NEd}{f_yd} \geq 0.002Ac \quad (5.44)$$

$$As_{\min} = \frac{0.10 \times 275.95}{435000} \geq 0.002 \times 0.25 \times 0.25$$

$$As_{\min} = 6.34 \times 10^{-5} m^2 / m \geq 1.25 \times 10^{-4} m^2 / m$$

5.3.3.2. Verificação das disposições construtivas

Disposições construtivas da armadura transversal em pilares

- Espaçamento máximo das cintas ($S_{cl,\max}$)
 - $S_{cl,\max,t} \leq 15\phi_{l,\min}$ (Anexo nacional)
 - $S_{cl,\max,t} \leq$ menor dimensão do pilar
 - $S_{cl,\max,t} \leq 300$ mm (Anexo nacional)

- Diâmetro mínimo das cintas ($\phi_{\min}$)
 - $\phi_t \geq 6\text{mm}$
 - $\phi_t \geq 1/4\phi_{l_{\max}}$
- “O espaçamento máximo especificado deverá ser reduzido de um factor de 0.6, acima ou abaixo de uma viga, ou de uma laje e nas zonas de emendas por sobreposição” [14];
- “Cada varão longitudinal ou agrupamento de varões colocado num canto deverá ser travado por meio de armaduras transversais. Numa zona de compressão nenhum varão deverá ficar localizado a mais de 150 mm de um varão travado.” [14]

Da análise realizada conclui-se que a armadura transversal a utilizar será $\phi 8/0.25$ (2R).

5.4. TABELAS RESUMO

5.4.1. ARMADURA LONGITUDINAL DAS VIGAS

Para o dimensionamento das armaduras longitudinais das vigas foram usadas as Tabelas e Ábacos [18] que traduzem fielmente o processo de cálculo descrito no ponto 5.2.2. Em que se calcula o momento resistente reduzido, μ , sendo este o dado de entrada nas respetivas tabelas para retirar a percentagem mecânica de armadura, ω , através deste último é possível retirar a área de secção de armadura a ser usada na secção da viga em estudo

$$\mu = \frac{MRd}{b \times d^2 \times fcd} \quad (5.45)$$

$$\omega = \frac{As \times fyd}{b \times d \times fcd} \quad (5.46)$$

O cálculo das secções das armaduras de aço para as vigas das estruturas em estudo está descrito na tabela seguinte.

Tabela 14 - Armadura longitudinal nas vigas

Estrutura	Secção	Msd (KN.m)	μ	ω	$A_{s,calc}$ (cm ²)	Armadura	$A_{s,eff}$ (cm ²)
B.A. 2	S1 - S5	33.75	0.052	0.054	2.23	3 ϕ 12	3.39
	S2 - S4	32.30	0.050	0.052	2.15	2 ϕ 12	2.26
	S3	60.01	0.093	0.098	4.06	4 ϕ 12	4.52
B.A.3	S1 - S5	41.67	0.064	0.066	2.73	3 ϕ 12	3.39
	S2 - S4	32.67	0.050	0.052	2.15	2 ϕ 12	2.26
	S3	61.12	0.094	0.099	4.10	4 ϕ 12	4.52
B.A. 4	S1 - S5	52.25	0.081	0.085	3.52	4 ϕ 12	4.52
	S2 - S4	32.92	0.051	0.053	2.19	3 ϕ 12	3.39
	S3	66.22	0.102	0.108	4.47	4 ϕ 12	5.65
B.A. 5	S1 - S5	65.64	0.101	0.107	4.43	4 ϕ 12	4.52
	S2 - S4	37.51	0.058	0.060	2.48	3 ϕ 12	3.39
	S3	76.19	0.118	0.126	5.21	5 ϕ 12	5.65
B.A.6	S1 - S5	78.29	0.064	0.066	4.10	4 ϕ 12	4.52
	S2 - S4	48.66	0.040	0.041	2.54	3 ϕ 12	3.39
	S3	86.21	0.071	0.074	4.59	5 ϕ 12	5.65

5.4.2. ARMADURA TRANSVERSAL DAS VIGAS

Para proceder ao cálculo das armaduras transversais das vigas (estribos) das estruturas em estudo no presente capítulo, elaborou-se a seguinte tabela que resume todo o processo de cálculo descrito no ponto 5.2.3 e indica os respetivos resultados.

Tabela 15 - Armadura transversal das vigas

Estrutura	Vsd (KN)	VRd,c (KN)	VRd,c _{min} (KN)	VRd,s (KN)	Asw/s (cm ² /m)	(Asw/s) _{min} (cm ² /m)	Armadura
B.A. 2	62.41	36.95	13.98	25.46	0.90	2.19	Φ6//0.25 (2R)
B.A. 3	62.37	36.95	13.98	25.42	0.90	2.19	Φ6//0.25 (2R)
B.A. 4	63.60	42.30	13.98	21.30	0.76	2.19	Φ6//0.25 (2R)
B.A. 5	64.99	42.30	13.98	22.69	0.80	2.19	Φ6//0.25 (2R)
B.A.6	71.74	52.93	13.04	18.81	0.53	2.63	Φ6//0.20 (2R)

5.4.3. ARMADURA LONGITUDINAL DOS PILARES

Apresenta-se de seguida a Tabela 16, onde se indica a armadura longitudinal dimensionada para os pilares das estruturas em betão armados. As tabelas mais completas e indicativas do dimensionamento das armaduras dos pilares encontram-se em Anexo 7.

Tabela 16 - Armaduras longitudinais dos pilares

Estrutura	Armadura		
	Pilar 1	Pilar 2	Pilar3
B.A. 2	4Φ25	4Φ25	4Φ25
B.A. 3	4Φ25	4Φ25	4Φ25
B.A. 4	4Φ25	4Φ25	4Φ25
B.A. 5	4Φ25	4Φ25	4Φ25
B.A. 6	4Φ20	4Φ20	4Φ20

5.4.4. ARMADURA TRANSVERSAL DOS PILARES

Para proceder ao cálculo das armaduras transversais dos pilares (cintas) de todas as estruturas em estudo elaborou-se a seguinte tabela, que resume todo o processo de cálculo descrito no ponto 5.3.3.1 e indica os respetivos resultados.

Tabela 17 - Armadura transversal dos pilares

Estrutura	Vsd (KN)	VRd,c (KN)	VRd,c _{min} (KN)	As,min (cm ² /m)	Armadura
B.A. 2	14.30	48.18	27.95	1.25	Φ8//0.25 (2R)
B.A. 3	14.30	48.18	27.95	1.25	Φ8//0.25 (2R)
B.A. 4	18.34	48.18	27.95	1.25	Φ8//0.25 (2R)
B.A. 5	22.64	48.18	27.95	1.46	Φ8//0.25 (2R)
B.A.6	27.82	51.63	39.41	1.86	Φ8//0.25 (2R)

6

ANÁLISE DE CUSTOS E PRAZOS DAS ESTRUTURAS DE FACHADA EM ALVENARIA RESISTENTE

6.1. INTRODUÇÃO

Após o processo de dimensionamento das estruturas de fachada em alvenaria resistente estar concluído, estão reunidas as condições necessárias para se realizar o estudo do desempenho destas ao nível do custo/prazo de execução. Em primeiro lugar realizou-se o levantamento das medições das quantidades dos materiais necessários à construção das ditas fachadas, para depois se realizar a quantificação dos custos e prazos. As metodologias que se adotaram para concluir acerca destes, encontram-se descritos ao longo do presente capítulo.

6.2. METODOLOGIA DE CÁLCULO DOS CUSTOS

Um ponto inicial e crucial, antes de se começarem a estudar os custos e prazos, é descrever de forma detalhada as características constituintes do elemento em estudo. No caso em estudo as paredes de fachada em alvenaria armada, com armaduras verticais e horizontais, com furos maciçados quando necessário, são constituídas pelas seguintes partes:

- Bloco de betão normal vazado de dimensões 400*200*200 mm de resistência média 4 MPa;
- Assentamento de blocos de betão com argamassa de cimento M-5, com junta de 1 cm de assentamento;
- Colocação de Armaduras Murfor RND.5/Z, diâmetro 5 mm, largura 150 mm em juntas de assentamento;
- Armaduras verticais A500 NR, de vários diâmetros;
- Maciçamento de furos quando necessário;
- Formação de padieiras com blocos lintel 400*200*200 mm, com armadura e maciço de betão.

Para que o presente trabalho possa traduzir com o maior rigor possível o objetivo pretendido, usar-se-á a metodologia vulgarmente usada para a orçamentação dos custos relacionados com uma obra.

A organização de custos na construção civil é habitual dividir-se em três tópicos:

- Custos diretos
- Custos indiretos
- Custos de estaleiro

Os custos diretos são todos os custos diretamente imputáveis às respetivas tarefas, como materiais, mão-de-obra e equipamentos.

Os custos indiretos são todos os custos associados à vida da empresa, como os custos da empresa com a sede, administração, entre outros.

Os custos de estaleiro são custos relacionados com a obra, mas que não podem ser associados às tarefas, tais como eletricidade, água, salários do pessoal da chefia, vedações. [19]

Para a análise dos custos e prazos, usar-se-ão custos diretos, custos indiretos, custos com o estaleiro e rendimentos de mão-de-obra fornecidos por uma grande empresa de construção Portuguesa. Essa empresa tem construído obras em alvenaria armada, não em Portugal, mas sim no estrangeiro, o que possibilitará uma maior confiança e maior credibilidade nos resultados que serão obtidos.

Os custos fornecidos foram os seguintes:

Tabela 18 – Custos diretos para as estruturas de fachada em alvenaria resistente

Artigo	Custo	
Fornecimento e assentamento de Bloco de betão normal vazado 400*200*200, incluindo meios blocos e blocos lintel	17	€/m ²
Fornecimento e Aplicação de Betão C12/15 para maciçamento	59	€/m ³
Fornecimento e aplicação de Betão C30/37 para laje/parede e maciçamento das vigas-lintel	69	€/m ³
Fornecimento e aplicação de cofragem para remate de laje	12	€/m ²
Fornecimento e aplicação de armadura Murfor RND.5/Z de largura 150 mm	1.5	€/m
Aplicação de armaduras A500 NR (corte, dobragem e montagem)	0.17	€/Kg

*Laje parede – Espaço de interceção da laje com a parede, que para efeitos de quantificação de custos da fachada contabilizará como parte integrante da fachada

Tabela 19 - Fornecimento do aço

Fornecimento de aço A500NR (€/Kg)						
Ø6	Ø8	Ø10	Ø12	Ø16	Ø20	Ø25
0.85	0.83	0.8	0.78	0.77	0.77	0.79

Os custos indiretos e de estaleiro são definidos adicionando 7% e 15%, respetivamente, aos custos diretos de cada artigo, quando já estão multiplicados pela respetiva quantidade.

6.3. MEDIÇÕES

Para a medição das quantidades dos materiais foram tidas como base as regras geralmente usadas na construção civil; no presente caso, as regras de medição expostas por M. Santos Fonseca (2005) [20]

Indicam-se na Tabela 20 o resumo das medições para as estruturas em alvenaria resistente, para uma análise mais detalhada sugere-se a consulta do Anexo 9, onde se encontram as tabelas realizadas para quantificar os materiais.

Tabela 20 - Resumo de medições para as estruturas de alvenaria resistente

Nº de Pisos	Uni. Alvenaria [m ²]	Betão C12/15 [m ³]	Betão C30/37 [m ³]	Cofragens [m ²]	Armaduras Horizontais [m]	Armaduras Verticais [kg]
2 Pisos	44	2.1	0.8	4.0	144	136
3 Pisos	66	3.9	1.2	6.0	216	203
4 Pisos	88	5.8	1.6	8.0	288	271
5 Pisos	110	7.2	2.0	10.0	360	365
6 Pisos	132	9.0	2.4	12.0	432	504

Com o intuito de verificar a evolução das quantidades dos materiais por piso, transformaram-se os dados da tabela anterior em consumos específicos (por piso). Desta forma é de fácil perceção se o acréscimo de pisos acarreta maiores ou menores quantidades de matérias-primas.

Tabela 21 – Quantidades de materiais por piso para as estruturas de alvenaria resistente

Nº de Pisos	Uni. Alvenaria [m ² /Piso]	Betão C12/15 [m ³ /Piso]	Betão C30/37 [m ³ /Piso]	Cofragens [m ² /Piso]	Armaduras Horizontais [m/Piso]	Armaduras Verticais [kg/Piso]
2 Pisos	22	1.0	0.4	2.0	72	68
3 Pisos	22	1.3	0.4	2.0	72	68
4 Pisos	22	1.4	0.4	2.0	72	68
5 Pisos	22	1.4	0.4	2.0	72	73
6 Pisos	22	1.5	0.4	2.0	72	84

Da análise da tabela anterior verifica-se que o consumo dos materiais na sua maioria mantêm-se constantes à medida que se aumentam os pisos, exceto o betão e o aço. Estes variam consoante as tensões atuantes em cada parede como se explica o ponto 4.4.3. Verifica-se que o consumo de armaduras verticais é constante até à estrutura de quatro pisos, deixando de ser constante na passagem da estrutura de quatro para cinco pisos até à de seis. Nestas passagens dá-se um crescimento desproporcional nas quantidades de aço por piso. Este acontecimento justifica-se pelo facto das tensões atuantes nas paredes começarem a ser maiores que as tensões resistentes da alvenaria maciçada com armadura mínima, começando a ser necessário o cálculo das armaduras necessárias para o equilíbrio dos esforços.

A título de exemplo, para o caso de estudo com seis pisos, apresenta-se na figura seguinte dois esquemas com a variação do consumo do betão e do aço respetivamente.

Quantidade de betão C12/15 [m ³]					
Piso 6 -->	0.24	0.04	0.42	0.04	0.24
Piso 5 -->	0.24	0.04	0.42	0.04	0.24
Piso 4 -->	0.24	0.04	0.42	0.04	0.24
Piso 3 -->	0.42	0.04	0.42	0.04	0.42
Piso 2 -->	0.42	0.04	0.85	0.04	0.42
Piso 1 -->	0.42	0.04	0.85	0.04	0.42
	Parede 1 -->	Parede 2 -->	Parede 3 -->	Parede 4 -->	Parede 5 -->

Quantidade Armadura [kg]					
Piso 6 -->	14.9	5.5	26.9	5.5	14.9
Piso 5 -->	14.9	5.5	26.9	5.5	14.9
Piso 4 -->	14.9	5.5	26.9	5.5	14.9
Piso 3 -->	14.9	5.5	26.9	5.5	14.9
Piso 2 -->	14.9	5.5	38.8	5.5	14.9
Piso 1 -->	38.8	5.5	63.9	5.5	38.8
	Parede 1 -->	Parede 2 -->	Parede 3 -->	Parede 4 -->	Parede 5 -->

Figura 42 - Variação do consumo de betão e de armaduras na estrutura de seis pisos

Como se pode averiguar pela análise da figura, confirmam-se os resultados apresentados na tabela anterior, ou seja, existe uma variação dos consumos do betão ao longo dos pisos. Por exemplo para a parede 3, o consumo de betão do 1º e 2º piso é superior ao do 3º ao 6º piso. Esta diferença deve-se ao decréscimo das cargas axiais que influenciam diretamente as tensões atuantes pelo que a solução das paredes evoluem no sentido de se reforçarem cada vez menos. Nos últimos pisos, o facto das tensões resultantes serem abaixo de 1.1 MPa ditam apenas o maciçamento nos furos onde se colocam os varões de aço necessários para perfazer a armadura mínima, que no presente caso influencia o maciçamento de apenas 50% da parede. Nos restantes pisos (1º e 2º), como as tensões que se verificam são acima de 1.1 MPa, implicam o maciçamento total das paredes.

Tal como no betão, pelo mesmo motivo, também no aço existe variação do consumo à medida que se avança para os pisos superiores. No 1º e 2º piso, verifica-se uma diminuição gradual das armaduras decorrentes da diminuição das tensões atuantes. Do 3º ao 6º piso apenas é necessário armadura mínima.

A análise do consumo de aço para armaduras verticais e de betão nas paredes das restantes estruturas de alvenaria resistente pode ser visualizada de forma mais perceptiva nas imagens do Anexo 10

6.4 CUSTOS

Com base nos preços diretos indicados na Tabela 18, nas quantidades indicadas na Tabela 20, considerando as percentagens relativas aos custos de estaleiro e custos indiretos, efetuou-se o cálculo do custo global de cada estrutura de fachada em alvenaria resistente, tal como se mostra na tabela seguinte.

Tabela 22 – Custo em euros das componentes das estruturas em alvenaria resistente

Pisos	Uni. Alvenaria	Betão	Cofragens	Armaduras	Custos de estaleiro	Custos Indiretos	€ Total
2	748	167	48	347	196	92	1598
3	1122	292	72	521	301	140	2448
4	1496	406	96	694	404	188	3284
5	1870	495	120	875	504	235	4099
6	2244	609	144	1065	609	284	4955

Com base na tabela anterior transformou-se o custo global de cada estrutura em custo global por piso. Estes custos por piso servirão como indicador de comparação entre as duas soluções no final do presente trabalho.

Tabela 23 - Custo em euros/piso das componentes das estruturas em alvenaria resistente

Pisos	Uni. Alvenaria	Betão	Cofragens	Armaduras	Custos de estaleiro	Custos Indiretos	€ Total/Piso
2	374	83	24	174	98	46	799
3	374	97	24	174	100	47	816
4	374	101	24	174	101	47	821
5	374	99	24	175	101	47	820
6	374	101	24	177	102	47	826

De forma análoga à análise elaborada acerca da Tabela 21 retiram-se as mesmas conclusões acerca das variações de custo por piso apresentadas na tabela anterior.

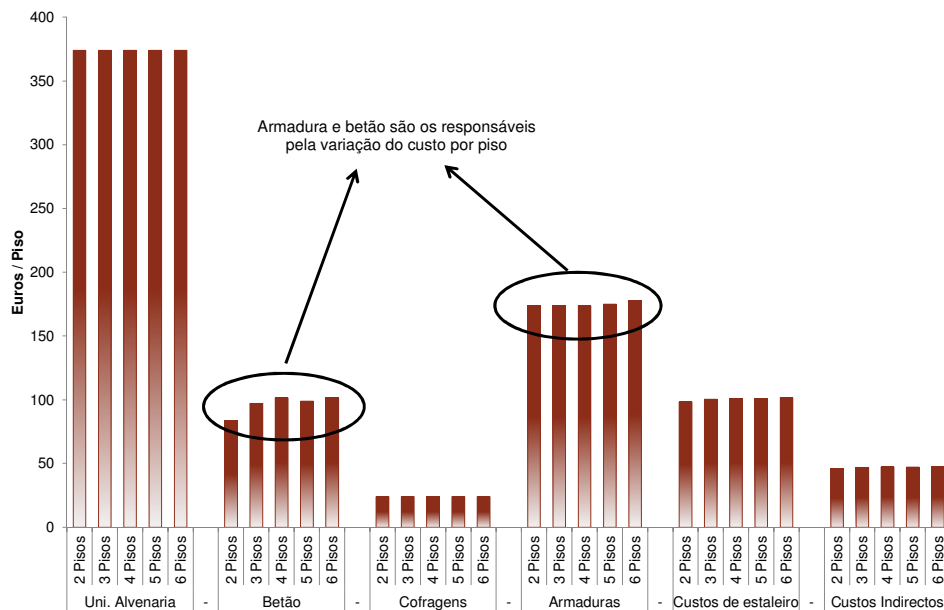
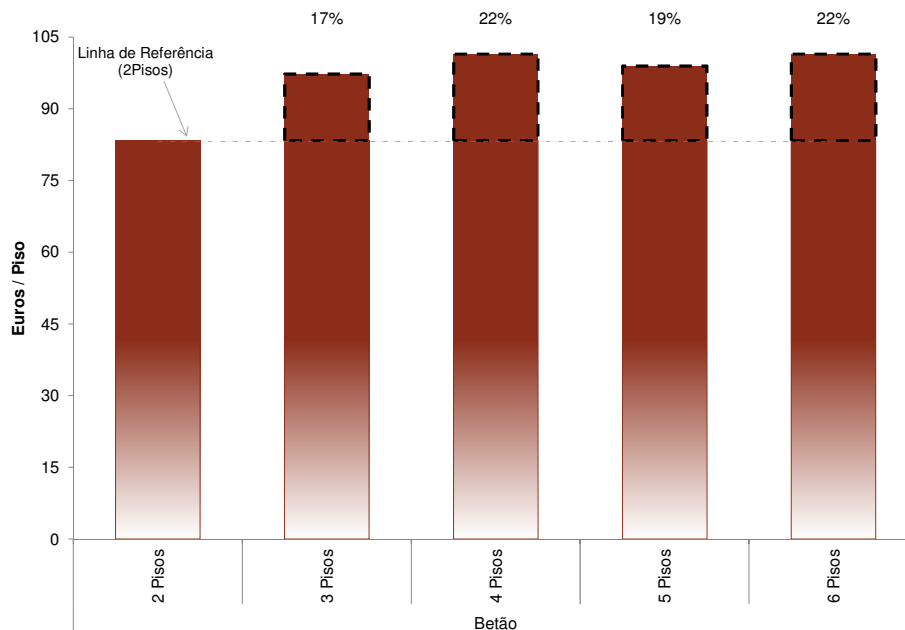


Figura 43 - Custos por piso da construção em alvenaria resistente

Como se pode verificar pela análise das tabelas anteriores e tal como descrito aquando da exposição das quantidades, apenas o betão e armadura variam em função do nº de pisos construídos

Para perceber melhor o impacto do custo do betão e armaduras, apresenta-se a figura seguinte que ilustra a variação global e percentual dos custos tomando como referência o valor da construção por dois pisos.



Verifica-se que na passagem de construções de dois para três pisos existe uma variação significativa, ou seja, um aumento de 17 % face à de dois pisos. Para as restantes estruturas, embora a magnitude do valor seja superior, o incremento por piso é significativamente inferior. Note-se, por exemplo, que a passagem de três para quatro pisos induz um incremento de apenas 5%.

Por forma a perceber melhor o peso relativo dos custos de cada componente, representa-se na figura seguinte o peso percentual de cada um. Este gráfico foi concebido para o custo médio da construção por piso.

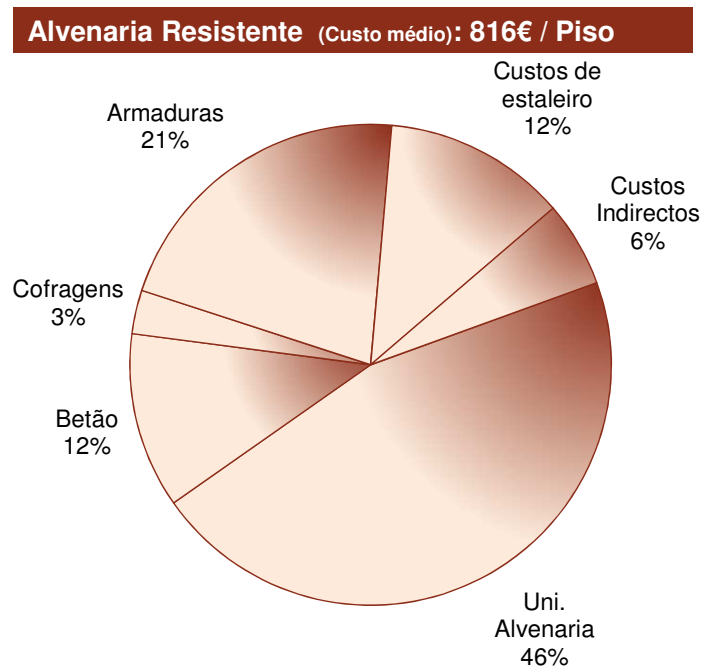


Figura 44 – Distribuição média dos custos/piso das estruturas em alvenaria resistente

Da análise da Figura 44 constata-se a enorme influência do custo de fornecimento e assentamento das unidades de alvenaria (Blocos de betão) no custo global das estruturas, enquanto que a componente de fornecimento e aplicação de cofragens tem pouca relevância na construção em alvenaria resistente.

Por último, apresenta-se na figura que se segue a evolução dos custos específicos por piso para todas as estruturas estudadas.

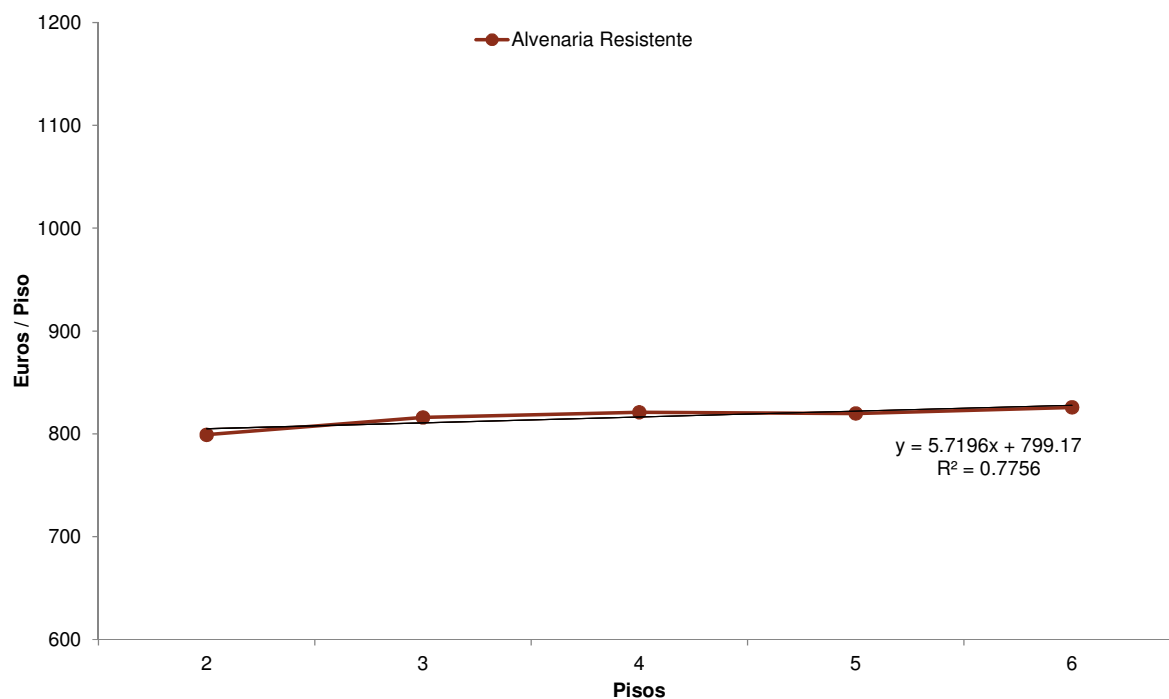


Figura 45 -Desenvolvimento dos custos das estruturas de fachada em alvenaria armada

Em jeito de conclusão, com base na figura atrás verifica-se que existe um ligeiro aumento do custo específico por piso à medida que se aumentam o número de pisos em estudo. Este aumento deve-se ao incremento do consumo específico por piso do betão e das armaduras.

6.5. PRAZOS DE EXECUÇÃO

Para estimar o prazo de execução, é necessário estruturar um plano de atividades para posteriormente indexá-las ao calendário. Essencialmente, o cálculo faz-se descompondo a obra em atividades ou tarefas elementares, e situar no calendário a data de início e de conclusão de cada uma dessas tarefas. O raciocínio a realizar é exatamente o que se tenta ilustrar na Figura 46. Em primeiro lugar, é necessário listar as tarefas necessárias à concretização da obra, para depois calcular a duração dessas mesmas tarefas e posteriormente estudar o seu encadeamento, isto é, estudar quais as tarefas que podem ser realizadas num determinado momento, e quais as tarefas que só podem avançar quando determinada tarefa estiver concluída. Após este estudo as tarefas serão indexadas ao calendário. [19]

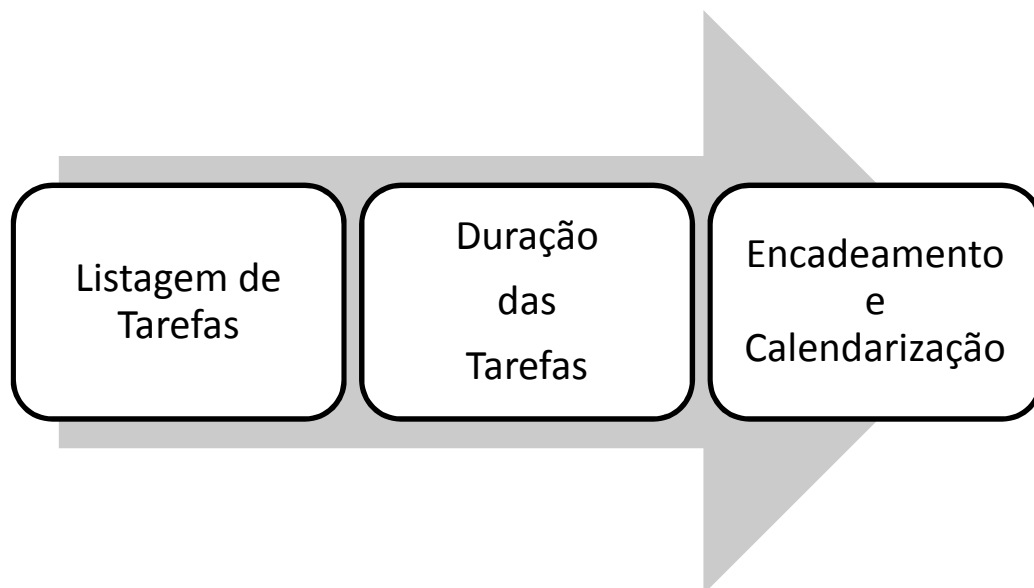


Figura 46 - Estudo do prazo de execução

6.5.1. LISTAGEM DE TAREFAS

A listagem das tarefas é, basicamente, definir as tarefas necessárias à realização de um fim. Esta deve ser simples e juntar todas as atividades que possam ser consideradas organicamente semelhantes. [19]

Para o caso em estudo, o desenvolvimento da construção da fachada do rés-do-chão para o primeiro andar estará pendente da construção da laje. Então, todas as tarefas referentes à construção da laje terão de ser incluídas na listagem das tarefas a serem concretizadas para a execução da fachada.

As tarefas para execução de um piso da fachada em alvenaria armada são as seguintes:

- Construção das paredes em alvenaria armada, tarefa essa que inclui o assentamento dos blocos, a preparação e colocação das armaduras horizontais e verticais, maciçamento, armação e betonagem de vigas lintel;
- Cofragem e escoramento para a laje;
- Corte, dobragem e montagem de armaduras na laje;
- Betonagem da laje;
- Remoção de escoramento e descofragem da laje.

6.5.2. DURAÇÃO DAS TAREFAS

Em obras da construção civil é normal organizar a mão-de-obra em equipas formadas por oficiais e serventes.

O cálculo da duração das tarefas é normalmente realizado com recurso a rendimentos de mão-de-obra. Estes rendimentos são geralmente calculados no seio das empresas de construção civil medindo os rendimentos da sua própria mão-de-obra. No presente trabalho para estimar a duração da construção das fachadas em alvenaria armada foram consultados os rendimentos no livro “Informação sobre custos” de A. Costa Fonseca et al, 2004. No entanto, nem todos os dados necessários se conseguiram no livro citado. O rendimento de mão-de-obra para a construção de paredes em alvenaria armada foi fornecido por uma grande empresa do setor da construção civil e obras públicas Portuguesa. Os rendimentos a serem utilizados estão indicados na seguinte tabela.

Tabela 24 - Rendimentos de mão-de-obra

Tarefa	Rendimentos	
Construção de paredes em alvenaria armada	0.85	h.eq/m ²
Cofragem mais escoramento para as lajes	1.06	h.eq/m ²
Corte, dobragem e montagem de armaduras para laje	0.030	h.eq/Kg
Betonagem da laje	1.9	h.eq/m ³
Remoção de escoramento e descofragem da laje	0.125	h.eq/m ²

Será calculada a duração das tarefas da seguinte forma:

$$D = Q \times Re \ q \quad (6. 1)$$

Em que:

D – duração

Q – Quantidade

Req – rendimento da equipa que realiza a tarefa [19]

Repare-se que o rendimento da tarefa “preparação e montagem de armadura para laje” está em horas por quilograma de armadura. Como as lajes não serão dimensionadas neste trabalho, foi admitida uma taxa de armadura por m², que será exatamente a mesma percentagem de armadura para os dois processos de construção em estudo, com o objetivo de tornar os resultados credíveis para comparação final. Portanto a taxa de armadura será de 110 Kg/m³. [21] Portanto:

$$Q_{armadura} = 110 \times (0.20 \times 5 \times 10) = 1100 Kg$$

Com os rendimentos e quantidades definidas calculam-se as durações de cada tarefa na Tabela 25, indicando-se apenas as durações para a realização de um piso das estruturas em alvenaria armada.

As durações calculadas na seguinte tabela serão as durações usadas para estimar a duração de todas as estruturas de fachada em alvenaria armada em estudo.

Tabela 25 - Duração das tarefas

Tarefa	Rendimentos		Quantidade		Duração	
Construção de paredes em alvenaria armada	0.85	h.eq/m ²	22	m ²	18.7	h
Cofragem mais escoramento para laje	1.06	h.eq/m ²	45	m ²	47.7	h
Corte, dobragem e montagem de armaduras na laje	0.030	h.eq/Kg	1100	Kg	33	h
Betonagem da laje	1.9	h.eq/m ³	10	m ³	19	h
Remoção do escoramento e descofragem da laje	0.125	h.eq/m ²	45	m ²	5.625	h

6.5.3. ENCADEAMENTO E CALENDARIZAÇÃO DAS TAREFAS

6.5.3.1. Encadeamento das tarefas

Todas as tarefas têm um tipo de ligação entre si e essas ligações podem ser de três tipos de caráter:

- Segurança;
- Programáticas;
- Meios.

No presente estudo só serão consideradas as duas primeiras, pois admitir-se-á a existência dos meios necessários e em quantidade suficiente para levar a construção do início ao fim, sem ser necessário recorrer a uma estratégia de “caráter rotativo” de equipamentos.

No presente trabalho, como é usual na prática corrente da construção, prevê-se a impossibilidade de movimentação de pessoas ou materiais por cima da laje imediatamente após a betonagem. Esta impossibilidade é tida em conta deixando um intervalo de tempo de um dia entre a tarefa “betonagem da laje” e construção da parede em alvenaria armada do piso imediatamente a seguir. Assim, como não é possível retirar o escoramento e a cofragem da laje imediatamente após a betonagem, é necessário deixar o betão ganhar as condições de rigidez necessárias para que isso aconteça. Esta impossibilidade foi tomada em conta na calendarização das tarefas e da seguinte maneira, só se dará início à “remoção do escoramento e descofragem da laje” após um período de vinte e um dias após ter sido feita a betonagem.

A nível programático, existem tarefas com precedências de outras, quer isto dizer que existem tarefas em que não é possível avançar-se sem outras estarem concluídas. Por exemplo, não é necessário avançar com a betonagem de uma laje sem primeiro estarem concluídas as tarefas referentes à realização de escoramento, cofragens e colocação das armaduras na laje.

6.5.3.2. Calendarização das tarefas

Importa agora definir o plano de trabalhos, ou seja, criar a indexação das tarefas ao calendário. Com o auxílio do programa informático Microsoft Project 2010, elaboraram-se gráficos de Gantt para todas as estruturas em estudo (ver Anexo 12). Para a elaboração dos gráficos de Gantt, simulou-se que a construção de todas as estruturas se iniciaria a 19/06/2012 e que a mão-de-obra trabalhará oito horas por dia.

Nas figuras seguintes indicam-se os dados inseridos e os dados fornecidos pelo Microsoft Project para a simulação dos prazos de execução da estrutura “A.R. 2” por forma a exemplificar e explicar o processo de determinação dos prazos de execução para todas as estruturas.

Tabela 26 - Mapa de tarefas

ID	Nome da Tarefa	Duração	Início	Conclusão	Predecessoras
1	Prazo de conclusão da estrutura de fachada "Alvenaria 2-5-5"	46.35 dias	Ter 19-06-12	Qua 22-08-12	
2	Paredes em alvenaria armada (Rês-do-Chão)	18.7 hrs	Ter 19-06-12	Qui 21-06-12	
3	Cofragem mais escoramento para a laje (1º Pavimento)	47.7 hrs	Qui 21-06-12	Sex 29-06-12	2
4	Armaduras (corte, dobragem e montagem) (1º Pavimento)	33 hrs	Sex 29-06-12	Qui 05-07-12	3
5	Betonagem da laje (1º Pavimento)	19 hrs	Qui 05-07-12	Seg 09-07-12	4
6	Tempo de espera até descofragem (1º Pavimento)	504 hrs	Seg 09-07-12	Seg 30-07-12	5
7	Paredes em alvenaria armada (1º Piso)	18.7 hrs	Ter 10-07-12	Sex 13-07-12	5Cl+1 dia
8	Cofragem mais escoramento para a laje (2º Pavimento)	47.7 hrs	Sex 13-07-12	Seg 23-07-12	7
9	Armaduras (corte, dobragem e montagem) (2º Pavimento)	33 hrs	Seg 23-07-12	Sex 27-07-12	8
10	Betonagem da laje (2º Pavimento)	19 hrs	Sex 27-07-12	Ter 31-07-12	9
11	Tempo de espera até descofragem (2º Pavimento)	504 hrs	Ter 31-07-12	Ter 21-08-12	10
12	Remoção de escoramento e descofragem da laje (1º Pavimento)	5.63 hrs	Seg 30-07-12	Ter 31-07-12	6
13	Remoção de escoramento e descofragem da laje (2º Pavimento)	5.63 hrs	Ter 21-08-12	Qua 22-08-12	11

Na primeira coluna da Tabela 26 indica-se o número de identificação de cada uma das tarefas; na segunda coluna o nome das tarefas; na terceira e na quarta a data de início e de conclusão respetivamente; na quinta coluna mostra-se as tarefas predecessoras.

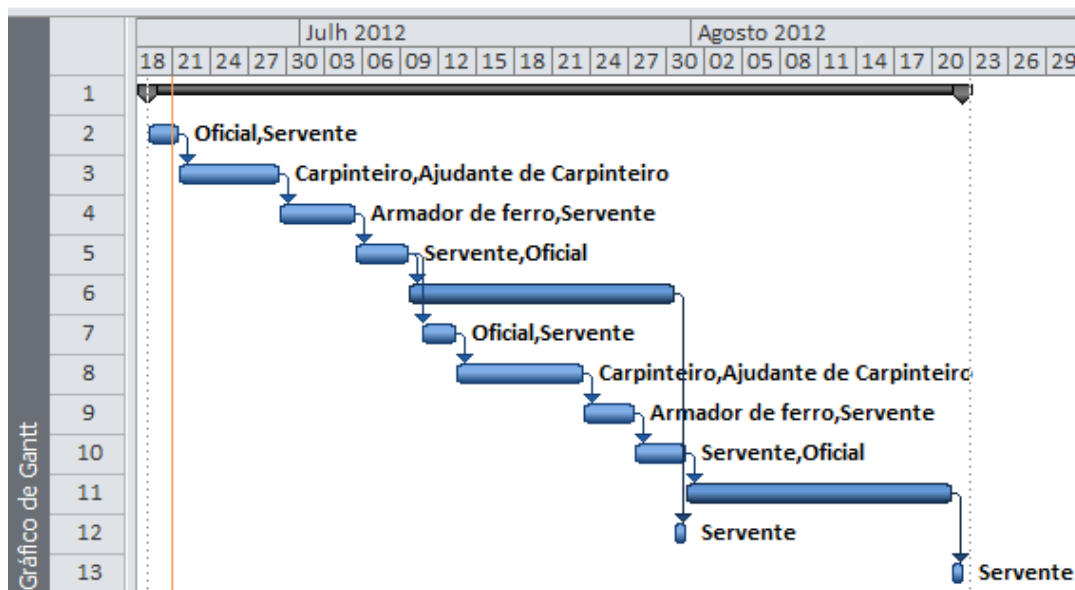


Figura 47 - Gráfico de Gantt da estrutura de "A.R. 2"

Na Figura 47, à frente das barras representativas da calendarização das tarefas, indicam-se os recursos humanos programados para a execução dessas tarefas.

A ligação entre a Tabela 26 e Figura 47, faz-se pelo número de identificação da tarefa, ou seja, a primeira coluna. Exemplificando, a segunda barra ilustrada na Figura 47 a contar de cima para baixo, faz referência á tarefa “Paredes em alvenaria armada”.

A tarefa 6, indicada na Tabela 26 como “Tempo de espera até descofragem”, indica o período de tempo que se terá de manter o escoramento e as cofragens das lajes. Este período é o necessário para que o betão dos elementos estruturais ganhe rigidez suficiente para que a dispersão das cargas se comece a dar-se por eles, e assim se possa garantir a segurança na altura da descofragem.

Na tarefa 7 “Paredes em alvenaria armada “ indica-se na coluna relativamente às tarefas predecessoras, a precedência da tarefa 5 “Betonagem da laje” com um desfasamento de um dia. Este desfasamento de mais um dia é devido aos motivos já explicados anteriormente - a movimentação de pessoas e materiais é impossível imediatamente a seguir à betonagem da laje, pelo que a construção das paredes em alvenaria armada só se poderá dar no dia seguinte à betonagem.

Depois de realizado o mapa de tarefas, o encadeamento e a calendarização, é fácil concluir o prazo de execução. No caso da estrutura “A.R. 2” o prazo de execução é de 46.35 dias, a começar dia 19 de Junho e a terminar dia 22 de Agosto.

Foi executado o mesmo processo até agora explicado para as restantes estruturas, os respetivos Mapas de tarefas e diagramas de Gantt mostram-se no Anexo 12.

6.5.4. CONCLUSÃO EM RELAÇÃO AOS PRAZOS DE EXECUÇÃO

Pela análise dos mapas de tarefas e gráficos de Gantt anunciados atrás, verifica-se que a construção de mais um piso leva ao aumento do prazo de execução em 16 dias. Portanto, os prazos de execução das restantes estruturas são os que se indicam na tabela seguinte.

Tabela 27 - Prazos de execução (Dias)

Nº de Piso	Alvenaria Resistente	
	Prazo de execução	Prazo de exec. médio por piso
2 Pisos	46	23
3 Pisos	62	21
4 Pisos	78	19
5 Pisos	94	19
6 Pisos	109	18

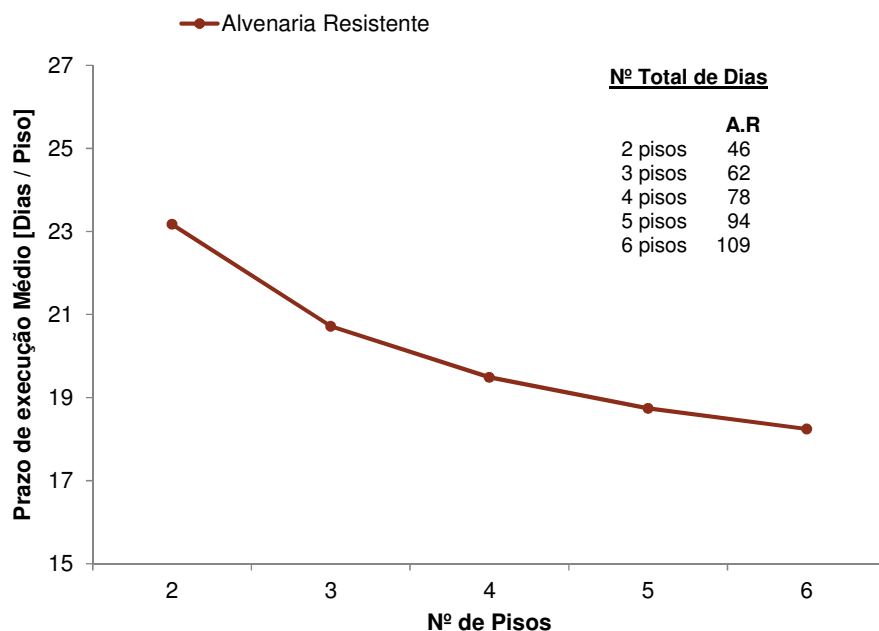


Figura 48 – Desenvolvimento dos prazos de execução das estruturas de fachada em alvenaria armada

Como era de esperar, o número de dias de execução aumenta à medida que se incrementam o número de pisos às estruturas em análise. No entanto, pela análise do gráfico anterior, conclui-se que o prazo de execução médio, em dias por piso, diminui com o aumento pisos. Este acontecimento justifica-se pelo facto de à medida que avança na construção existirem tarefas que decorrem em paralelo de outras. Neste caso, quando ainda se está em período de espera para se poder realizar a descofragem de um piso já decorre a execução das paredes de alvenaria resistente do piso superior.

Uma forma de se poder melhorar os prazos de execução para estruturas em alvenaria armada é prever a execução das paredes com recurso a andaimes e assim, poder construir as paredes pelo lado exterior da obra. Aquando desta tarefa, poderiam haver outros operários a montar o escoramento e cofragem das lajes.

7

ANÁLISE DE CUSTOS E PRAZOS DAS ESTRUTURAS DE FACHADA PORTICADAS EM BETÃO ARMADO

7.1. INTRODUÇÃO

O processo de cálculo de custos e prazos para as estruturas de betão armado será realizado, exatamente da mesma forma que o cálculo dos custos e prazos já calculados no capítulo 6, para estruturas de alvenaria resistente, para que os dados resultantes possam ser comparados.

À semelhança do que aconteceu no capítulo anterior, também no presente capítulo, antes de se iniciar o processo de medições e contabilização de custos, será descrito de forma detalhada, as partes constituintes das estruturas em estudo: estruturas de fachada porticadas em betão armado preenchidas por alvenaria simples. E são as seguintes partes:

- Execução de pilares de secção quadrada de betão armado, betão C30/37 e aço A500 NR;
- Execução de vigas de secção retangular de betão armado, betão C30/37 e aço A500 NR;
- Execução de pano exterior de fachada, de 22 cm de espessura de Alvenaria, de tijolo cerâmico, 30*20*22 cm, assente com argamassa M5, com formação de padieiras em alvenaria com armadura de aço nervurado.

Tal como aconteceu para as estruturas em alvenaria armada, os custos para as estruturas porticadas em betão armado, foram também fornecidos pela mesma empresa que se falou no capítulo 6, os custos fornecidos foram os que se indicam na seguinte tabela.

Tabela 28 - Custos fornecidos para as estruturas de fachada em pórtico de betão armado

Artigo	Custo Uni.	
Fornecimento e aplicação de betão C30/37	69	€/m ³
Fornecimento e execução de cofragem em pilares quadrados, e descofragem	12	€/m ²
Fornecimento e execução de cofragem em vigas, e descofragem	12	€/m ²
Armaduras (corte, dobragem e montagem)	0.17	€/Kg
Fornecimento e aplicação de alvenarias em tijolo furado horizontalmente 30*20*22	12	€/m ²

E ainda:

Tabela 29 - Custo de fornecimento do aço

Fornecimento de aço A500NR (€/Kg)						
Ø6	Ø8	Ø10	Ø12	Ø16	Ø20	Ø25
0.85	0.83	0.8	0.78	0.77	0.77	0.79

7.2. REGRAS DE MEDIÇÕES

Nos subtítulos posteriores serão explicadas as regras aplicadas para determinar essas medições. Regras essas que são as regras vulgarmente usadas entre os profissionais da construção civil em Portugal.

7.2.1. BETÃO

As medidas usadas para o cálculo das medições do betão são as dimensões obtidas das formas geométricas das secções dos elementos estruturais em estudo.

A medição do betão, no presente trabalho, será separado em rubricas próprias, como as seguintes:

- Betão em pilares
- Betão em vigas
- Betão em lajes

Isto porque as condições de execução dos trabalhos de betão variam, consoante o elemento estrutural a betonar.

7.2.1.1. Betão em Pilares

A medição será realizada em m³.

A determinação das medidas para o cálculo das medições terá de respeitar a seguinte regra: as alturas serão delimitadas entre as faces superiores das lajes ou vigas de betão.

7.2.1.2. Betão em vigas

A medição será realizada em m³.

A determinação das medidas para o cálculo das medições terá de respeitar a seguinte regra: os comprimentos das vigas serão determinados pela interceção de pilares, os comprimentos serão contabilizados a partir da face dos pilares. [20]

7.2.2. COFRAGENS

Os elementos de construção a ter em conta, nas medições de armaduras, serão os mesmos que foram indicados para o betão.

As medições das cofragens serão realizadas em m² [20]

7.2.3. ARMADURAS

Tal como nas cofragens, os elementos de construção a considerar em cada projeto, nas medições das armaduras, serão os mesmos que foram indicados nas medições do betão. [20]

7.2.4. ALVENARIA SIMPLES

A medição será realizada em m².

A determinação das medidas, respeitará as seguintes regras:

- Os comprimentos serão determinados segundo as formas geométricas da parede;
- As medidas serão determinadas entre as faces dos pilares e das vigas;
- Serão deduzidas todas as aberturas com área superior a 0.50m². [20]

7.3. MEDIÇÕES

As medições relativas às estruturas em betão armado encontram-se no Anexo 11. Apresenta-se a seguir a Tabela 30, onde se indicam as quantidades resultantes das medições para cada estrutura segundo as suas componentes.

Tabela 30 - Resumo das medições das estruturas de betão armado

Nº de Pisos	Uni. Alvenaria [m ²]	Betão C30/37 [m ³]	Cofragens [m ²]	Armaduras [kg]
2 Pisos	36	3	33	480
3 Pisos	54	4	50	720
4 Pisos	72	6	66	1006
5 Pisos	90	7	83	1268
6 Pisos	103	13	123	1191

Com base na tabela anterior transformou-se o custo global de cada estrutura em custo global por piso. Estes custos por piso servirão como indicador de comparação entre as duas soluções no final do presente trabalho.

Tabela 31 - Quantidades por piso nas estruturas de betão armado

Nº de Pisos	Alvenaria [m ² /Piso]	Betão C30/37 [m ³ /Piso]	Cofragens [m ² /Piso]	Armaduras [kg/Piso]
2 Pisos	18	1.5	17	240
3 Pisos	18	1.5	17	240
4 Pisos	18	1.5	17	251
5 Pisos	18	1.5	17	254
6 Pisos	17	2.2	20	198

Da análise da tabela anterior, verifica-se que as quantidades de materiais mantêm-se constantes, à exceção das armaduras, até à estrutura com cinco pisos. A partir desta, verifica-se que as quantidades de materiais deixam de ser constantes, este acontecimento justifica-se pelo facto de ter sido necessário aumentar a secção dos elementos estruturais, o que leva diretamente ao aumento das quantidades de betão e cofragens e ao decréscimo da área de alvenaria. A diminuição das quantidades de armadura justifica-se pelo aumento que foi necessário realizar para os elementos estruturais para as estruturas de seis pisos (0.3*0.3).

7.4. CUSTOS

Como os custos e quantidades de cada material definidos, pode-se avançar para o cálculo global das estruturas. Para melhor visualização do comportamento dos custos, das respetivas componentes das estruturas de fachada, elaborou-se a Tabela 32, onde se indicam todos os custos de cada uma das estruturas em estudo.

Tabela 32 – Custo em euros das componentes das estruturas em betão armado

Nº de Pisos	Uni. Alvenaria	Betão C30/37	Cofragens	Armaduras	Custos Estaleiro	Custos Indiretos	€ _{Total}
2 Pisos	433	205	396	462	225	105	1826
3 Pisos	650	308	594	693	337	157	2739
4 Pisos	866	411	793	968	456	213	3705
5 Pisos	1083	513	991	1220	571	266	4645
6 Pisos	1233	910	1476	1135	713	333	5800

Com o objetivo de ter uma melhor perceção da evolução dos custos por piso elaborou-se a seguinte tabela.

Tabela 33 - Custo em euros/piso das componentes das estruturas em betão armado

Nº de Pisos	Uni. Alvenaria	Betão C30/37	Cofragens	Armaduras	Custos Estaleiro	Custos Indiretos	€ _{Total/Piso}
2 Pisos	217	103	198	230	112	52	912
3 Pisos	217	103	198	230	112	52	912
4 Pisos	217	103	198	241	114	53	926
5 Pisos	217	103	198	241	114	53	925
6 Pisos	206	152	246	191	119	56	968

A evolução dos custos por piso prende-se aos motivos já explicados para a evolução das quantidades de materiais por piso apresentados na análise da Tabela 31.

As evoluções das componentes das estruturas em betão armado apresentam-se de forma gráfica na seguinte figura para mais fácil perceção do que até agora foi dito.

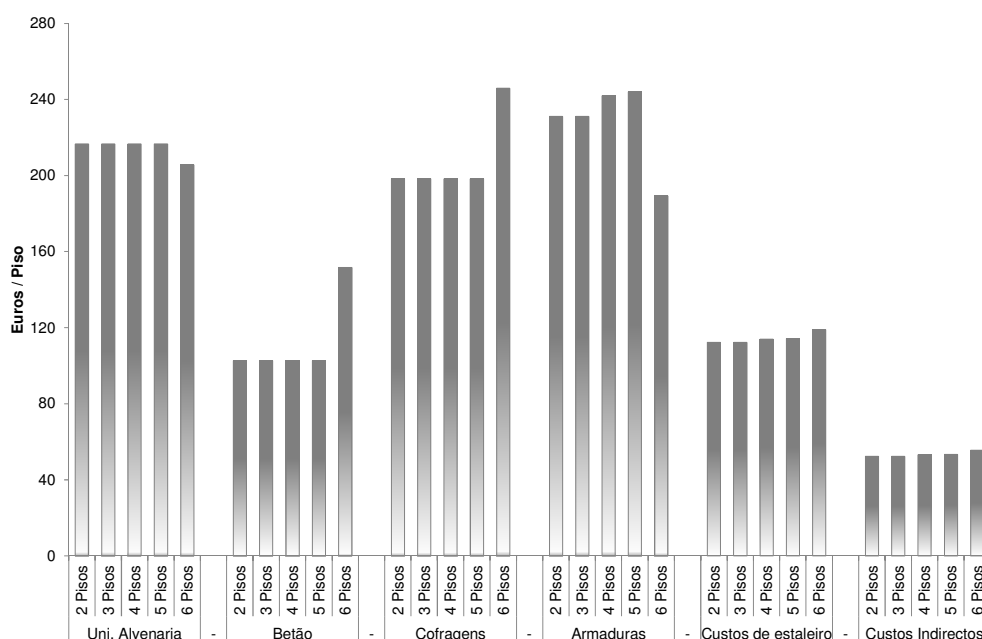


Figura 49 - Custos por piso das componentes das estruturas em betão armado

Tal como já mencionado atrás, mais uma vez se verifica pela análise do gráfico anterior que a generalidade das matérias-primas tendem a manter o seu custo específico. No entanto, denota-se uma variação transversal à generalidade das matérias-primas na passagem de cinco para seis pisos. Esta variação justifica-se pelo aumento da secção dos elementos estruturais nas estruturas com mais de cinco pisos.

Por forma a perceber melhor o peso relativo dos custos de cada componente, representa-se na figura seguinte o peso percentual de cada um. Este gráfico foi concebido para o custo médio da construção por piso.

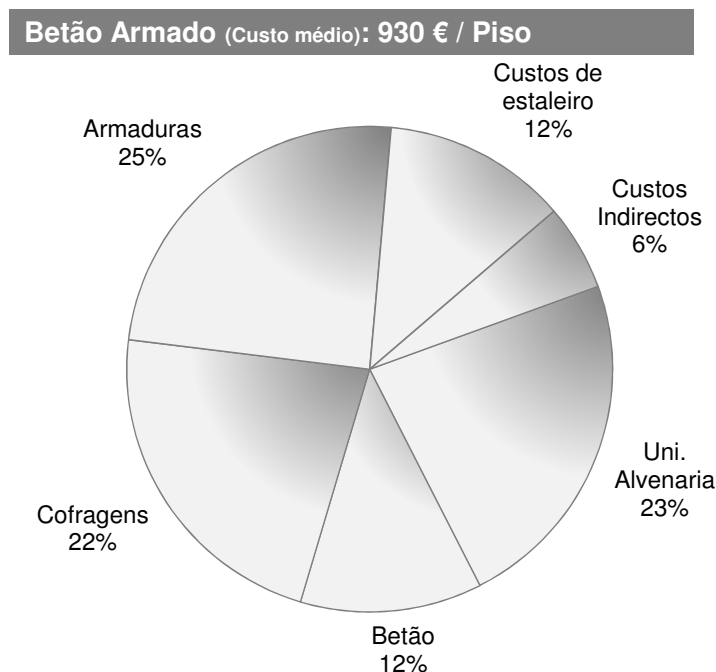


Figura 50 - Distribuição média dos custos/piso para as estruturas de betão armado

Verifica-se da análise da figura que as componentes armaduras, cofragens e alvenaria pesam percentualmente e aproximadamente de igual forma. Do estudo realizado às estruturas de betão armado conclui-se também que o custo médio da construção de um piso de uma estrutura de fachada em betão armado é de 930 €, no caso em estudo.

Para se perceber melhor a evolução dos custos e também prever os custos das estruturas com mais pisos, procedeu-se à elaboração do gráfico seguinte onde se inseriu uma linha de tendência linear com a respetiva equação.

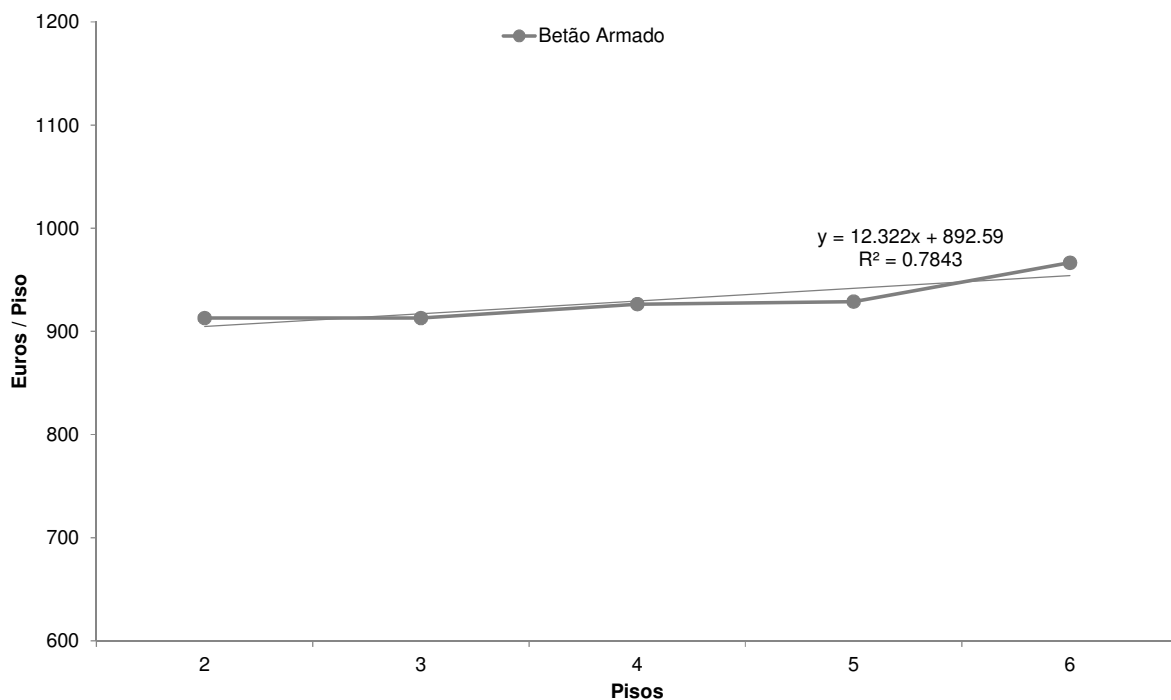


Figura 51 - Desenvolvimento dos custos nas estruturas de fachada porticadas em betão armado

Em suma, com base na figura atrás verifica-se que existe um ligeiro aumento do custo específico por piso à medida que se aumentam o número de pisos em estudo. Este aumento deve-se ao facto de existirem incrementos no consumo específico por piso de betão e cofragens que superam as reduções obtidas nos consumos de armadura e unidades de alvenaria.

7.5. PRAZOS DE EXECUÇÃO

Os prazos de execução das estruturas de fachada em betão armado serão estudados exatamente da mesma forma que as estruturas, já estudadas, em alvenaria armada.

7.5.1. LISTAGEM DE TAREFAS

Com o objetivo de se estimar o prazo de execução, dividiu-se a construção de um piso da fachada de estrutura porticada em betão armado nas seguintes tarefas:

- Preparação (corte e dobragem) e montagem de armaduras para pilares;
- Montagem de cofragens para pilares;
- Betonagem de pilares;
- Tempo de espera até descofragem dos pilares;
- Descofragem dos pilares;
- Cofragens e escoramento para lajes;
- Montagem de armaduras para lajes;
- Cofragens e escoramento de vigas;

- Betonagem de lajes e vigas;
- Tempo de espera até descofragem das Lajes e vigas;
- Remoção de escoramento (Após 21 dias de ter sido feita a betonagem das vigas e pilares);
- Assentamento de “panos” exteriores em alvenaria simples.

7.5.2. DURAÇÃO DAS TAREFAS

Para estimar a duração das tarefas indicadas recorreu-se ao livro “Informação sobre custos: Fichas de Rendimentos” de Armando Costa Manso et al, 2004. [22], para consulta de rendimentos de mão-de-obra.

- Cofragem de pilares com 3 utilizações dos moldes
 - Carpinteiro: 1.4h/m²
 - Ajudante de carpinteiro: 0.6h/m²
- Descofragem de pilares sem cuidados especiais
 - Servente: 0.20 h/m²
- Cofragem de vigas com 3 utilizações dos moldes
 - Carpinteiro: 1.5 h/m²
 - Ajudante de carpinteiro: 1.1 h/m²
- Descofragem de vigas sem cuidados especiais
 - Servente: 0.210h/m²
- Cofragem para lajes maciças (3 utilizações)
 - Carpinteiro: 1.06 h/m²
 - Ajudante de carpinteiro: 0.76 h/m²
- Descofragem de lajes maciças sem cuidados especiais
 - Servente: 0.125h/m²
- Armaduras de aço - Armaduras A500NR em pilares e vigas incluindo corte, dobragem e montagem
 - Servente: 0.030 h/Kg
 - Armador de ferro: 0.030 h/Kg
- Armaduras de aço – Armaduras A500NR em lajes maciças incluindo corte, dobragem e montagem
 - Servente: 0.030 h/kg
 - Armador de ferro: 0.030 h/kg
- Betão em pilares facilmente betonáveis
 - Pedreiro: 0.508 h/m³
 - Servente: 1.06 h/m³
- Betão em vigas
 - Pedreiro: 0.420 h/m³
 - Servente: 2.650 h/m³
- Betão em lajes maciças
 - Pedreiro: 0.309 h/m³
 - Servente: 1.9 h/m³

Estando definidos os rendimentos dos trabalhadores tem-se agora que definir o tempo para o qual é possível retirar o escoramento da cofragem dos pilares, vigas e lajes, para se poder avançar com o assentamento da alvenaria em tijolos cerâmicos e avançar na construção de pisos superiores.

Na seguinte tabela indicam-se os dias para os quais são necessários a manutenção de prumos e cofragens em função da temperatura á face do betão. [23]

Tabela 34 - Tempo necessário de manutenção de escoramento e cofragens

		Temperatura à face do betão			
		≥ 24 °C	16 °	8°	2°
Pilares	Cofragens Verticais	9 h	12 h	18 h	30 h
Lajes	Cofragem da face inferior	3 dias	4 dias	6 dias	10 dias
	Prumos	7 dias	10 dias	15 dias	25 dias
Vigas	Cofragem da face inferior	7 dias	10 dias	15 dias	25 dias
	Prumos	10 dias	14 dias	21 dias	36 dias

Após a betonagem das lajes e vigas, parte-se para a construção dos elementos estruturais verticais (montagem de armaduras, cofragens e betonagem) após estarem definidos os elementos verticais monta-se o escoramento para a definição da cofragem do piso superior. Mas só quando se passam vinte e um dias após a betonagem é que se retira na totalidade todo o escoramento da laje e das vigas. Os valores geralmente adotados na construção em Portugal são os valores referentes á coluna dos 8°C, o que é razoável relativamente ao clima que se tem em Portugal.

Estando definidos os rendimentos de mão-de-obra e os tempos de espera para que seja possível avançar na construção de pisos superiores e no assentamento das alvenarias, está-se em condições de avançar no cálculo das durações de cada tarefa. As durações das tarefas para a construção de um piso estão calculadas na seguinte tabela.

Tabela 35 - Durações das tarefas para 1 piso

Tarefa		Rendimento da Equipa		Quantidade		Duração (horas) 1 dia = 8 horas	Duração (horas) 1 dia = 24 horas
Pilares	Armaduras	0.03	h/Kg	186.83	Kg	5.60	
	Cofragens	1.4	h/m2	8.45	m2	11.83	
	Betão	1.06	h/m3	0.5625	m3	0.60	
	Tempo de espera						16
	Descofragem	0.2	h/m2	8.45	m2	1.69	
Viga	Cofragens + Escoramento	1.5	h/m2	8	m2	12.00	
	Armaduras	0.03	h./Kg	53.14	Kg	1.59	
	Betão	2.65	h./m3	0.925	m2	2.45	
	Tempo de espera						504
	Descofragem	0.21	h/m2	8	m2	1.68	
Laje	Cofragem + Escoramento	1.06	h.eq/m2	45	m2	47.70	
	Armaduras	0.03	h.eq/Kg	1100	Kg	33.00	
	Betão	1.9	h.eq/m3	10	m3	19.00	
	Tempo de espera						504
	Descofragem	0.125	h.eq/m2	45	m2	5.63	
Alvenaria	Assentamento	0.6	h.eq/m2	18.05	m2	10.83	

À semelhança do que aconteceu para o estudo dos prazos de execução das estruturas em alvenaria armada, também para o estudo dos prazos de execução das estrutura em betão armado será admitido que a duração da construção de um piso mantém-se constante à medida que se aumenta estrutura de mais um piso.

7.5.3. ENCADEAMENTO E CALENDARIZAÇÃO DAS TAREFAS

Os gráficos de Gantt e mapas de tarefas respetivos às estruturas em betão armado encontram-se no Anexo 13. Tal como no capítulo anterior, definiu-se a data 19/06/2012 para início da construção das estruturas de fachada, para que os dias úteis contabilizados pelo programa, Microsoft Project 2010, fossem exatamente os mesmos.

7.5.4. CONCLUSÃO EM RELAÇÃO AOS PRAZOS DE EXECUÇÃO

Da análise dos mapas de tarefas e diagramas de Gantt que se mostram no Anexo 13 verifica-se que os prazos de execução das estruturas de fachada em estudo, são os que se indicam na seguinte tabela.

Tabela 36 - Prazos de execução das estruturas em pórtico de betão armado preenchidas com alvenaria simples

Nº de Piso	Betão Armado	
	Prazo de execução	Prazo de exec. médio por piso
2 Pisos	51.8	26
3 Pisos	69.5	23
4 Pisos	87.2	22
5 Pisos	104.9	21
6 Pisos	122.6	20

Verifica-se que o acréscimo de mais um piso neste tipo de estruturas de fachada leva a um acréscimo de 17.7 dias no prazo de execução. O desenvolvimento dos prazos de execução médios por piso, resulta no gráfico representado na Figura 52.

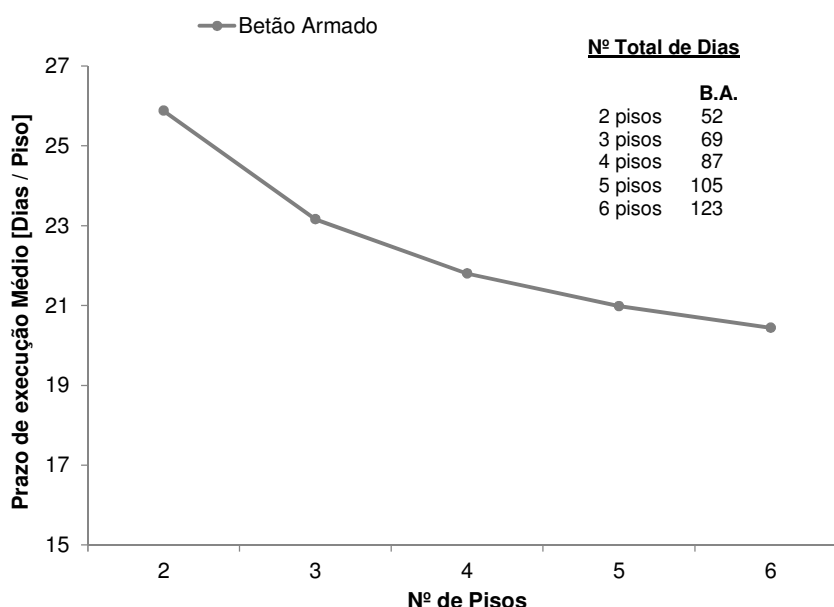


Figura 52 - Desenvolvimento dos prazos de execução das estruturas de fachada porticadas em betão armado

À imagem do que aconteceu nas estruturas de alvenaria resistente, o número de dias de execução aumenta à medida que se incrementam o número de pisos às estruturas em análise. No entanto, pela análise do gráfico anterior conclui-se que o prazo de execução médio, em dias por piso, diminui com o aumento de pisos. Este acontecimento justifica-se pelo facto de à medida que avança na construção existirem tarefas que decorrem em paralelo de outras. Neste caso, quando ainda se está em período de espera para se poder realizar a descofragem de um piso já decorre a execução das tarefas para a definição de um novo piso.

8

COMPARAÇÃO NA VERTENTE CUSTO/PRAZO DE EXECUÇÃO

8.1. COMPARAÇÃO DOS CUSTOS GLOBAIS

Após a exposição das medições e custos para cada uma das soluções construtivas em análise no presente trabalho, apresenta-se de seguida uma tabela resumo dos custos detalhados e da respetiva variação por componente de custo.

Tabela 37 - Comparação dos custos do betão armado versus alvenaria resistente (para todos os pisos)

Nº de Pisos	€/Piso																	
	Unidades de alvenaria			Betão			Cofragens			Armaduras			Outros ¹			Total		
	B.A.	A.R.	Δ	B.A.	A.R.	Δ	B.A.	A.R.	Δ	B.A.	A.R.	Δ	B.A.	A.R.	Δ	B.A.	A.R.	Δ
2 Pisos	217	374	73%	103	83	-19%	198	24	-88%	231	174	-25%	165	144	-12%	913	799	-12.5%
3 Pisos	217	374	73%	103	97	-5%	198	24	-88%	231	174	-25%	165	147	-11%	913	816	-10.6%
4 Pisos	217	374	73%	103	101	-1%	198	24	-88%	242	174	-28%	167	148	-11%	926	821	-11.4%
5 Pisos	217	374	73%	103	99	-4%	198	24	-88%	244	175	-28%	168	148	-12%	929	820	-11.8%
6 Pisos	206	374	82%	152	101	-33%	246	24	-90%	189	177	-6%	174	149	-15%	967	826	-14.6%

Como já se definiu nos capítulos anteriores, existem matéria primas cujo o consumo específico por piso não é influenciado pelo número de pisos construídos, como por exemplo, as unidades de alvenaria e cofragens para o caso das estruturas em alvenaria resistente. As restantes componentes sofrem variação em função do número de pisos construídos. Para se perceber melhor a tendência de cada matéria-prima apresenta-se de seguida a variação dos seus custos em função do número de pisos.

¹ O valor de “outros” corresponde ao somatório dos custos de estaleiro e indiretos anunciados no ponto 6.2.

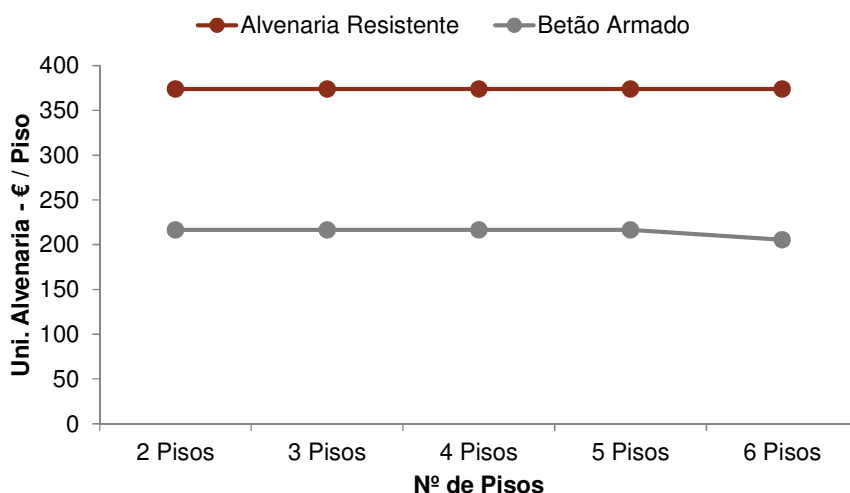


Figura 53 - Comparação dos custos das unidades de alvenaria para ambas as soluções

A evolução dos custos de unidades de alvenaria é praticamente constante em ambas as soluções, apenas com uma ligeira variação para construções acima de cinco pisos na solução de betão armado, devido ao aumento das secções dos elementos estruturais (vigas e pilares).

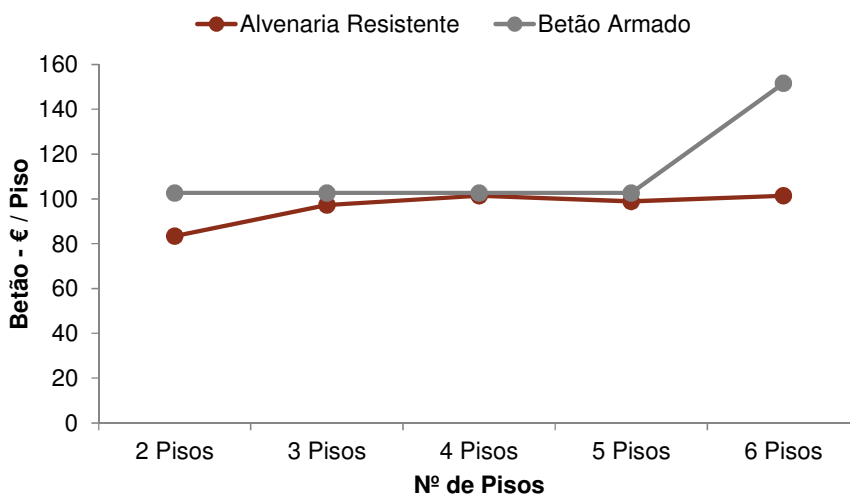


Figura 54 - Comparação dos custos de betão para ambas as soluções

Da visualização do gráfico anterior verifica-se, na solução de betão armado, o aumento das quantidades de betão a partir de estruturas com cinco pisos, tal como já foi dito anteriormente, porque existe um aumento das secções dos elementos estruturais. Relativamente à solução da alvenaria resistente observa-se que existe uma tendência para o aumento das quantidades de betão por piso em função do número de pisos construídos. Este facto prende-se pelo aumento gradual das tensões atuantes que se verificam em função do acréscimo de pisos, que levam à necessidade de maciçamento total das paredes mais inferiores.

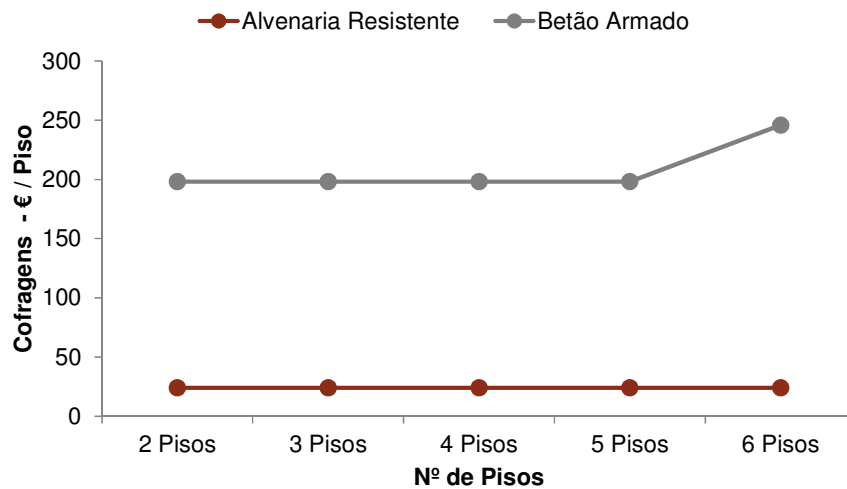


Figura 55 - Comparação dos custos de cofragem para ambas as soluções

A quantidade de cofragem está diretamente associada à quantidade de betão, pelo que aquando do aumento das secções dos elementos estruturais nas estruturas de seis pisos dá-se um aumento de valor das quantidades de betão e cofragem.

No que toca à alvenaria resistente e ao contrário do que acontece no betão armado, não existe moldagem de betão com recurso a cofragens, exceto o uso destas para o remate das lajes nas paredes de fachada. Como estas mantêm sempre as suas dimensões, as quantidades mantêm-se constantes.

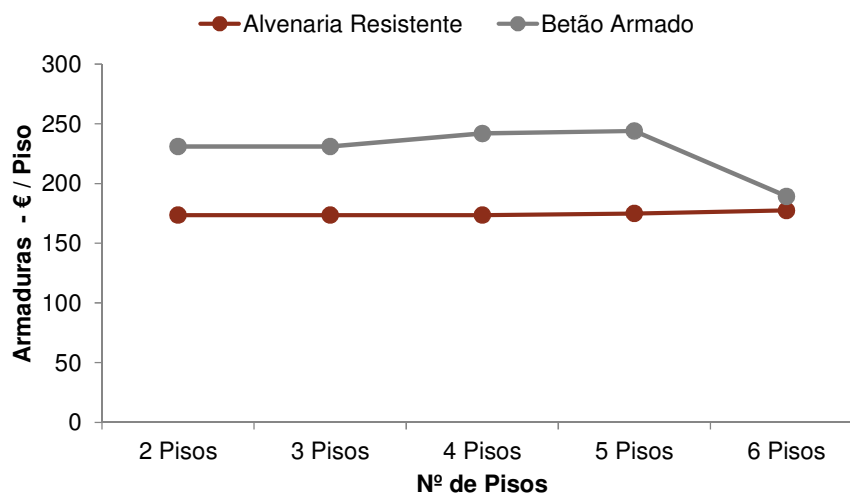


Figura 56 - Comparação dos custos das armaduras para ambas as soluções

Na alvenaria resistente as quantidades de armadura são constantes até à estrutura de quatro pisos. Para construções com cinco ou mais pisos as quantidades de armadura aumentam devido ao aumento das tensões. Relativamente às estruturas de betão armado constata-se uma menor quantidade de aço para estruturas acima de cinco pisos.

Apresenta-se de seguida a conjugação dos custos dos materiais utilizados.

Tabela 38 – Comparação dos custos globais das estruturas entre alvenaria e betão armado

Nº de Pisos	Custo Global (€/Piso)		
	Betão Armado (Referência)	Alvenaria Res.	Economia
2 Pisos	913	799	-12.5%
3 Pisos	913	816	-10.6%
4 Pisos	926	821	-11.4%
5 Pisos	929	820	-11.8%
6 Pisos	967	826	-14.6%
Média	930	816	-12%

Da tabela anterior conclui-se que de uma forma geral a redução de custos com a construção em alvenaria resistente ao invés da construção em betão armado. O primeiro tipo de solução, assim, acarreta maiores economias quantos mais pisos a estrutura tiver. No entanto, verifica-se que o custo das estruturas de betão armado de 2 e 3 pisos mantêm o seu custo por piso, isto porque foram mantidas as mesmas secções e armaduras dos elementos estruturais na evolução da estrutura. Este facto explica-se pelos esforços calculados não justificarem a alteração da secção desses elementos. Por este motivo é que a variação que se visualiza na passagem de dois para três pisos não segue a tendência dos restantes.

Em jeito de conclusão, pode-se dizer que em termos médios a redução é de cerca de 12%. Apresenta-se no gráfico seguinte os custos associados a cada matéria-prima que dão origem a esta diferença.

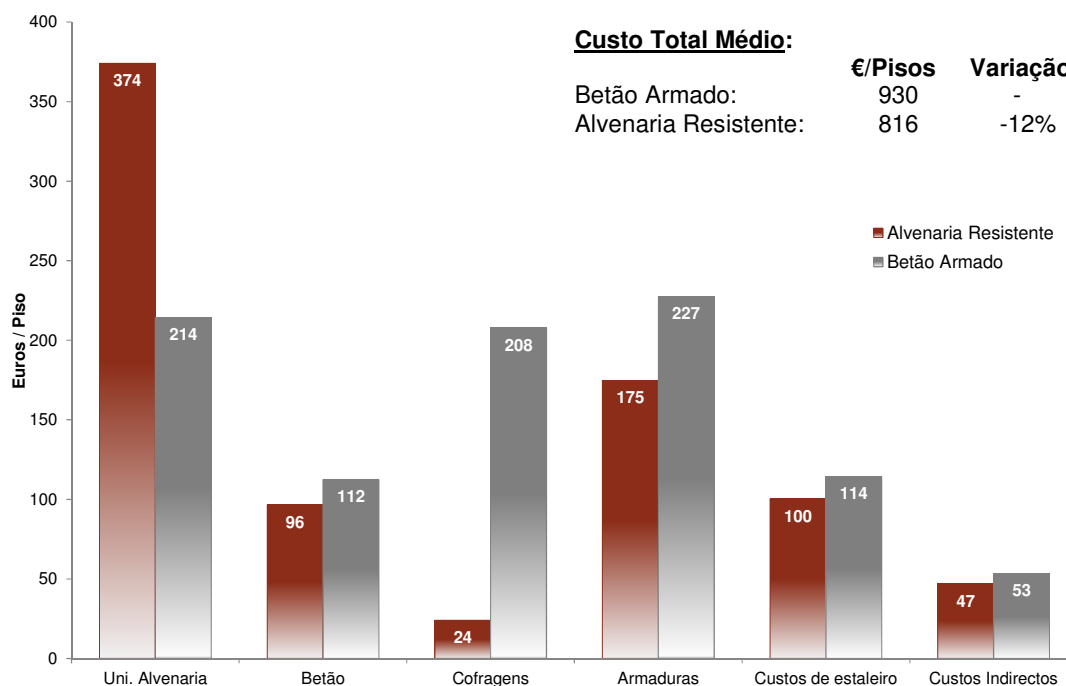


Figura 57 - Comparação dos custos do betão armado versus alvenaria resistente

A diferença justifica-se pelo facto de quase todos os componentes serem de menor custo na construção em alvenaria resistente com a exceção do custo das unidades de alvenaria, que são mais caras que as unidades usadas para o preenchimento das estruturas porticadas em betão armado. Este acréscimo no custo da alvenaria resistente é explicado pelo facto de esta basear-se na capacidade resistente das unidades e da argamassa, sem desprezar o contributo das armaduras. Assim as unidades de alvenaria e argamassa de assentamento têm de possuir características mecânicas capazes de serem usadas neste tipo de estruturas, ao contrário do que acontece nas estruturas porticadas de betão armado, onde a capacidade resistente das alvenarias são desprezadas. Desta forma, é natural que o custo das unidades de alvenaria resistente sejam mais caras que as unidades de alvenaria usadas no preenchimento das estruturas porticadas. [2]

Quando comparamos os custos duas estruturas individualizando por material, os que mais se destacam são as cofragens e unidades de alvenaria, sendo as cofragens o material que induz maior redução face ao betão armado ao contrário do que acontece com as unidades de alvenaria.

Depois de calculados os custos de execução dos dois tipos de estrutura de fachada em estudo, é de fácil análise qual dos dois fica economicamente mais rentável. Indica-se na figura seguinte o desenvolvimento dos custos das estruturas estudadas ao longo do presente trabalho, que é a tradução gráfica da Tabela 38.

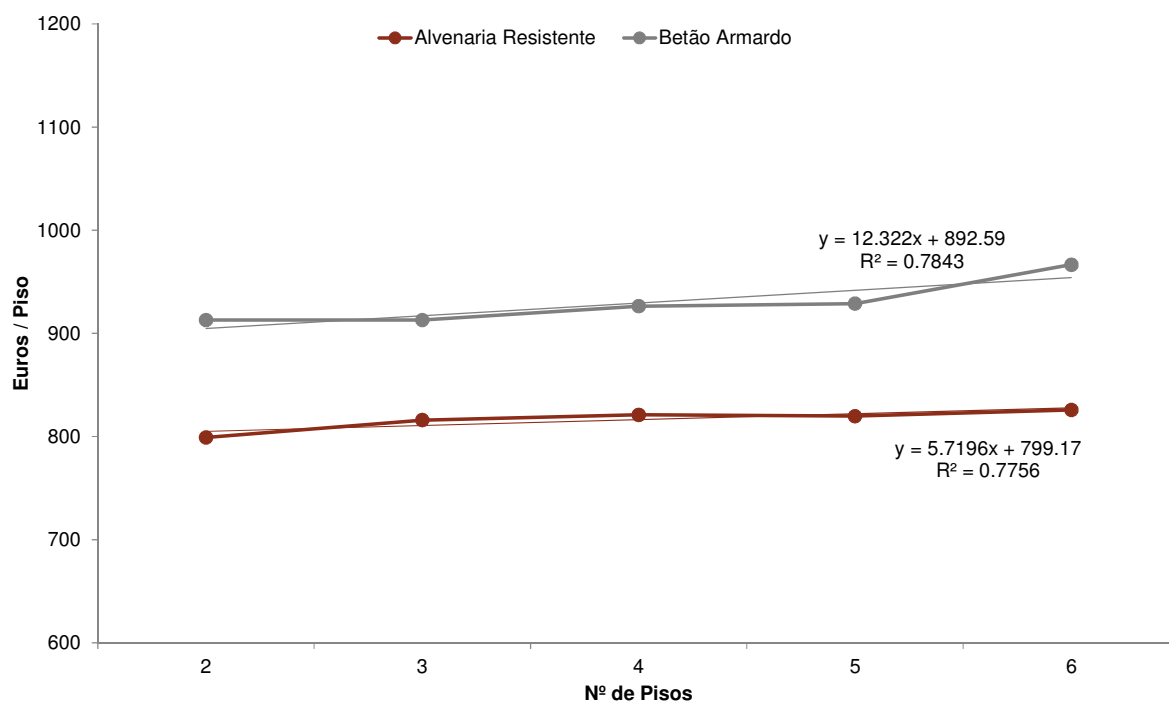


Figura 58 – Comparação do desenvolvimento dos custos em ambas as estruturas

Para o tipo de estruturas em estudo, com base no gráfico ilustrado atrás, conclui-se que o custo específico de ambas as estruturas têm tendência a aumentar com o acréscimo de pisos. Verifica-se ainda que o diferencial existente entre as duas soluções tende a ser tanto maior quanto maior for o número de pisos.

8.2. COMPARAÇÃO DOS PRAZOS DE EXECUÇÃO

Nos capítulos 6 e 7, foram estudados os prazos de execução para cada uma das estruturas de fachada, de onde resultou o prazo de execução para cada uma das estruturas em estudo, como se indica na seguinte tabela.

Tabela 39 - Prazos de execução das estruturas estudadas em dias

Nº de Piso	Betão Armado		Alvenaria Resistente		Variação
	Dias	Média de Dias / Piso	Dias	Média de Dias / Piso	
2	52	26	46	23	11%
3	69	23	62	21	11%
4	87	22	78	19	11%
5	105	21	94	19	11%
6	123	20	109	18	11%

Relativamente aos prazos de execução, conclui-se que o processo de construção de estruturas de fachada em alvenaria armada apresenta períodos de execução 11% inferiores relativamente às estruturas porticadas em betão armado preenchidas com alvenaria simples. Resultaram também desses estudos dois gráficos com o desenvolvimento dos prazos de execução médios por piso. Da sobreposição dos dois gráficos resulta o gráfico ilustrado na seguinte figura.

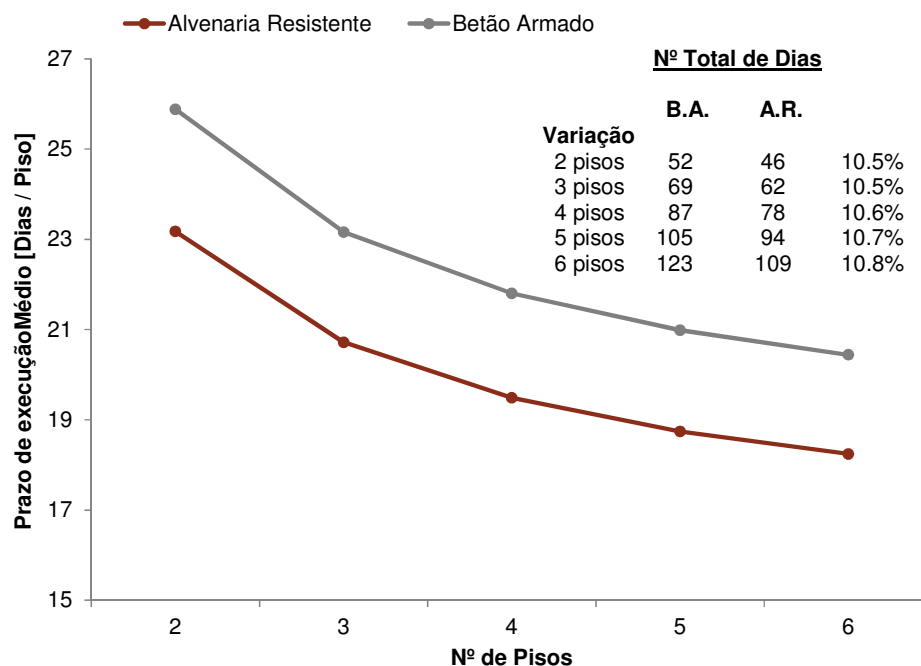


Figura 59 - Desenvolvimento dos prazos de execução para os dois tipos de estrutura

Como se pode verificar da análise da Tabela 39 e Figura 59, à medida que se aumentam pisos, aumenta a diferença dos prazos de execução dos dois tipos de estrutura em análise, sendo sempre mais rápida a execução das estruturas de fachada em alvenaria armada.

9

CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

9.1. CONCLUSÕES

A ideia fundamental que sobressai no final do presente trabalho é que a técnica de construção em alvenaria armada é economicamente vantajosa quando comparada com a solução tradicional em betão armado. Relativamente aos prazos de execução, conclui-se que o processo de construção de estruturas de fachada em alvenaria armada apresenta períodos de execução 11% inferiores relativamente às estruturas porticadas em betão armado preenchidas com alvenaria simples.

A ausência da necessidade de se usarem cofragens na construção em alvenaria armada é apontada como o principal fator de economia e rapidez em relação às estruturas porticadas de betão armado.

Dos materiais constituintes de ambas as soluções, unidades de alvenaria, betão, cofragens e armaduras apenas o primeiro apresenta custos superiores na construção de estruturas de fachadas em alvenaria armada, ou seja todos os outros apresentam custos inferiores. Então, tirando-se uma conclusão mais geral, para qualquer tipo de situação, indica-se que a técnica de construção em alvenaria armada vai ser sempre economicamente viável, até que o acréscimo do preço da alvenaria, na solução de alvenaria armada seja inferior ao somatório dos acréscimos dos custos da cofragem, aço, betão e da alvenaria simples para a estrutura porticada em betão armado.

Em suma, com os valores de referência usados para determinar o custo de cada uma das soluções verificou-se que em média construir em alvenaria armada, para os casos em estudo, é cerca de 12 % inferior à solução de construção em betão armado.

9.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Tendo em atenção a situação das alvenarias em Portugal apontam-se algumas perspetivas de desenvolvimento.

Futuramente, deveria ser feita uma simulação energética detalhada para avaliação do impacto nas temperaturas resultantes em edifícios sem climatização decorrentes do aumento da inércia térmica na solução estrutural em alvenaria resistente.

Não poderá ser esquecida, também, a realização de uma análise da solução construtiva em alvenaria armada a nível estético, acústico, resistência ao fogo e de impermeabilização;

Para além disso, e sabendo-se de antemão que os vãos das lajes, correspondentes à distância entre paredes paralelas que as recebem têm de ser moderados, era enriquecedor perceber até que vão é viável a construção em alvenaria resistente.

Uma das principais desvantagens da alvenaria resistente é a necessidade de continuidade das paredes principais em toda a altura do edifício, o que é bastante limitativo em termos de construção de edifícios com parques de estacionamento. De forma a contornar essa limitação, seria proveitoso estudar a possibilidade de construção de edifícios que empregasse as duas soluções estruturais: betão armado e alvenaria resistente.

Por fim, não poderá ser esquecida a avaliação do estudo das ferramentas de cálculo automático existentes e da viabilidade destas para uso em conformidade com a regulamentação existente e os materiais disponíveis no mercado nacional.

BIBLIOGRAFIA

- 1 Lourenço, Paulo. *Dimensionamento de Alvenarias Estruturais*. Universidade do Minho, Guimarães, 1999.
- 2 Rei, João Carlos Martins. *Edifícios de pequeno porte em alvenaria resistente viabilidade técnico económica*. FEUP, Porto, 1999.
- 3 Gouveia, João P. and Lourenço, Paulo B. *Soluções construtivas em alvenaria*. Congresso construção 2007, Coimbra, 2007.
- 4 Gouveia, João P. and Melo, Fontes. Alvenaria estrutural: Aplicação a um caso de estudo. (4ª Jornadas Portuguesas de Engenharia de Estruturas 2006).
- 5 João Gouveia, Paulo Lourenço, Graça Vasconcelos. *Soluções construtivas em Alvenaria*. Universidade do Minho, Guimarães, 2007.
- 6 1998-1-1, ENV. *Eurocódigo 8: Disposições para projeto de estruturas sismo-resistentes - Parte 1: Regras gerais para edifícios, Ações sísmicas*. CEN, Bruxelas, Dezembro 2004.
- 7 Lourenço, Paulo and Gouveia, João. Alvenaria Armada: Soluções inovadoras em Portugal. In *Seminário sobre paredes de Alvenaria* (2007), 123-127.
- 8 1996-1-1, ENV. *Eurocódigo 6: Projeto de estruturas de alvenaria - Parte 1-1 Regras gerais para edifícios - Regras para alvenaria armada e não armada*. CEN - Comité Europeu de Normalização, Bruxelas, Novembro 2005.
- 9 Tomazevic. *Earthquake - resistant design of masonry buildings*. Imperial College Press, London, 1999.
- 10 http://www.construlink.com/LogosCatalogos/Biu_Murfor%20-%20Armaduras%20para%20Alvenarias.4.pdf?random=251499684. 31/Abril/2012.
- 11 *Regulamento de Segurança e Ações para Estruturas de Edifícios e Pontes*. Porto Editora.
- 12 Figueiras, Joaquim. *Análise e dimensionamento de estruturas porticadas*. FEUP, Porto, 2003.
- 13 Rabelo, António Carlos Nogueira. *Dimensionamento de alvenaria estrutural segundo recomendações do Eurocódigo 6*. 2004.
- 14 *Estruturas de Betão I*. FEUP, Porto, 2011/2012.
- 15 Appleton, Júlio. Verificação da segurança aos estados limites últimos de elementos com esforço axial desprezável. IST, Lisboa, 2011/2012.
- 16 1992-1-1, EN. *Eurocódigo 2: Projeto de estruturas de betão - Parte 1-1: Regras gerais e regras para edifícios*. CEN - Comité Europeu de Normalização, Bruxelas, Dezembro 2004.
- 17 Appleton, Júlio. *verificação da segurança aos estados limites últimos de elementos com esforço axial não desprezável*. 2011.
- 18 Joaquim Figueiras, Helena Barros. *Tabelas e Ábacos de dimensionamento de secções de betão*

solicitadas à flexão e a esforços axiais segundo o Eurocódigo 2. FEUP, 2010.

19 Faria, José Amorim. *Gestão de obras e segurança*. FEUP, Porto, 2010.

20 Fonseca, M. Santos. *Regras de medição na construção*. LNEC, Lisboa, 2005.

21 Carla Marchão, Júlio Appleton. *Lajes de Betão Armado*. IST, 2011.

22 Manso, Armando Costa, Fonseca, Manuel dos Santos, and Espada, J. Carvalho. *Informação sobre custos*. LNEC, Lisboa, 2004.

23 <http://www.civil.ist.utl.pt/~cristina/bape2/documents/ExecucaoEstruturasBetao.pdf>. (31 de Maio).

24 Júlio, Eduardo Nuno Brito Santos. *Cálculo de armaduras longitudinais de vigas retangulares de betão armado sujeitas a flexão simples plana de acordo com o Eurocódigo 2*. DEC-FCTUC, Coimbra, 2008.

Anexos

ANEXO 1

ESFORÇOS E TENSÕES ATUANTES REFERENTES ÀS ESTRUTURAS EM ESTUDO (DA A.R.2 ATÉ A.R.10)

Nas tabelas que se seguem são apresentados os esforços e tensões atuantes na estrutura de alvenaria armada para todas as estruturas estudadas, ou seja:

- da Tabela 1 até à Tabela 10 os resultados da estrutura com dois pisos (A.R.2);
- da Tabela 11 até à Tabela 25 os resultados da estrutura com três pisos (A.R.3);
- Tabela 26 até à Tabela 45 os resultados da estrutura com quatro pisos (A.R.4);
- da Tabela 46 até à Tabela 70 os resultados da estrutura com cinco pisos (A.R.5).
- da Tabela 71 até à Tabela 100 os resultados da estrutura com seis pisos (A.R.6).

Tabela 1 - Esforços na parede P. 1/1 (A.R.2)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	247.94	4.54	9.33	0.75	0.66
1º corte - ELU2	245.77	2.46	7.89	0.73	0.68
1º corte - ELU3	250.12	6.63	10.78	0.78	0.65
1º corte - ELU4	219.45	1.14	4.77	0.64	0.62
1º corte - ELU5	230.32	9.3	11.99	0.75	0.57
1º corte - ELU6	149.76	2.42	2.13	0.45	0.40
1º corte - ELU7	160.63	8.01	9.35	0.54	0.38
2º corte - ELU1	226.78	8.88	9.64	0.73	0.56
2º corte - ELU2	224.69	8.88	8.19	0.73	0.55
2º corte - ELU3	228.87	8.88	11.09	0.74	0.57
2º corte - ELU4	199.26	7.98	5.04	0.65	0.49
2º corte - ELU5	209.72	7.98	12.27	0.68	0.52
2º corte - ELU6	135.24	5.46	2.31	0.44	0.33
2º corte - ELU7	145.7	5.46	9.54	0.47	0.36
3º corte - ELU1	189.93	14.36	6.61	0.68	0.40
3º corte - ELU2	189.04	14.57	7.01	0.68	0.40
3º corte - ELU3	190.83	14.14	6.22	0.68	0.41
3º corte - ELU4	167.89	13.37	6.97	0.61	0.35
3º corte - ELU5	172.36	12.3	4.98	0.61	0.37
3º corte - ELU6	114.01	9.29	5.1	0.42	0.23
3º corte - ELU7	118.48	8.22	3.12	0.42	0.26

Tabela 2 - Esforços na parede P. 1/2 (A.R.2)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	122.63	2.93	7.29	0.38	0.32
1º corte - ELU2	121.99	2.69	6.88	0.37	0.32
1º corte - ELU3	123.27	3.16	7.7	0.38	0.32
1º corte - ELU4	109.58	2.05	5.51	0.33	0.29
1º corte - ELU5	112.77	3.22	7.57	0.35	0.29
1º corte - ELU6	75.1	1.23	3.44	0.23	0.20
1º corte - ELU7	78.29	2.39	5.5	0.25	0.20
2º corte - ELU1	106.57	7.21	7.48	0.38	0.23
2º corte - ELU2	105.95	6.87	7.06	0.37	0.24
2º corte - ELU3	107.2	7.55	7.89	0.38	0.23
2º corte - ELU4	93.86	5.61	5.67	0.32	0.21
2º corte - ELU5	96.97	7.3	7.73	0.35	0.21
2º corte - ELU6	63.61	3.56	3.55	0.22	0.15
2º corte - ELU7	66.72	5.26	5.61	0.24	0.14
3º corte - ELU1	75.21	4.9	3.02	0.26	0.17
3º corte - ELU2	75.11	5.09	2.95	0.26	0.16
3º corte - ELU3	75.31	4.7	3.09	0.26	0.17
3º corte - ELU4	65.79	4.74	2.57	0.23	0.14
3º corte - ELU5	66.28	3.77	2.93	0.23	0.15
3º corte - ELU6	44.14	3.32	1.73	0.16	0.09
3º corte - ELU7	44.63	2.35	2.09	0.15	0.10

Tabela 3 - Esforços na parede P. 2/1 (A.R.2)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	28.79	1.89	21.71	0.12	0.07
1º corte - ELU2	27.68	1.59	20.46	0.11	0.07
1º corte - ELU3	29.9	2.2	22.96	0.13	0.07
1º corte - ELU4	23.08	0.95	16.31	0.09	0.06
1º corte - ELU5	28.65	2.48	22.55	0.13	0.06
1º corte - ELU6	14.92	0.41	10.14	0.06	0.04
1º corte - ELU7	20.5	1.95	16.38	0.09	0.04
2º corte - ELU1	14.85	1.61	3.27	0.07	0.03
2º corte - ELU2	14.84	1.61	4.38	0.07	0.03
2º corte - ELU3	14.86	1.61	2.16	0.07	0.03
2º corte - ELU4	13.33	1.42	5.72	0.06	0.03
2º corte - ELU5	13.37	1.41	0.17	0.06	0.03
2º corte - ELU6	9.13	0.96	4.79	0.04	0.02
2º corte - ELU7	9.17	0.95	0.75	0.04	0.02
3º corte - ELU1	35.58	3.21	29.61	0.16	0.08
3º corte - ELU2	36.58	3.5	30.79	0.17	0.08
3º corte - ELU3	34.57	2.93	28.42	0.15	0.08
3º corte - ELU4	34.49	3.61	29.5	0.16	0.07
3º corte - ELU5	29.46	2.18	23.57	0.13	0.07
3º corte - ELU6	24.42	2.71	21.1	0.12	0.05
3º corte - ELU7	19.39	1.28	15.17	0.08	0.05

Tabela 4 - Esforços na parede P. 2/2 (A.R.2)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	10.7	0.66	17.26	0.04	0.03
1º corte - ELU2	10.7	0.66	17.26	0.04	0.03
1º corte - ELU3	10.7	0.66	17.26	0.04	0.03
1º corte - ELU4	9.45	0.6	15.38	0.04	0.02
1º corte - ELU5	9.45	0.6	15.38	0.04	0.02
1º corte - ELU6	6.39	0.41	10.47	0.03	0.02
1º corte - ELU7	6.39	0.41	10.47	0.03	0.02
2º corte - ELU1	2.65	2.16	2.43	0.04	-0.02
2º corte - ELU2	2.65	2.16	2.43	0.04	-0.02
2º corte - ELU3	2.65	2.16	2.43	0.04	-0.02
2º corte - ELU4	2.28	1.91	2.17	0.03	-0.02
2º corte - ELU5	2.28	1.91	2.17	0.03	-0.02
2º corte - ELU6	1.5	1.3	1.48	0.02	-0.01
2º corte - ELU7	1.5	1.3	1.48	0.02	-0.01
3º corte - ELU1	15.5	1.78	22.94	0.08	0.03
3º corte - ELU2	15.5	1.78	22.94	0.08	0.03
3º corte - ELU3	15.5	1.78	22.94	0.08	0.03
3º corte - ELU4	13.73	1.59	20.44	0.07	0.02
3º corte - ELU5	13.73	1.59	20.44	0.07	0.02
3º corte - ELU6	9.29	1.09	13.9	0.05	0.02
3º corte - ELU7	9.29	1.09	13.9	0.05	0.02

Tabela 5 - Esforços na parede P.3/1 (A.R.2)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	500.67	0.00	0	0.72	0.72
1º corte - ELU2	500.68	7.26	4.43	0.73	0.70
1º corte - ELU3	500.65	7.26	4.43	0.73	0.70
1º corte - ELU4	454.37	18.15	11.07	0.69	0.60
1º corte - ELU5	454.29	18.15	11.07	0.69	0.60
1º corte - ELU6	313.7	18.15	11.07	0.49	0.40
1º corte - ELU7	313.62	18.15	11.07	0.49	0.40
2º corte - ELU1	464.18	0	0	0.66	0.66
2º corte - ELU2	464.2	0.99	4.43	0.67	0.66
2º corte - ELU3	464.17	0.99	4.43	0.67	0.66
2º corte - ELU4	418.87	2.47	11.07	0.60	0.59
2º corte - ELU5	418.8	2.47	11.07	0.60	0.59
2º corte - ELU6	287.89	2.47	11.07	0.42	0.41
2º corte - ELU7	287.82	2.47	11.07	0.42	0.41
3º corte - ELU1	371.29	0	0	0.53	0.53
3º corte - ELU2	371.28	0.08	2.42	0.53	0.53
3º corte - ELU3	371.29	0.08	2.42	0.53	0.53
3º corte - ELU4	332.84	0.19	6.05	0.48	0.48
3º corte - ELU5	332.87	0.19	6.05	0.48	0.48
3º corte - ELU6	227.56	0.19	6.05	0.33	0.32
3º corte - ELU7	227.6	0.19	6.05	0.33	0.32

Tabela 6 - Esforços na parede P.3/2 (A.R.2)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	247.66	0.00	0	0.35	0.35
1º corte - ELU2	247.67	1.31	1.58	0.36	0.35
1º corte - ELU3	247.66	1.31	1.58	0.36	0.35
1º corte - ELU4	224.61	3.27	3.95	0.33	0.31
1º corte - ELU5	224.58	3.27	3.95	0.33	0.31
1º corte - ELU6	154.99	3.27	3.95	0.23	0.21
1º corte - ELU7	154.97	3.27	3.95	0.23	0.21
2º corte - ELU1	217.4	0	0	0.31	0.31
2º corte - ELU2	217.4	0.85	1.58	0.31	0.31
2º corte - ELU3	217.41	0.85	1.58	0.31	0.31
2º corte - ELU4	194.75	2.14	3.95	0.28	0.27
2º corte - ELU5	194.77	2.14	3.95	0.28	0.27
2º corte - ELU6	133.07	2.14	3.95	0.20	0.18
2º corte - ELU7	133.1	2.14	3.95	0.20	0.18
3º corte - ELU1	141.87	0	0	0.20	0.20
3º corte - ELU2	141.87	0.48	0.57	0.20	0.20
3º corte - ELU3	141.88	0.48	0.57	0.20	0.20
3º corte - ELU4	124.61	1.19	1.43	0.18	0.18
3º corte - ELU5	124.63	1.19	1.43	0.18	0.18
3º corte - ELU6	83.79	1.19	1.43	0.12	0.12
3º corte - ELU7	83.8	1.19	1.43	0.12	0.12

Tabela 7 - Esforços na parede P. 4/1 (A.R.2)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	35.58	3.21	29.61	0.16	0.08
1º corte - ELU2	34.66	2.93	28.45	0.15	0.08
1º corte - ELU3	36.49	3.49	30.77	0.17	0.08
1º corte - ELU4	29.69	2.19	23.63	0.13	0.07
1º corte - ELU5	34.26	3.6	29.44	0.16	0.07
1º corte - ELU6	19.62	1.29	15.23	0.08	0.05
1º corte - ELU7	24.19	2.7	21.04	0.12	0.04
2º corte - ELU1	14.85	1.61	3.27	0.07	0.03
2º corte - ELU2	14.93	1.61	2.18	0.07	0.03
2º corte - ELU3	14.77	1.61	4.36	0.07	0.03
2º corte - ELU4	13.55	1.41	0.22	0.06	0.03
2º corte - ELU5	13.15	1.42	5.67	0.06	0.02
2º corte - ELU6	9.35	0.95	0.71	0.04	0.02
2º corte - ELU7	8.95	0.96	4.75	0.04	0.02
3º corte - ELU1	28.79	1.89	21.71	0.12	0.07
3º corte - ELU2	29.96	2.19	22.93	0.13	0.07
3º corte - ELU3	27.62	1.59	20.48	0.11	0.07
3º corte - ELU4	28.78	2.47	22.49	0.13	0.06
3º corte - ELU5	22.94	0.96	16.36	0.09	0.06
3º corte - ELU6	20.63	1.94	16.33	0.09	0.04
3º corte - ELU7	14.79	0.43	10.2	0.06	0.04

Tabela 8 - Esforços na parede P. 4/2 (A.R.2)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	13.51	1.14	1.83	0.06	0.03
1º corte - ELU2	13.51	1.14	1.83	0.06	0.03
1º corte - ELU3	13.51	1.14	1.83	0.06	0.03
1º corte - ELU4	11.94	1.01	1.62	0.05	0.03
1º corte - ELU5	11.94	1.01	1.62	0.05	0.03
1º corte - ELU6	8.07	0.68	1.1	0.04	0.02
1º corte - ELU7	8.07	0.68	1.1	0.04	0.02
2º corte - ELU1	28.69	0.71	4.49	0.11	0.09
2º corte - ELU2	28.69	0.71	4.49	0.11	0.09
2º corte - ELU3	28.69	0.71	4.49	0.11	0.09
2º corte - ELU4	25.15	0.63	4	0.09	0.08
2º corte - ELU5	25.15	0.63	4	0.09	0.08
2º corte - ELU6	16.88	0.42	2.72	0.06	0.05
2º corte - ELU7	16.88	0.42	2.72	0.06	0.05
3º corte - ELU1	38.11	0.6	5.03	0.14	0.12
3º corte - ELU2	38.11	0.6	5.03	0.14	0.12
3º corte - ELU3	38.11	0.6	5.03	0.14	0.12
3º corte - ELU4	33.23	0.52	4.48	0.12	0.10
3º corte - ELU5	33.23	0.52	4.48	0.12	0.10
3º corte - ELU6	22.2	0.35	3.05	0.08	0.07
3º corte - ELU7	22.2	0.35	3.05	0.08	0.07

Tabela 9 - Esforços na parede P. 5/1 (A.R.2)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	247.94	4.54	9.33	0.75	0.66
1º corte - ELU2	250.1	6.59	10.75	0.78	0.65
1º corte - ELU3	245.79	2.5	7.92	0.73	0.68
1º corte - ELU4	230.28	9.19	11.92	0.75	0.57
1º corte - ELU5	219.49	1.03	4.85	0.64	0.62
1º corte - ELU6	160.59	7.9	9.27	0.54	0.38
1º corte - ELU7	149.8	2.31	2.2	0.45	0.41
2º corte - ELU1	226.78	8.88	9.64	0.73	0.56
2º corte - ELU2	228.86	8.88	11.06	0.74	0.57
2º corte - ELU3	224.71	8.88	8.22	0.73	0.56
2º corte - ELU4	209.68	7.98	12.2	0.68	0.52
2º corte - ELU5	199.3	7.97	5.12	0.65	0.49
2º corte - ELU6	145.66	5.47	9.47	0.47	0.36
2º corte - ELU7	135.28	5.46	2.39	0.44	0.33
3º corte - ELU1	189.93	14.36	6.61	0.68	0.40
3º corte - ELU2	190.84	14.18	6.3	0.68	0.41
3º corte - ELU3	189.02	14.53	6.93	0.68	0.40
3º corte - ELU4	172.4	12.4	5.18	0.61	0.37
3º corte - ELU5	167.86	13.27	6.77	0.61	0.35
3º corte - ELU6	118.51	8.32	3.32	0.42	0.26
3º corte - ELU7	113.97	9.19	4.9	0.42	0.24

Tabela 10 - Esforços na parede P.5/2 (A.R.2)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	122.63	2.93	7.29	0.38	0.32
1º corte - ELU2	123.29	3.2	7.73	0.38	0.32
1º corte - ELU3	121.97	2.65	6.85	0.37	0.32
1º corte - ELU4	112.82	3.32	7.64	0.35	0.29
1º corte - ELU5	109.52	1.95	5.44	0.33	0.29
1º corte - ELU6	78.34	2.49	5.57	0.25	0.20
1º corte - ELU7	75.05	1.13	3.37	0.23	0.20
2º corte - ELU1	106.57	7.21	7.48	0.38	0.23
2º corte - ELU2	107.2	7.55	7.92	0.38	0.23
2º corte - ELU3	105.94	6.87	7.04	0.37	0.24
2º corte - ELU4	96.98	7.3	7.8	0.35	0.21
2º corte - ELU5	93.84	5.61	5.61	0.32	0.21
2º corte - ELU6	66.73	5.25	5.68	0.24	0.14
2º corte - ELU7	63.6	3.57	3.49	0.22	0.15
3º corte - ELU1	75.21	4.9	3.02	0.26	0.17
3º corte - ELU2	75.31	4.7	3.06	0.26	0.17
3º corte - ELU3	75.11	5.09	2.98	0.26	0.16
3º corte - ELU4	66.28	3.77	2.86	0.23	0.15
3º corte - ELU5	65.79	4.74	2.64	0.23	0.14
3º corte - ELU6	44.63	2.34	2.02	0.15	0.10
3º corte - ELU7	44.14	3.32	1.8	0.16	0.09

Tabela 11 - Esforços na parede P1/1 (A.R.3)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	370.99	6.46	12.52	1.12	1.00
1º corte - ELU2	365.47	2.79	10.11	1.07	1.02
1º corte - ELU3	376.51	10.12	14.92	1.17	0.98
1º corte - ELU4	322.78	3.34	5.26	0.95	0.89
1º corte - ELU5	350.37	14.98	17.29	1.15	0.85
1º corte - ELU6	218.52	5.17	1.72	0.67	0.57
1º corte - ELU7	246.12	13.15	13.75	0.83	0.57
2º corte - ELU1	345.74	11.62	12.99	1.10	0.87
2º corte - ELU2	340.42	11.79	10.58	1.09	0.86
2º corte - ELU3	351.06	11.45	15.4	1.12	0.89
2º corte - ELU4	299.18	10.89	5.67	0.96	0.75
2º corte - ELU5	325.77	10.04	17.73	1.03	0.83
2º corte - ELU6	201.74	7.61	2	0.65	0.50
2º corte - ELU7	228.33	6.76	14.06	0.72	0.59
3º corte - ELU1	302.33	21.39	14.15	1.07	0.65
3º corte - ELU2	299.18	21.19	14.49	1.06	0.65
3º corte - ELU3	305.47	21.59	13.82	1.08	0.66
3º corte - ELU4	264.28	18.72	13.65	0.94	0.57
3º corte - ELU5	280.02	19.72	11.97	0.99	0.61
3º corte - ELU6	178.83	12.67	9.67	0.64	0.39
3º corte - ELU7	194.56	13.67	7.99	0.69	0.42

Tabela 12 - Esforços na parede P. 1/2 (A.R.3)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	245.71	1.78	8.17	0.72	0.68
1º corte - ELU2	243.1	0.63	6.88	0.70	0.69
1º corte - ELU3	248.32	2.94	9.46	0.74	0.68
1º corte - ELU4	216.37	1.29	4.11	0.63	0.61
1º corte - ELU5	229.42	4.49	10.57	0.70	0.61
1º corte - ELU6	147.31	1.8	1.79	0.44	0.40
1º corte - ELU7	160.37	3.99	8.26	0.50	0.42
2º corte - ELU1	226.51	9.24	8.28	0.74	0.56
2º corte - ELU2	223.98	8.59	6.99	0.72	0.56
2º corte - ELU3	229.04	9.89	9.57	0.75	0.56
2º corte - ELU4	197.95	6.69	4.22	0.63	0.50
2º corte - ELU5	210.61	9.93	10.67	0.70	0.50
2º corte - ELU6	134.02	4.08	1.87	0.42	0.34
2º corte - ELU7	146.67	7.31	8.33	0.49	0.35
3º corte - ELU1	190.15	14.8	7.24	0.69	0.40
3º corte - ELU2	189.08	15.13	7.39	0.69	0.39
3º corte - ELU3	191.23	14.47	7.09	0.69	0.40
3º corte - ELU4	167.67	14.06	6.92	0.62	0.34
3º corte - ELU5	173.03	12.42	6.16	0.62	0.37
3º corte - ELU6	113.72	9.86	4.88	0.42	0.23
3º corte - ELU7	119.08	8.22	4.12	0.42	0.26

Tabela 13 - esforços na parede P. 1/3 (A.R.3)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	122.72	3.4	7.73	0.38	0.32
1º corte - ELU2	121.99	3.12	7.25	0.38	0.32
1º corte - ELU3	123.44	3.69	8.21	0.39	0.32
1º corte - ELU4	109.45	2.36	5.75	0.34	0.29
1º corte - ELU5	113.08	3.79	8.14	0.36	0.29
1º corte - ELU6	74.95	1.4	3.56	0.23	0.20
1º corte - ELU7	78.58	2.83	5.95	0.25	0.20
2º corte - ELU1	106.67	7.06	7.7	0.37	0.24
2º corte - ELU2	105.96	6.68	7.22	0.37	0.24
2º corte - ELU3	107.37	7.44	8.18	0.38	0.23
2º corte - ELU4	93.74	5.38	5.72	0.32	0.22
2º corte - ELU5	97.28	7.27	8.11	0.35	0.21
2º corte - ELU6	63.47	3.38	3.54	0.21	0.15
2º corte - ELU7	67.01	5.26	5.93	0.24	0.14
3º corte - ELU1	75.22	4.89	3.12	0.26	0.17
3º corte - ELU2	75.11	5.11	3.04	0.26	0.16
3º corte - ELU3	75.33	4.67	3.19	0.26	0.17
3º corte - ELU4	65.77	4.79	2.65	0.23	0.14
3º corte - ELU5	66.32	3.69	3.04	0.23	0.15
3º corte - ELU6	44.11	3.37	1.78	0.16	0.09
3º corte - ELU7	44.67	2.27	2.16	0.15	0.11

Tabela 14 - Esforços na parede P2/1 (A.R.3)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	46.46	2.82	27.32	0.19	0.12
1º corte - ELU2	44.25	2.24	25.02	0.18	0.12
1º corte - ELU3	48.66	3.4	29.62	0.21	0.12
1º corte - ELU4	36.39	1.11	18.76	0.14	0.11
1º corte - ELU5	47.4	4	30.26	0.21	0.10
1º corte - ELU6	23.28	0.32	11.02	0.08	0.07
1º corte - ELU7	34.29	3.2	22.52	0.16	0.07
2º corte - ELU1	26.42	1.4	4.45	0.11	0.07
2º corte - ELU2	26.26	1.41	6.5	0.11	0.07
2º corte - ELU3	26.57	1.39	2.4	0.11	0.07
2º corte - ELU4	23.46	1.24	9.14	0.09	0.06
2º corte - ELU5	24.24	1.21	1.12	0.10	0.06
2º corte - ELU6	16.01	0.84	7.89	0.06	0.04
2º corte - ELU7	16.79	0.81	2.38	0.07	0.05
3º corte - ELU1	56.16	4.49	38.4	0.25	0.13
3º corte - ELU2	57.76	5.01	40.47	0.26	0.13
3º corte - ELU3	54.56	3.97	36.33	0.23	0.13
3º corte - ELU4	54.65	5.36	39.69	0.25	0.11
3º corte - ELU5	46.65	2.76	29.32	0.19	0.12
3º corte - ELU6	38.8	4.1	28.82	0.18	0.07
3º corte - ELU7	30.8	1.49	18.45	0.12	0.08

Tabela 15 - Esforços na parede P. 2/2 (A.R.3)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	27.89	1.7	21.62	0.12	0.07
1º corte - ELU2	26.64	1.35	20.11	0.11	0.07
1º corte - ELU3	29.14	2.05	23.14	0.12	0.07
1º corte - ELU4	21.94	0.66	15.58	0.08	0.06
1º corte - ELU5	28.19	2.43	23.16	0.13	0.06
1º corte - ELU6	14.04	0.18	9.45	0.05	0.04
1º corte - ELU7	20.29	1.95	17.03	0.09	0.04
2º corte - ELU1	14.29	1.69	3.57	0.07	0.03
2º corte - ELU2	14.41	1.68	4.92	0.07	0.03
2º corte - ELU3	14.17	1.7	2.22	0.07	0.02
2º corte - ELU4	13.15	1.46	6.57	0.06	0.02
2º corte - ELU5	12.53	1.53	0.17	0.06	0.02
2º corte - ELU6	9.1	0.97	5.55	0.04	0.02
2º corte - ELU7	8.49	1.04	1.18	0.04	0.01
3º corte - ELU1	35.36	3.17	30.24	0.16	0.08
3º corte - ELU2	36.79	3.54	31.74	0.17	0.08
3º corte - ELU3	33.93	2.79	28.74	0.15	0.08
3º corte - ELU4	35.32	3.8	30.84	0.17	0.07
3º corte - ELU5	28.18	1.91	23.33	0.12	0.07
3º corte - ELU6	25.31	2.9	22.26	0.12	0.05
3º corte - ELU7	18.17	1.01	14.75	0.07	0.05

Tabela 16 - Esforços na parede P. 2/3 (A.R.3)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	10.81	0.69	17.13	0.05	0.03
1º corte - ELU2	10.35	0.55	16.53	0.04	0.03
1º corte - ELU3	11.26	0.82	17.73	0.05	0.03
1º corte - ELU4	8.42	0.29	13.78	0.03	0.02
1º corte - ELU5	10.7	0.96	16.78	0.05	0.02
1º corte - ELU6	5.33	0.1	8.9	0.02	0.02
1º corte - ELU7	7.61	0.77	11.91	0.04	0.02
2º corte - ELU1	2.69	2.15	2.36	0.04	-0.02
2º corte - ELU2	2.77	2.14	2.88	0.04	-0.02
2º corte - ELU3	2.6	2.16	1.84	0.04	-0.02
2º corte - ELU4	2.53	1.88	3.4	0.03	-0.02
2º corte - ELU5	2.1	1.93	0.79	0.03	-0.02
2º corte - ELU6	1.74	1.27	2.73	0.02	-0.01
2º corte - ELU7	1.31	1.32	0.11	0.02	-0.01
3º corte - ELU1	15.47	1.77	22.65	0.08	0.03
3º corte - ELU2	16.09	1.92	23.26	0.08	0.03
3º corte - ELU3	14.85	1.61	22.04	0.07	0.03
3º corte - ELU4	15.24	1.97	21.69	0.08	0.02
3º corte - ELU5	12.14	1.2	18.64	0.06	0.02
3º corte - ELU6	10.81	1.47	15.24	0.06	0.02
3º corte - ELU7	7.71	0.7	12.18	0.04	0.02

Tabela 17 - Esforços na parede P.3/1 (A.R.3)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	755.51	0	0	1.08	1.08
1º corte - ELU2	755.53	13.64	7.35	1.11	1.05
1º corte - ELU3	755.49	13.64	7.35	1.11	1.05
1º corte - ELU4	685.7	34.1	18.38	1.06	0.90
1º corte - ELU5	685.6	34.1	18.38	1.06	0.90
1º corte - ELU6	473.44	34.1	18.38	0.76	0.59
1º corte - ELU7	473.34	34.1	18.38	0.76	0.59
2º corte - ELU1	713.48	0	0	1.02	1.02
2º corte - ELU2	713.5	3.16	7.35	1.03	1.01
2º corte - ELU3	713.47	3.16	7.35	1.03	1.01
2º corte - ELU4	645.17	7.9	18.38	0.94	0.90
2º corte - ELU5	645.07	7.9	18.38	0.94	0.90
2º corte - ELU6	444.16	7.9	18.38	0.65	0.62
2º corte - ELU7	444.06	7.9	18.38	0.65	0.62
3º corte - ELU1	599.18	0	0	0.86	0.86
3º corte - ELU2	599.18	1.96	3.88	0.86	0.85
3º corte - ELU3	599.18	1.96	3.88	0.86	0.85
3º corte - ELU4	539.71	4.89	9.71	0.78	0.76
3º corte - ELU5	539.72	4.89	9.71	0.78	0.76
3º corte - ELU6	370.41	4.89	9.71	0.54	0.52
3º corte - ELU7	370.43	4.89	9.71	0.54	0.52

Tabela 18 - Esforços na parede P. 3/2 (A.R.3)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	499.58	0	0	0.71	0.71
1º corte - ELU2	499.59	5.06	4.69	0.73	0.70
1º corte - ELU3	499.57	5.06	4.69	0.73	0.70
1º corte - ELU4	453.28	12.65	11.72	0.68	0.62
1º corte - ELU5	453.24	12.65	11.72	0.68	0.62
1º corte - ELU6	312.9	12.65	11.72	0.48	0.42
1º corte - ELU7	312.85	12.65	11.72	0.48	0.42
2º corte - ELU1	464.73	0	0	0.66	0.66
2º corte - ELU2	464.73	1.43	4.69	0.67	0.66
2º corte - ELU3	464.74	1.43	4.69	0.67	0.66
2º corte - ELU4	419.25	3.56	11.73	0.61	0.59
2º corte - ELU5	419.26	3.56	11.73	0.61	0.59
2º corte - ELU6	288.1	3.56	11.73	0.42	0.40
2º corte - ELU7	288.11	3.56	11.73	0.42	0.40
3º corte - ELU1	371.46	0	0	0.53	0.53
3º corte - ELU2	371.45	1.06	2	0.53	0.53
3º corte - ELU3	371.47	1.06	2	0.53	0.53
3º corte - ELU4	332.94	2.65	4.99	0.48	0.47
3º corte - ELU5	333	2.65	4.99	0.48	0.47
3º corte - ELU6	227.61	2.65	4.99	0.33	0.32
3º corte - ELU7	227.67	2.65	4.99	0.33	0.32

Tabela 19 - Esforços na parede P. 3/3 (A.R.3)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	247.46	0	0	0.35	0.35
1º corte - ELU2	247.47	0.51	1.45	0.35	0.35
1º corte - ELU3	247.45	0.51	1.45	0.35	0.35
1º corte - ELU4	224.41	1.27	3.63	0.32	0.32
1º corte - ELU5	224.37	1.27	3.63	0.32	0.32
1º corte - ELU6	154.84	1.27	3.63	0.22	0.22
1º corte - ELU7	154.8	1.27	3.63	0.22	0.22
2º corte - ELU1	217.21	0	0	0.31	0.31
2º corte - ELU2	217.21	1.46	1.46	0.31	0.31
2º corte - ELU3	217.21	1.46	1.46	0.31	0.31
2º corte - ELU4	194.55	3.64	3.64	0.29	0.27
2º corte - ELU5	194.57	3.64	3.64	0.29	0.27
2º corte - ELU6	132.92	3.64	3.64	0.20	0.18
2º corte - ELU7	132.94	3.64	3.64	0.20	0.18
3º corte - ELU1	141.83	0	0	0.20	0.20
3º corte - ELU2	141.83	0.61	0.36	0.20	0.20
3º corte - ELU3	141.83	0.61	0.36	0.20	0.20
3º corte - ELU4	124.57	1.53	0.9	0.18	0.17
3º corte - ELU5	124.59	1.53	0.9	0.18	0.17
3º corte - ELU6	83.76	1.53	0.9	0.12	0.12
3º corte - ELU7	83.77	1.53	0.9	0.12	0.12

Tabela 20 - Esforços na parede P. 4/1 (A.R.3)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	56.16	4.49	38.4	0.25	0.13
1º corte - ELU2	54.65	3.98	36.35	0.24	0.13
1º corte - ELU3	57.67	5.01	40.45	0.26	0.13
1º corte - ELU4	46.88	2.77	29.38	0.19	0.12
1º corte - ELU5	54.43	5.36	39.63	0.25	0.11
1º corte - ELU6	31.03	1.5	18.51	0.12	0.08
1º corte - ELU7	38.57	4.09	28.76	0.18	0.07
2º corte - ELU1	26.42	1.4	4.45	0.11	0.07
2º corte - ELU2	26.64	1.39	2.41	0.11	0.07
2º corte - ELU3	26.19	1.4	6.48	0.11	0.07
2º corte - ELU4	24.42	1.21	1.07	0.10	0.07
2º corte - ELU5	23.28	1.24	9.1	0.09	0.06
2º corte - ELU6	16.97	0.81	2.33	0.07	0.05
2º corte - ELU7	15.83	0.84	7.84	0.06	0.04
3º corte - ELU1	46.46	2.82	27.32	0.19	0.12
3º corte - ELU2	48.71	3.39	29.6	0.21	0.12
3º corte - ELU3	44.2	2.25	25.04	0.18	0.12
3º corte - ELU4	47.53	3.98	30.21	0.21	0.11
3º corte - ELU5	36.26	1.13	18.82	0.14	0.11
3º corte - ELU6	34.42	3.19	22.47	0.16	0.07
3º corte - ELU7	23.15	0.33	11.08	0.08	0.07

Tabela 21 - Esforços na parede P.4/2 (A.R.3)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	35.36	3.17	30.24	0.16	0.08
1º corte - ELU2	34.03	2.79	28.75	0.15	0.08
1º corte - ELU3	36.69	3.54	31.73	0.17	0.08
1º corte - ELU4	28.42	1.92	23.36	0.12	0.07
1º corte - ELU5	35.08	3.79	30.82	0.17	0.07
1º corte - ELU6	18.41	1.02	14.78	0.07	0.05
1º corte - ELU7	25.07	2.89	22.24	0.12	0.05
2º corte - ELU1	14.29	1.69	3.57	0.07	0.03
2º corte - ELU2	14.26	1.7	2.23	0.07	0.02
2º corte - ELU3	14.32	1.68	4.92	0.07	0.03
2º corte - ELU4	12.76	1.52	0.16	0.06	0.02
2º corte - ELU5	12.92	1.46	6.56	0.06	0.02
2º corte - ELU6	8.72	1.04	1.18	0.04	0.02
2º corte - ELU7	8.87	0.97	5.55	0.04	0.02
3º corte - ELU1	27.89	1.7	21.62	0.12	0.07
3º corte - ELU2	29.23	2.06	23.14	0.12	0.07
3º corte - ELU3	26.55	1.34	20.11	0.11	0.07
3º corte - ELU4	28.41	2.43	23.16	0.13	0.06
3º corte - ELU5	21.72	0.65	15.58	0.08	0.06
3º corte - ELU6	20.51	1.96	17.03	0.09	0.04
3º corte - ELU7	13.82	0.17	9.45	0.05	0.04

Tabela 22 - Esforços na parede P.4/3 (A.R.3)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	15.47	1.77	22.65	0.08	0.03
1º corte - ELU2	14.9	1.62	22.04	0.07	0.03
1º corte - ELU3	16.04	1.92	23.26	0.08	0.03
1º corte - ELU4	12.27	1.2	18.64	0.06	0.02
1º corte - ELU5	15.11	1.96	21.69	0.08	0.02
1º corte - ELU6	7.84	0.7	12.18	0.04	0.02
1º corte - ELU7	10.68	1.46	15.24	0.06	0.02
2º corte - ELU1	2.69	2.15	2.36	0.04	-0.02
2º corte - ELU2	2.66	2.16	1.84	0.04	-0.02
2º corte - ELU3	2.72	2.14	2.88	0.04	-0.02
2º corte - ELU4	2.23	1.93	0.78	0.03	-0.02
2º corte - ELU5	2.39	1.89	3.4	0.03	-0.02
2º corte - ELU6	1.45	1.31	0.11	0.02	-0.01
2º corte - ELU7	1.61	1.27	2.73	0.02	-0.01
3º corte - ELU1	10.81	0.69	17.13	0.05	0.03
3º corte - ELU2	11.32	0.82	17.73	0.05	0.03
3º corte - ELU3	10.29	0.55	16.53	0.04	0.03
3º corte - ELU4	10.84	0.97	16.79	0.05	0.02
3º corte - ELU5	8.28	0.28	13.77	0.03	0.02
3º corte - ELU6	7.75	0.78	11.92	0.04	0.02
3º corte - ELU7	5.19	0.09	8.89	0.02	0.02

Tabela 23 - Esforços na parede P.5/1 (A.R.3)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	370.99	6.46	12.52	1.12	1.00
1º corte - ELU2	376.48	10.08	14.9	1.17	0.98
1º corte - ELU3	365.49	2.84	10.14	1.07	1.02
1º corte - ELU4	350.32	14.87	17.22	1.15	0.86
1º corte - ELU5	322.83	3.23	5.32	0.95	0.89
1º corte - ELU6	246.07	13.04	13.68	0.83	0.58
1º corte - ELU7	218.57	5.06	1.78	0.67	0.57
2º corte - ELU1	345.74	11.62	12.99	1.10	0.87
2º corte - ELU2	351.04	11.46	15.38	1.12	0.89
2º corte - ELU3	340.44	11.79	10.6	1.09	0.86
2º corte - ELU4	325.72	10.06	17.67	1.03	0.83
2º corte - ELU5	299.23	10.88	5.73	0.96	0.75
2º corte - ELU6	228.28	6.77	14	0.72	0.59
2º corte - ELU7	201.79	7.59	2.06	0.65	0.50
3º corte - ELU1	302.33	21.39	14.15	1.07	0.65
3º corte - ELU2	305.48	21.62	13.89	1.08	0.66
3º corte - ELU3	299.17	21.16	14.41	1.06	0.65
3º corte - ELU4	280.04	19.8	12.16	0.99	0.61
3º corte - ELU5	264.26	18.64	13.47	0.94	0.57
3º corte - ELU6	194.58	13.74	8.18	0.69	0.42
3º corte - ELU7	178.8	12.59	9.48	0.63	0.39

Tabela 24 - Esforços na parede P.5/2 (A.R.3)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	245.71	1.78	8.17	0.72	0.68
1º corte - ELU2	248.34	2.97	9.48	0.74	0.68
1º corte - ELU3	243.08	0.6	6.86	0.70	0.69
1º corte - ELU4	229.47	4.56	10.61	0.70	0.61
1º corte - ELU5	216.32	1.36	4.07	0.63	0.60
1º corte - ELU6	160.42	4.06	8.3	0.50	0.42
1º corte - ELU7	147.27	1.87	1.75	0.44	0.40
2º corte - ELU1	226.51	9.24	8.28	0.74	0.56
2º corte - ELU2	229.04	9.88	9.59	0.75	0.56
2º corte - ELU3	223.98	8.6	6.98	0.72	0.56
2º corte - ELU4	210.61	9.92	10.71	0.70	0.50
2º corte - ELU5	197.95	6.7	4.18	0.63	0.50
2º corte - ELU6	146.67	7.31	8.37	0.49	0.35
2º corte - ELU7	134.01	4.09	1.83	0.42	0.34
3º corte - ELU1	190.15	14.8	7.24	0.69	0.40
3º corte - ELU2	191.24	14.49	7.16	0.69	0.40
3º corte - ELU3	189.07	15.11	7.33	0.69	0.39
3º corte - ELU4	173.05	12.47	6.33	0.62	0.37
3º corte - ELU5	167.65	14.01	6.76	0.62	0.34
3º corte - ELU6	119.11	8.27	4.29	0.42	0.26
3º corte - ELU7	113.7	9.8	4.71	0.42	0.23

Tabela 25 - Esforços na parede P.5/3 (A.R.3)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	122.72	3.4	7.73	0.38	0.32
1º corte - ELU2	123.46	3.71	8.23	0.39	0.32
1º corte - ELU3	121.97	3.1	7.23	0.38	0.32
1º corte - ELU4	113.13	3.85	8.19	0.36	0.29
1º corte - ELU5	109.41	2.3	5.7	0.34	0.29
1º corte - ELU6	78.63	2.89	6	0.25	0.20
1º corte - ELU7	74.91	1.35	3.51	0.23	0.20
2º corte - ELU1	106.67	7.06	7.7	0.37	0.24
2º corte - ELU2	107.38	7.44	8.2	0.38	0.23
2º corte - ELU3	105.96	6.68	7.2	0.37	0.24
2º corte - ELU4	97.29	7.28	8.16	0.35	0.21
2º corte - ELU5	93.74	5.37	5.67	0.32	0.22
2º corte - ELU6	67.01	5.28	5.98	0.24	0.14
2º corte - ELU7	63.47	3.36	3.49	0.21	0.15
3º corte - ELU1	75.22	4.89	3.12	0.26	0.17
3º corte - ELU2	75.33	4.67	3.16	0.26	0.17
3º corte - ELU3	75.11	5.11	3.07	0.26	0.16
3º corte - ELU4	66.33	3.69	2.95	0.23	0.15
3º corte - ELU5	65.76	4.8	2.73	0.23	0.14
3º corte - ELU6	44.68	2.27	2.08	0.15	0.11
3º corte - ELU7	44.11	3.38	1.86	0.16	0.09

Tabela 26 - Esforços na parede P.1/1 (A.R.4)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	493.77	8.39	15.68	1.49	1.33
1º corte - ELU2	482.87	2.91	12.21	1.41	1.35
1º corte - ELU3	504.66	13.87	19.15	1.58	1.31
1º corte - ELU4	420.8	6.14	5.46	1.26	1.14
1º corte - ELU5	475.26	21.28	22.82	1.57	1.15
1º corte - ELU6	282.06	8.5	1.03	0.89	0.72
1º corte - ELU7	336.52	18.91	18.39	1.15	0.78
2º corte - ELU1	464.45	14.32	16.32	1.47	1.19
2º corte - ELU2	453.94	14.74	12.83	1.44	1.15
2º corte - ELU3	474.95	13.89	19.81	1.49	1.22
2º corte - ELU4	393.97	13.98	6	1.26	0.99
2º corte - ELU5	446.49	11.84	23.44	1.39	1.16
2º corte - ELU6	263.18	9.94	1.4	0.85	0.65
2º corte - ELU7	315.7	7.8	18.83	0.98	0.83
3º corte - ELU1	414.44	28.56	21.7	1.46	0.90
3º corte - ELU2	407.25	27.7	21.89	1.43	0.89
3º corte - ELU3	421.64	29.42	21.51	1.49	0.92
3º corte - ELU4	355.94	23.59	20.13	1.25	0.79
3º corte - ELU5	391.91	27.87	19.19	1.39	0.85
3º corte - ELU6	238.99	15.52	14.02	0.83	0.53
3º corte - ELU7	274.96	19.8	13.09	0.98	0.59

Tabela 27 - Esforços na parede P.1/2 (A.R.4)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	368.36	0.83	10.33	1.06	1.04
1º corte - ELU2	361.91	1.48	8.08	1.05	1.02
1º corte - ELU3	374.8	3.14	12.58	1.10	1.04
1º corte - ELU4	318.12	5.04	3.66	0.96	0.86
1º corte - ELU5	350.34	6.51	14.93	1.06	0.94
1º corte - ELU6	214.62	5.28	0.74	0.66	0.56
1º corte - ELU7	246.83	6.27	12.01	0.77	0.64
2º corte - ELU1	346.03	12.97	10.46	1.12	0.86
2º corte - ELU2	339.78	12.12	8.21	1.09	0.85
2º corte - ELU3	352.28	13.81	12.71	1.14	0.87
2º corte - ELU4	297.16	9.58	3.79	0.94	0.76
2º corte - ELU5	328.4	13.8	15.04	1.07	0.80
2º corte - ELU6	199.64	5.92	0.84	0.63	0.51
2º corte - ELU7	230.89	10.14	12.08	0.76	0.56
3º corte - ELU1	303.19	22.08	15.61	1.08	0.65
3º corte - ELU2	299.6	22.05	15.55	1.07	0.64
3º corte - ELU3	306.78	22.12	15.66	1.09	0.66
3º corte - ELU4	263.99	19.76	14	0.95	0.56
3º corte - ELU5	281.93	19.94	14.25	1.00	0.61
3º corte - ELU6	178.29	13.51	9.61	0.64	0.38
3º corte - ELU7	196.23	13.69	9.86	0.69	0.43

Tabela 28 - Esforços na parede P.1/3 (A.R.4)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	246.26	2.71	9.09	0.73	0.68
1º corte - ELU2	243.37	1.42	7.64	0.71	0.68
1º corte - ELU3	249.16	4.01	10.53	0.75	0.67
1º corte - ELU4	216.19	0.78	4.56	0.63	0.61
1º corte - ELU5	230.65	5.68	11.79	0.71	0.60
1º corte - ELU6	146.98	1.55	1.99	0.44	0.40
1º corte - ELU7	161.44	4.92	9.22	0.51	0.41
2º corte - ELU1	227.06	9	8.76	0.74	0.56
2º corte - ELU2	224.26	8.28	7.32	0.72	0.56
2º corte - ELU3	229.86	9.72	10.2	0.75	0.56
2º corte - ELU4	197.79	6.29	4.29	0.63	0.50
2º corte - ELU5	211.81	9.89	11.48	0.70	0.51
2º corte - ELU6	133.71	3.75	1.81	0.42	0.35
2º corte - ELU7	147.72	7.35	9	0.49	0.35
3º corte - ELU1	190.43	14.83	7.27	0.69	0.40
3º corte - ELU2	189.25	15.19	7.42	0.69	0.39
3º corte - ELU3	191.62	14.46	7.11	0.69	0.41
3º corte - ELU4	167.65	14.18	6.95	0.62	0.34
3º corte - ELU5	173.57	12.35	6.17	0.62	0.37
3º corte - ELU6	113.63	9.97	4.9	0.42	0.23
3º corte - ELU7	119.55	8.14	4.13	0.42	0.26

Tabela 29 - Esforços na parede P.1/4 (A.R.4)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	122.92	3.53	8.05	0.39	0.32
1º corte - ELU2	122.12	3.21	7.52	0.38	0.32
1º corte - ELU3	123.72	3.85	8.58	0.39	0.32
1º corte - ELU4	109.46	2.4	5.91	0.34	0.29
1º corte - ELU5	113.45	4	8.56	0.36	0.28
1º corte - ELU6	74.91	1.41	3.64	0.23	0.20
1º corte - ELU7	78.89	3	6.28	0.25	0.20
2º corte - ELU1	106.86	7.13	7.84	0.38	0.24
2º corte - ELU2	106.08	6.72	7.32	0.37	0.24
2º corte - ELU3	107.64	7.54	8.37	0.38	0.23
2º corte - ELU4	93.75	5.36	5.73	0.32	0.22
2º corte - ELU5	97.63	7.42	8.37	0.35	0.21
2º corte - ELU6	63.43	3.34	3.51	0.21	0.15
2º corte - ELU7	67.31	5.4	6.15	0.25	0.14
3º corte - ELU1	75.26	4.83	3.14	0.26	0.17
3º corte - ELU2	75.13	5.08	3.05	0.26	0.16
3º corte - ELU3	75.38	4.59	3.22	0.26	0.17
3º corte - ELU4	65.77	4.8	2.65	0.23	0.14
3º corte - ELU5	66.38	3.59	3.07	0.22	0.15
3º corte - ELU6	44.11	3.39	1.78	0.16	0.09
3º corte - ELU7	44.72	2.18	2.19	0.15	0.11

Tabela 30 - Esforços na parede P.2/1 (A.R.4)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	64.13	3.79	32.88	0.26	0.16
1º corte - ELU2	60.58	2.91	29.35	0.24	0.16
1º corte - ELU3	67.69	4.66	36.4	0.29	0.16
1º corte - ELU4	49.05	1.25	20.74	0.18	0.15
1º corte - ELU5	66.84	5.62	38.37	0.30	0.15
1º corte - ELU6	30.97	0.18	11.43	0.11	0.10
1º corte - ELU7	48.76	4.55	29.07	0.22	0.10
2º corte - ELU1	37.96	1.18	5.52	0.14	0.11
2º corte - ELU2	37.57	1.19	8.62	0.14	0.11
2º corte - ELU3	38.35	1.17	2.43	0.14	0.11
2º corte - ELU4	33.35	1.05	12.73	0.13	0.10
2º corte - ELU5	35.31	1.01	2.75	0.13	0.10
2º corte - ELU6	22.66	0.71	11.17	0.09	0.07
2º corte - ELU7	24.61	0.66	4.31	0.09	0.07
3º corte - ELU1	76.65	5.75	46.99	0.33	0.18
3º corte - ELU2	78.79	6.52	50	0.35	0.18
3º corte - ELU3	74.51	4.98	43.99	0.31	0.18
3º corte - ELU4	74.61	7.14	49.81	0.34	0.15
3º corte - ELU5	63.89	3.27	34.79	0.26	0.17
3º corte - ELU6	53.01	5.52	36.53	0.25	0.10
3º corte - ELU7	42.29	1.65	21.51	0.16	0.12

Tabela 31 - Esforços na parede P.2/2 (A.R.4)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	45.05	2.54	27.43	0.18	0.12
1º corte - ELU2	42.54	1.86	24.62	0.17	0.12
1º corte - ELU3	47.55	3.21	30.23	0.20	0.12
1º corte - ELU4	34.37	0.62	17.62	0.12	0.11
1º corte - ELU5	46.89	3.98	31.64	0.21	0.10
1º corte - ELU6	21.66	0.09	9.86	0.07	0.07
1º corte - ELU7	34.18	3.27	23.87	0.16	0.07
2º corte - ELU1	25.29	1.56	4.7	0.11	0.06
2º corte - ELU2	25.33	1.55	7.2	0.11	0.06
2º corte - ELU3	25.26	1.58	2.2	0.11	0.06
2º corte - ELU4	22.92	1.33	10.48	0.09	0.06
2º corte - ELU5	22.74	1.43	2.03	0.09	0.06
2º corte - ELU6	15.78	0.88	9.15	0.06	0.04
2º corte - ELU7	15.6	0.98	3.36	0.07	0.04
3º corte - ELU1	55.33	4.32	39.12	0.24	0.13
3º corte - ELU2	57.64	5	41.76	0.26	0.13
3º corte - ELU3	53.02	3.64	36.48	0.23	0.13
3º corte - ELU4	55.66	5.61	41.75	0.26	0.11
3º corte - ELU5	44.11	2.19	28.54	0.18	0.12
3º corte - ELU6	40.04	4.39	30.67	0.19	0.07
3º corte - ELU7	28.48	0.97	17.46	0.11	0.08

Tabela 32 - Esforços na parede P.2/3 (A.R.4)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	28.19	1.78	21.66	0.12	0.07
1º corte - ELU2	26.78	1.38	19.98	0.11	0.07
1º corte - ELU3	29.6	2.17	23.33	0.13	0.07
1º corte - ELU4	21.82	0.63	15.22	0.08	0.06
1º corte - ELU5	28.86	2.6	23.6	0.13	0.06
1º corte - ELU6	13.84	0.13	9.07	0.05	0.04
1º corte - ELU7	20.88	2.11	17.46	0.10	0.04
2º corte - ELU1	14.34	1.68	3.31	0.07	0.03
2º corte - ELU2	14.45	1.67	4.8	0.07	0.03
2º corte - ELU3	14.23	1.69	1.82	0.07	0.02
2º corte - ELU4	13.17	1.46	6.68	0.06	0.02
2º corte - ELU5	12.6	1.52	0.77	0.06	0.02
2º corte - ELU6	9.11	0.97	5.73	0.04	0.02
2º corte - ELU7	8.54	1.03	1.71	0.04	0.01
3º corte - ELU1	35.16	3.11	29.7	0.16	0.08
3º corte - ELU2	36.73	3.52	31.37	0.17	0.08
3º corte - ELU3	33.59	2.69	28.03	0.15	0.08
3º corte - ELU4	35.49	3.83	30.76	0.17	0.07
3º corte - ELU5	27.63	1.76	22.42	0.12	0.07
3º corte - ELU6	25.53	2.95	22.33	0.12	0.05
3º corte - ELU7	17.68	0.88	13.99	0.07	0.05

Tabela 33 - Esforços na parede P.2/4 (A.R.4)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	10.93	0.72	17.11	0.05	0.03
1º corte - ELU2	10.42	0.57	16.46	0.04	0.03
1º corte - ELU3	11.43	0.87	17.77	0.05	0.03
1º corte - ELU4	8.41	0.29	13.63	0.03	0.02
1º corte - ELU5	10.94	1.03	16.92	0.05	0.02
1º corte - ELU6	5.29	0.09	8.76	0.02	0.02
1º corte - ELU7	7.81	0.83	12.05	0.04	0.01
2º corte - ELU1	2.67	2.16	2.22	0.04	-0.02
2º corte - ELU2	2.76	2.15	2.79	0.04	-0.02
2º corte - ELU3	2.58	2.17	1.65	0.04	-0.02
2º corte - ELU4	2.52	1.89	3.39	0.03	-0.02
2º corte - ELU5	2.07	1.94	0.53	0.03	-0.02
2º corte - ELU6	1.74	1.27	2.76	0.02	-0.01
2º corte - ELU7	1.29	1.32	0.11	0.02	-0.01
3º corte - ELU1	15.31	1.73	22.31	0.07	0.03
3º corte - ELU2	15.98	1.89	22.98	0.08	0.03
3º corte - ELU3	14.63	1.56	21.64	0.07	0.03
3º corte - ELU4	15.23	1.96	21.53	0.08	0.02
3º corte - ELU5	11.85	1.12	18.18	0.05	0.02
3º corte - ELU6	10.84	1.47	15.17	0.06	0.02
3º corte - ELU7	7.46	0.63	11.82	0.03	0.02

Tabela 34 - Esforços na parede P.3/1 (A.R.4)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	1010.88	0	0	1.44	1.44
1º corte - ELU2	1010.9	21.43	10.4	1.50	1.39
1º corte - ELU3	1010.85	21.43	10.4	1.50	1.39
1º corte - ELU4	917.5	53.58	26	1.44	1.18
1º corte - ELU5	917.38	53.58	26	1.44	1.18
1º corte - ELU6	633.5	53.58	26	1.04	0.77
1º corte - ELU7	633.38	53.58	26	1.04	0.77
2º corte - ELU1	963.29	0	0	1.38	1.38
2º corte - ELU2	963.31	6.53	10.4	1.39	1.36
2º corte - ELU3	963.27	6.53	10.4	1.39	1.36
2º corte - ELU4	871.92	16.33	26	1.29	1.21
2º corte - ELU5	871.81	16.33	26	1.29	1.21
2º corte - ELU6	600.74	16.33	26	0.90	0.82
2º corte - ELU7	600.62	16.33	26	0.90	0.82
3º corte - ELU1	827.77	0	0	1.18	1.18
3º corte - ELU2	827.77	4.94	5.45	1.19	1.17
3º corte - ELU3	827.77	4.94	5.45	1.19	1.17
3º corte - ELU4	747.2	12.35	13.62	1.10	1.04
3º corte - ELU5	747.2	12.35	13.62	1.10	1.04
3º corte - ELU6	513.69	12.35	13.62	0.76	0.70
3º corte - ELU7	513.69	12.35	13.62	0.76	0.70

Tabela 35 - Esforços na parede P.3/2 (A.R.4)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	752.26	0	0	1.07	1.07
1º corte - ELU2	752.27	10.47	7.95	1.10	1.05
1º corte - ELU3	752.25	10.47	7.95	1.10	1.05
1º corte - ELU4	682.64	26.18	19.88	1.04	0.91
1º corte - ELU5	682.58	26.18	19.88	1.04	0.91
1º corte - ELU6	471.28	26.18	19.88	0.74	0.61
1º corte - ELU7	471.21	26.18	19.88	0.74	0.61
2º corte - ELU1	712.9	0	0	1.02	1.02
2º corte - ELU2	712.91	0.59	7.96	1.02	1.02
2º corte - ELU3	712.9	0.59	7.96	1.02	1.02
2º corte - ELU4	644.52	1.48	19.91	0.92	0.92
2º corte - ELU5	644.51	1.48	19.91	0.92	0.92
2º corte - ELU6	443.65	1.48	19.91	0.64	0.63
2º corte - ELU7	443.64	1.48	19.91	0.64	0.63
3º corte - ELU1	598.57	0	0	0.86	0.86
3º corte - ELU2	598.56	0.23	3.3	0.86	0.85
3º corte - ELU3	598.58	0.23	3.3	0.86	0.85
3º corte - ELU4	539.09	0.57	8.25	0.77	0.77
3º corte - ELU5	539.13	0.57	8.25	0.77	0.77
3º corte - ELU6	369.96	0.57	8.25	0.53	0.53
3º corte - ELU7	370	0.57	8.25	0.53	0.53

Tabela 36 - Esforços na parede P.3/3 (A.R.4)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	498.43	0	0	0.71	0.71
1º corte - ELU2	498.44	3.98	4.72	0.72	0.70
1º corte - ELU3	498.42	3.98	4.72	0.72	0.70
1º corte - ELU4	452.21	9.95	11.8	0.67	0.62
1º corte - ELU5	452.15	9.95	11.8	0.67	0.62
1º corte - ELU6	312.14	9.95	11.8	0.47	0.42
1º corte - ELU7	312.08	9.95	11.8	0.47	0.42
2º corte - ELU1	463.63	0	0	0.66	0.66
2º corte - ELU2	463.63	2.52	4.73	0.67	0.66
2º corte - ELU3	463.63	2.52	4.73	0.67	0.66
2º corte - ELU4	418.22	6.3	11.83	0.61	0.58
2º corte - ELU5	418.22	6.3	11.83	0.61	0.58
2º corte - ELU6	287.37	6.3	11.83	0.43	0.40
2º corte - ELU7	287.37	6.3	11.83	0.43	0.40
3º corte - ELU1	370.9	0	0	0.53	0.53
3º corte - ELU2	370.89	1.48	1.8	0.53	0.53
3º corte - ELU3	370.91	1.48	1.8	0.53	0.53
3º corte - ELU4	332.42	3.7	4.5	0.48	0.47
3º corte - ELU5	332.48	3.7	4.5	0.48	0.47
3º corte - ELU6	227.24	3.7	4.5	0.33	0.32
3º corte - ELU7	227.3	3.7	4.5	0.33	0.32

Tabela 37 - Esforços na parede P.3/4 (A.R.4)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	247.06	0	0	0.35	0.35
1º corte - ELU2	247.07	0.34	1.52	0.35	0.35
1º corte - ELU3	247.05	0.34	1.52	0.35	0.35
1º corte - ELU4	224.03	0.84	3.79	0.32	0.32
1º corte - ELU5	223.99	0.84	3.79	0.32	0.32
1º corte - ELU6	154.57	0.84	3.79	0.22	0.22
1º corte - ELU7	154.53	0.84	3.79	0.22	0.22
2º corte - ELU1	216.83	0	0	0.31	0.31
2º corte - ELU2	216.83	1.71	1.52	0.31	0.31
2º corte - ELU3	216.83	1.71	1.52	0.31	0.31
2º corte - ELU4	194.19	4.28	3.8	0.29	0.27
2º corte - ELU5	194.21	4.28	3.8	0.29	0.27
2º corte - ELU6	132.67	4.28	3.8	0.20	0.18
2º corte - ELU7	132.68	4.28	3.8	0.20	0.18
3º corte - ELU1	141.77	0	0	0.20	0.20
3º corte - ELU2	141.76	0.69	0.33	0.20	0.20
3º corte - ELU3	141.77	0.69	0.33	0.20	0.20
3º corte - ELU4	124.51	1.72	0.82	0.18	0.17
3º corte - ELU5	124.53	1.72	0.82	0.18	0.17
3º corte - ELU6	83.71	1.72	0.82	0.12	0.12
3º corte - ELU7	83.73	1.72	0.82	0.12	0.12

Tabela 38 - Esforços na parede P.4/1 (A.R.4)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	76.65	5.75	46.99	0.33	0.18
1º corte - ELU2	74.6	4.98	44.01	0.32	0.18
1º corte - ELU3	78.7	6.52	49.97	0.35	0.18
1º corte - ELU4	64.12	3.28	34.85	0.26	0.17
1º corte - ELU5	74.39	7.13	49.76	0.34	0.15
1º corte - ELU6	42.51	1.66	21.57	0.16	0.12
1º corte - ELU7	52.78	5.51	36.47	0.25	0.10
2º corte - ELU1	37.96	1.18	5.52	0.14	0.11
2º corte - ELU2	38.43	1.17	2.45	0.14	0.11
2º corte - ELU3	37.5	1.19	8.6	0.14	0.11
2º corte - ELU4	35.49	1.01	2.71	0.13	0.10
2º corte - ELU5	33.17	1.05	12.68	0.12	0.10
2º corte - ELU6	24.79	0.67	4.26	0.09	0.07
2º corte - ELU7	22.48	0.7	11.12	0.08	0.07
3º corte - ELU1	64.13	3.79	32.88	0.26	0.16
3º corte - ELU2	67.75	4.66	36.38	0.29	0.16
3º corte - ELU3	60.52	2.92	29.37	0.24	0.16
3º corte - ELU4	66.97	5.61	38.32	0.30	0.15
3º corte - ELU5	48.92	1.26	20.79	0.18	0.15
3º corte - ELU6	48.89	4.54	29.01	0.22	0.10
3º corte - ELU7	30.84	0.19	11.49	0.11	0.10

Tabela 39 - Esforços na parede P.4/2 (A.R.4)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	55.33	4.32	39.12	0.24	0.13
1º corte - ELU2	53.12	3.64	36.49	0.23	0.13
1º corte - ELU3	57.55	5	41.75	0.26	0.13
1º corte - ELU4	44.35	2.2	28.56	0.18	0.12
1º corte - ELU5	55.42	5.6	41.73	0.26	0.11
1º corte - ELU6	28.72	0.98	17.48	0.11	0.08
1º corte - ELU7	39.8	4.38	30.65	0.19	0.07
2º corte - ELU1	25.29	1.56	4.7	0.11	0.06
2º corte - ELU2	25.35	1.58	2.2	0.11	0.06
2º corte - ELU3	25.24	1.55	7.2	0.10	0.06
2º corte - ELU4	22.97	1.42	2.02	0.10	0.06
2º corte - ELU5	22.69	1.33	10.47	0.09	0.06
2º corte - ELU6	15.83	0.97	3.35	0.07	0.04
2º corte - ELU7	15.55	0.88	9.14	0.06	0.04
3º corte - ELU1	45.05	2.54	27.43	0.18	0.12
3º corte - ELU2	47.64	3.21	30.23	0.20	0.12
3º corte - ELU3	42.45	1.86	24.62	0.17	0.12
3º corte - ELU4	47.11	3.99	31.64	0.21	0.10
3º corte - ELU5	34.15	0.61	17.62	0.12	0.11
3º corte - ELU6	34.4	3.27	23.87	0.16	0.07
3º corte - ELU7	21.44	0.1	9.86	0.07	0.07

Tabela 40 - Esforços na parede P. 4/3 (A.R.4)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	35.16	3.11	29.7	0.16	0.08
1º corte - ELU2	33.69	2.69	28.04	0.15	0.08
1º corte - ELU3	36.63	3.52	31.36	0.17	0.08
1º corte - ELU4	27.88	1.77	22.44	0.12	0.07
1º corte - ELU5	35.24	3.82	30.73	0.17	0.07
1º corte - ELU6	17.92	0.89	14.01	0.07	0.05
1º corte - ELU7	25.28	2.95	22.3	0.12	0.04
2º corte - ELU1	14.34	1.68	3.31	0.07	0.03
2º corte - ELU2	14.32	1.69	1.82	0.07	0.03
2º corte - ELU3	14.36	1.67	4.79	0.07	0.03
2º corte - ELU4	12.84	1.51	0.76	0.06	0.02
2º corte - ELU5	12.93	1.46	6.66	0.06	0.02
2º corte - ELU6	8.78	1.03	1.7	0.04	0.02
2º corte - ELU7	8.87	0.97	5.72	0.04	0.02
3º corte - ELU1	28.19	1.78	21.66	0.12	0.07
3º corte - ELU2	29.69	2.18	23.33	0.13	0.07
3º corte - ELU3	26.7	1.38	19.98	0.11	0.07
3º corte - ELU4	29.08	2.61	23.6	0.13	0.06
3º corte - ELU5	21.6	0.62	15.22	0.08	0.06
3º corte - ELU6	21.1	2.11	17.46	0.10	0.04
3º corte - ELU7	13.62	0.12	9.08	0.05	0.04

Tabela 41 - Esforços na parede P.4/4 (A.R.4)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	15.31	1.73	22.31	0.07	0.03
1º corte - ELU2	14.69	1.56	21.64	0.07	0.03
1º corte - ELU3	15.93	1.89	22.98	0.08	0.03
1º corte - ELU4	11.99	1.13	18.18	0.06	0.02
1º corte - ELU5	15.09	1.96	21.53	0.08	0.02
1º corte - ELU6	7.6	0.64	11.82	0.03	0.02
1º corte - ELU7	10.7	1.47	15.17	0.06	0.02
2º corte - ELU1	2.67	2.16	2.22	0.04	-0.02
2º corte - ELU2	2.64	2.16	1.65	0.04	-0.02
2º corte - ELU3	2.7	2.15	2.8	0.04	-0.02
2º corte - ELU4	2.21	1.93	0.53	0.03	-0.02
2º corte - ELU5	2.37	1.89	3.4	0.03	-0.02
2º corte - ELU6	1.44	1.31	0.11	0.02	-0.01
2º corte - ELU7	1.59	1.28	2.76	0.02	-0.01
3º corte - ELU1	10.93	0.72	17.11	0.05	0.03
3º corte - ELU2	11.49	0.87	17.78	0.05	0.03
3º corte - ELU3	10.36	0.57	16.45	0.04	0.03
3º corte - ELU4	11.08	1.04	16.93	0.05	0.02
3º corte - ELU5	8.27	0.28	13.62	0.03	0.02
3º corte - ELU6	7.96	0.84	12.06	0.04	0.02
3º corte - ELU7	5.14	0.08	8.75	0.02	0.02

Tabela 42 - Esforços na parede P.5/1 (A.R.4)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	493.77	8.39	15.68	1.49	1.33
1º corte - ELU2	504.64	13.83	19.12	1.58	1.31
1º corte - ELU3	482.9	2.95	12.23	1.41	1.35
1º corte - ELU4	475.2	21.17	22.75	1.57	1.15
1º corte - ELU5	420.86	6.03	5.52	1.26	1.14
1º corte - ELU6	336.46	18.81	18.33	1.15	0.78
1º corte - ELU7	282.12	8.39	1.1	0.89	0.72
2º corte - ELU1	464.45	14.32	16.32	1.47	1.19
2º corte - ELU2	474.93	13.9	19.78	1.49	1.22
2º corte - ELU3	453.96	14.74	12.86	1.44	1.15
2º corte - ELU4	446.43	11.86	23.37	1.39	1.16
2º corte - ELU5	394.03	13.96	6.07	1.26	0.99
2º corte - ELU6	315.65	7.82	18.77	0.98	0.83
2º corte - ELU7	263.24	9.92	1.46	0.85	0.65
3º corte - ELU1	414.44	28.56	21.7	1.46	0.90
3º corte - ELU2	421.64	29.45	21.58	1.49	0.92
3º corte - ELU3	407.24	27.67	21.81	1.43	0.89
3º corte - ELU4	391.92	27.95	19.38	1.39	0.85
3º corte - ELU5	355.93	23.51	19.94	1.25	0.79
3º corte - ELU6	274.97	19.88	13.27	0.98	0.59
3º corte - ELU7	238.97	15.44	13.84	0.83	0.53

Tabela 43 - Esforços na parede P.5/2 (A.R.4)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	368.36	0.83	10.33	1.06	1.04
1º corte - ELU2	374.82	3.17	12.6	1.10	1.04
1º corte - ELU3	361.9	1.51	8.06	1.05	1.02
1º corte - ELU4	350.37	6.58	14.98	1.07	0.94
1º corte - ELU5	318.09	5.12	3.61	0.96	0.86
1º corte - ELU6	246.87	6.34	12.06	0.77	0.64
1º corte - ELU7	214.58	5.35	0.69	0.67	0.56
2º corte - ELU1	346.03	12.97	10.46	1.12	0.86
2º corte - ELU2	352.28	13.81	12.73	1.14	0.87
2º corte - ELU3	339.78	12.12	8.19	1.09	0.85
2º corte - ELU4	328.39	13.8	15.09	1.07	0.80
2º corte - ELU5	297.16	9.58	3.74	0.94	0.76
2º corte - ELU6	230.88	10.14	12.13	0.76	0.56
2º corte - ELU7	199.65	5.92	0.79	0.63	0.51
3º corte - ELU1	303.19	22.08	15.61	1.08	0.65
3º corte - ELU2	306.78	22.13	15.72	1.09	0.66
3º corte - ELU3	299.6	22.04	15.49	1.07	0.64
3º corte - ELU4	281.94	19.97	14.41	1.00	0.61
3º corte - ELU5	263.98	19.73	13.85	0.95	0.56
3º corte - ELU6	196.24	13.72	10.01	0.70	0.43
3º corte - ELU7	178.28	13.48	9.45	0.64	0.38

Tabela 44 - Esforços na parede P.5/3 (A.R.4)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	246.26	2.71	9.09	0.73	0.68
1º corte - ELU2	249.17	4.02	10.54	0.75	0.67
1º corte - ELU3	243.36	1.41	7.63	0.71	0.68
1º corte - ELU4	230.69	5.71	11.81	0.72	0.60
1º corte - ELU5	216.15	0.81	4.54	0.63	0.61
1º corte - ELU6	161.48	4.94	9.24	0.51	0.41
1º corte - ELU7	146.94	1.57	1.97	0.44	0.40
2º corte - ELU1	227.06	9	8.76	0.74	0.56
2º corte - ELU2	229.86	9.72	10.21	0.75	0.56
2º corte - ELU3	224.26	8.27	7.31	0.72	0.56
2º corte - ELU4	211.8	9.9	11.5	0.70	0.51
2º corte - ELU5	197.8	6.28	4.27	0.63	0.50
2º corte - ELU6	147.72	7.36	9.03	0.49	0.35
2º corte - ELU7	133.71	3.74	1.79	0.42	0.35
3º corte - ELU1	190.43	14.83	7.27	0.69	0.40
3º corte - ELU2	191.63	14.48	7.18	0.69	0.41
3º corte - ELU3	189.24	15.17	7.35	0.69	0.39
3º corte - ELU4	173.59	12.4	6.36	0.62	0.37
3º corte - ELU5	167.63	14.12	6.77	0.62	0.34
3º corte - ELU6	119.57	8.19	4.31	0.42	0.26
3º corte - ELU7	113.61	9.91	4.72	0.42	0.23

Tabela 45 - Esforços na parede P.5/4 (A.R.4)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	122.92	3.53	8.05	0.39	0.32
1º corte - ELU2	123.74	3.88	8.6	0.39	0.32
1º corte - ELU3	122.1	3.19	7.5	0.38	0.32
1º corte - ELU4	113.5	4.06	8.61	0.36	0.28
1º corte - ELU5	109.41	2.34	5.86	0.34	0.29
1º corte - ELU6	78.94	3.06	6.33	0.26	0.20
1º corte - ELU7	74.86	1.35	3.59	0.23	0.20
2º corte - ELU1	106.86	7.13	7.84	0.38	0.24
2º corte - ELU2	107.64	7.55	8.39	0.38	0.23
2º corte - ELU3	106.08	6.71	7.3	0.37	0.24
2º corte - ELU4	97.64	7.44	8.42	0.35	0.21
2º corte - ELU5	93.75	5.34	5.68	0.32	0.22
2º corte - ELU6	67.31	5.42	6.2	0.25	0.14
2º corte - ELU7	63.42	3.32	3.46	0.21	0.15
3º corte - ELU1	75.26	4.83	3.14	0.26	0.17
3º corte - ELU2	75.38	4.59	3.18	0.26	0.17
3º corte - ELU3	75.13	5.08	3.09	0.26	0.16
3º corte - ELU4	66.39	3.58	2.98	0.22	0.15
3º corte - ELU5	65.77	4.8	2.74	0.23	0.14
3º corte - ELU6	44.73	2.18	2.11	0.15	0.11
3º corte - ELU7	44.11	3.4	1.87	0.16	0.09

Tabela 46 - Esforços na parede P.1/1 (A.R.5)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	616.43	10.33	18.85	1.86	1.66
1º corte - ELU2	596.09	2.32	13.96	1.73	1.68
1º corte - ELU3	636.78	18.34	23.74	2.00	1.64
1º corte - ELU4	508.51	10.69	4.79	1.56	1.35
1º corte - ELU5	610.24	29.36	29.25	2.03	1.46
1º corte - ELU6	335.31	13.6	0.53	1.09	0.82
1º corte - ELU7	437.04	26.44	23.93	1.51	0.99
2º corte - ELU1	583.04	17.02	19.66	1.83	1.50
2º corte - ELU2	563.41	17.88	14.74	1.78	1.43
2º corte - ELU3	602.67	16.16	24.58	1.88	1.56
2º corte - ELU4	478.79	17.52	5.45	1.54	1.20
2º corte - ELU5	576.96	13.21	30.05	1.78	1.52
2º corte - ELU6	314.7	12.72	0.09	1.02	0.77
2º corte - ELU7	412.87	8.41	24.51	1.26	1.10
3º corte - ELU1	526.43	35.73	29.2	1.85	1.15
3º corte - ELU2	511.69	33.75	29.09	1.79	1.13
3º corte - ELU3	541.17	37.71	29.3	1.92	1.18
3º corte - ELU4	438.74	27.29	26.21	1.52	0.99
3º corte - ELU5	512.42	37.19	26.72	1.83	1.10
3º corte - ELU6	290.33	17.21	18	1.00	0.66
3º corte - ELU7	364.01	27.1	18.51	1.31	0.77

Tabela 47 - Esforços na parede P.1/2 (A.R.5)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	490.86	0.09	12.41	1.40	1.40
1º corte - ELU2	477	4.05	8.87	1.40	1.32
1º corte - ELU3	504.71	3.87	15.96	1.48	1.40
1º corte - ELU4	410.78	10	2.32	1.27	1.08
1º corte - ELU5	480.07	9.8	20.05	1.47	1.28
1º corte - ELU6	272.86	9.98	1.19	0.88	0.68
1º corte - ELU7	342.16	9.82	16.54	1.07	0.88
2º corte - ELU1	465.4	16.65	12.62	1.49	1.17
2º corte - ELU2	451.95	15.64	9.08	1.44	1.14
2º corte - ELU3	478.85	17.65	16.16	1.54	1.20
2º corte - ELU4	387.51	12.52	2.54	1.23	0.98
2º corte - ELU5	454.76	17.55	20.22	1.47	1.13
2º corte - ELU6	256.46	7.82	1.03	0.81	0.66
2º corte - ELU7	323.72	12.85	16.66	1.05	0.80
3º corte - ELU1	416.04	29.51	23.91	1.48	0.90
3º corte - ELU2	406.94	28.7	23.47	1.44	0.88
3º corte - ELU3	425.13	30.32	24.35	1.51	0.92
3º corte - ELU4	352.66	24.57	20.57	1.25	0.77
3º corte - ELU5	398.13	28.62	22.75	1.42	0.86
3º corte - ELU6	235.26	16.23	13.84	0.83	0.51
3º corte - ELU7	280.73	20.28	16.03	1.00	0.60

Tabela 48 - Esforços na parede P.1/3 (A.R.5)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	369.47	2.21	11.67	1.08	1.03
1º corte - ELU2	361.42	0.63	8.94	1.04	1.03
1º corte - ELU3	377.52	5.06	14.39	1.13	1.03
1º corte - ELU4	315.12	5.11	3.69	0.95	0.85
1º corte - ELU5	355.39	9.1	17.33	1.10	0.93
1º corte - ELU6	211.31	5.74	0.39	0.66	0.55
1º corte - ELU7	251.58	8.47	14.03	0.80	0.64
2º corte - ELU1	347.13	12.64	11.19	1.12	0.87
2º corte - ELU2	339.32	11.67	8.47	1.08	0.86
2º corte - ELU3	354.94	13.61	13.9	1.15	0.88
2º corte - ELU4	294.27	8.97	3.3	0.93	0.75
2º corte - ELU5	333.32	13.82	16.87	1.09	0.82
2º corte - ELU6	196.45	5.4	0.14	0.61	0.51
2º corte - ELU7	235.5	10.25	13.71	0.77	0.57
3º corte - ELU1	303.84	22.13	15.67	1.08	0.65
3º corte - ELU2	299.28	21.92	15.48	1.07	0.64
3º corte - ELU3	308.39	22.34	15.86	1.10	0.66
3º corte - ELU4	262.17	19.37	13.71	0.94	0.56
3º corte - ELU5	284.95	20.42	14.65	1.01	0.61
3º corte - ELU6	176.29	13.11	9.3	0.63	0.38
3º corte - ELU7	199.07	14.15	10.24	0.71	0.43

Tabela 49 - Esforços na parede P.1/4 (A.R.5)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	246.79	2.92	9.57	0.73	0.68
1º corte - ELU2	243.14	1.09	7.59	0.71	0.68
1º corte - ELU3	250.44	4.74	11.56	0.76	0.67
1º corte - ELU4	214.79	1.92	3.65	0.63	0.59
1º corte - ELU5	233.03	7.2	13.58	0.74	0.60
1º corte - ELU6	145.44	2.75	0.95	0.44	0.39
1º corte - ELU7	163.68	6.38	10.87	0.53	0.41
2º corte - ELU1	227.57	9.05	8.95	0.74	0.56
2º corte - ELU2	224.04	8.11	6.97	0.72	0.56
2º corte - ELU3	231.1	10	10.92	0.76	0.56
2º corte - ELU4	196.45	5.79	3.12	0.62	0.50
2º corte - ELU5	214.1	10.5	12.99	0.71	0.51
2º corte - ELU6	132.22	3.23	0.59	0.41	0.35
2º corte - ELU7	149.87	7.94	10.46	0.51	0.35
3º corte - ELU1	190.72	14.85	7.39	0.69	0.40
3º corte - ELU2	189.33	15.44	7.69	0.69	0.39
3º corte - ELU3	192.11	14.26	7.09	0.69	0.41
3º corte - ELU4	167.4	14.76	7.42	0.62	0.33
3º corte - ELU5	174.35	11.81	5.93	0.61	0.38
3º corte - ELU6	113.3	10.54	5.34	0.43	0.22
3º corte - ELU7	120.25	7.59	3.84	0.42	0.27

Tabela 50 - Esforços na parede P.1/5 (A.R.5)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	123.12	3.68	8.31	0.39	0.32
1º corte - ELU2	122.2	3.42	7.73	0.38	0.32
1º corte - ELU3	124.03	3.94	8.88	0.39	0.32
1º corte - ELU4	109.35	2.68	6.05	0.34	0.29
1º corte - ELU5	113.93	3.99	8.9	0.36	0.29
1º corte - ELU6	74.74	1.64	3.7	0.23	0.20
1º corte - ELU7	79.32	2.96	6.55	0.26	0.20
2º corte - ELU1	107.05	7.2	7.99	0.38	0.24
2º corte - ELU2	106.15	6.67	7.42	0.37	0.24
2º corte - ELU3	107.94	7.72	8.56	0.38	0.23
2º corte - ELU4	93.63	5.14	5.77	0.32	0.22
2º corte - ELU5	98.1	7.76	8.6	0.36	0.20
2º corte - ELU6	63.26	3.1	3.51	0.21	0.15
2º corte - ELU7	67.73	5.72	6.34	0.25	0.14
3º corte - ELU1	75.29	4.78	3.17	0.26	0.17
3º corte - ELU2	75.15	5.06	3.1	0.26	0.17
3º corte - ELU3	75.43	4.5	3.24	0.26	0.17
3º corte - ELU4	65.75	4.85	2.71	0.24	0.14
3º corte - ELU5	66.47	3.44	3.07	0.22	0.16
3º corte - ELU6	44.08	3.46	1.83	0.16	0.09
3º corte - ELU7	44.8	2.05	2.18	0.15	0.11

Tabela 51 - Esforços na parede P.2/1 (A.R.5)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	81.83	4.76	38.39	0.34	0.21
1º corte - ELU2	76.27	3.5	33.16	0.30	0.21
1º corte - ELU3	87.39	6.03	43.62	0.37	0.21
1º corte - ELU4	60.1	1.16	21.49	0.22	0.18
1º corte - ELU5	87.91	7.48	47.62	0.39	0.19
1º corte - ELU6	37.05	0.18	10.64	0.13	0.12
1º corte - ELU7	64.86	6.14	36.77	0.30	0.13
2º corte - ELU1	49.51	0.96	6.57	0.18	0.15
2º corte - ELU2	48.71	0.97	11.03	0.18	0.15
2º corte - ELU3	50.31	0.95	2.12	0.18	0.16
2º corte - ELU4	42.81	0.85	17.08	0.15	0.13
2º corte - ELU5	46.81	0.8	5.2	0.17	0.15
2º corte - ELU6	28.87	0.57	15.22	0.10	0.09
2º corte - ELU7	32.87	0.52	7.05	0.12	0.10
3º corte - ELU1	97.13	7	55.5	0.42	0.23
3º corte - ELU2	99.83	8.09	59.66	0.44	0.22
3º corte - ELU3	94.43	5.92	51.34	0.39	0.24
3º corte - ELU4	94.6	9.06	60.43	0.44	0.19
3º corte - ELU5	81.09	3.62	39.62	0.32	0.22
3º corte - ELU6	67.24	7.09	44.75	0.32	0.13
3º corte - ELU7	53.73	1.65	23.95	0.20	0.16

Tabela 52 - Esforços na parede P.2/2 (A.R.5)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	62.23	3.41	33.2	0.25	0.16
1º corte - ELU2	57.83	2.31	28.58	0.22	0.16
1º corte - ELU3	66.63	4.51	37.82	0.28	0.16
1º corte - ELU4	45.24	0.35	18.32	0.16	0.15
1º corte - ELU5	67.22	5.84	41.41	0.30	0.15
1º corte - ELU6	27.7	0.61	8.93	0.10	0.08
1º corte - ELU7	49.68	4.88	32.02	0.23	0.10
2º corte - ELU1	36.28	1.43	5.72	0.14	0.10
2º corte - ELU2	36.1	1.4	9.76	0.14	0.10
2º corte - ELU3	36.46	1.46	1.67	0.14	0.10
2º corte - ELU4	32.36	1.18	15.27	0.12	0.09
2º corte - ELU5	33.24	1.33	4.97	0.13	0.09
2º corte - ELU6	22.13	0.77	13.65	0.08	0.06
2º corte - ELU7	23.02	0.92	6.59	0.09	0.06
3º corte - ELU1	75.2	5.45	47.79	0.32	0.18
3º corte - ELU2	78.54	6.53	51.89	0.35	0.17
3º corte - ELU3	71.86	4.36	43.69	0.30	0.18
3º corte - ELU4	76.27	7.63	53.26	0.36	0.15
3º corte - ELU5	59.58	2.21	32.76	0.23	0.17
3º corte - ELU6	55.06	6.1	39.75	0.26	0.10
3º corte - ELU7	38.37	0.68	19.24	0.14	0.12

Tabela 53 - Esforços na parede P.2/3 (A.R.5)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	45.53	2.66	27.61	0.19	0.12
1º corte - ELU2	42.39	1.82	24.17	0.17	0.12
1º corte - ELU3	48.67	3.5	31.04	0.21	0.12
1º corte - ELU4	33.23	0.32	16.22	0.12	0.11
1º corte - ELU5	48.93	4.51	33.39	0.22	0.10
1º corte - ELU6	20.38	0.43	8.41	0.07	0.06
1º corte - ELU7	36.08	3.76	25.58	0.17	0.07
2º corte - ELU1	25.36	1.56	4.28	0.11	0.06
2º corte - ELU2	25.33	1.54	7.36	0.10	0.06
2º corte - ELU3	25.39	1.57	1.2	0.11	0.06
2º corte - ELU4	22.81	1.33	11.53	0.09	0.06
2º corte - ELU5	22.96	1.41	3.87	0.10	0.06
2º corte - ELU6	15.65	0.88	10.32	0.06	0.04
2º corte - ELU7	15.81	0.96	5.08	0.07	0.04
3º corte - ELU1	54.97	4.22	38.34	0.24	0.13
3º corte - ELU2	57.73	5.05	41.58	0.26	0.13
3º corte - ELU3	52.21	3.38	35.11	0.22	0.13
3º corte - ELU4	56.45	5.9	42.52	0.27	0.11
3º corte - ELU5	42.64	1.72	26.35	0.17	0.12
3º corte - ELU6	40.93	4.71	31.66	0.20	0.07
3º corte - ELU7	27.12	0.53	15.49	0.10	0.08

Tabela 54 - Esforços na parede P.2/4 (A.R.5)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	28.39	1.83	21.71	0.12	0.07
1º corte - ELU2	26.81	1.39	19.84	0.11	0.07
1º corte - ELU3	29.96	2.28	23.58	0.13	0.07
1º corte - ELU4	21.59	0.56	14.8	0.08	0.06
1º corte - ELU5	29.45	2.77	24.13	0.14	0.06
1º corte - ELU6	13.56	0.05	8.64	0.05	0.04
1º corte - ELU7	21.42	2.26	17.98	0.10	0.04
2º corte - ELU1	14.32	1.69	3.09	0.07	0.03
2º corte - ELU2	14.44	1.67	4.74	0.07	0.03
2º corte - ELU3	14.2	1.7	1.43	0.07	0.02
2º corte - ELU4	13.17	1.46	6.89	0.06	0.02
2º corte - ELU5	12.56	1.52	1.39	0.06	0.02
2º corte - ELU6	9.11	0.97	6.01	0.04	0.02
2º corte - ELU7	8.51	1.04	2.27	0.04	0.01
3º corte - ELU1	34.91	3.04	29.26	0.16	0.08
3º corte - ELU2	36.66	3.5	31.12	0.17	0.08
3º corte - ELU3	33.16	2.58	27.4	0.14	0.08
3º corte - ELU4	35.71	3.89	30.84	0.17	0.07
3º corte - ELU5	26.96	1.58	21.53	0.11	0.07
3º corte - ELU6	25.82	3.03	22.53	0.13	0.05
3º corte - ELU7	17.07	0.72	13.23	0.07	0.05

Tabela 55 - Esforços na parede P.2/5 (A.R.5)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	11.05	0.75	17.16	0.05	0.03
1º corte - ELU2	10.48	0.59	16.41	0.04	0.03
1º corte - ELU3	11.62	0.92	17.92	0.05	0.03
1º corte - ELU4	8.37	0.27	13.43	0.03	0.02
1º corte - ELU5	11.21	1.11	17.21	0.05	0.02
1º corte - ELU6	5.2	0.06	8.55	0.02	0.02
1º corte - ELU7	8.05	0.9	12.32	0.04	0.01
2º corte - ELU1	2.65	2.16	2.08	0.04	-0.02
2º corte - ELU2	2.76	2.15	2.74	0.04	-0.02
2º corte - ELU3	2.54	2.17	1.43	0.04	-0.02
2º corte - ELU4	2.56	1.88	3.48	0.03	-0.02
2º corte - ELU5	2	1.95	0.19	0.03	-0.02
2º corte - ELU6	1.79	1.27	2.88	0.02	-0.01
2º corte - ELU7	1.22	1.33	0.41	0.02	-0.01
3º corte - ELU1	15.15	1.68	22.05	0.07	0.03
3º corte - ELU2	15.94	1.88	22.82	0.08	0.03
3º corte - ELU3	14.36	1.49	21.28	0.07	0.03
3º corte - ELU4	15.36	2	21.53	0.08	0.02
3º corte - ELU5	11.42	1.02	17.69	0.05	0.02
3º corte - ELU6	11.02	1.52	15.25	0.06	0.02
3º corte - ELU7	7.08	0.54	11.4	0.03	0.02

Tabela 56 - Esforços na parede P.3/1 (A.R.5)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	1266.47	0	0	1.81	1.81
1º corte - ELU2	1266.49	32.73	14.26	1.89	1.73
1º corte - ELU3	1266.44	32.73	14.26	1.89	1.73
1º corte - ELU4	1149.5	81.82	35.65	1.84	1.44
1º corte - ELU5	1149.37	81.82	35.65	1.84	1.44
1º corte - ELU6	793.7	81.82	35.65	1.33	0.93
1º corte - ELU7	793.58	81.82	35.65	1.33	0.93
2º corte - ELU1	1213.32	0	0	1.73	1.73
2º corte - ELU2	1213.35	12.17	14.26	1.76	1.70
2º corte - ELU3	1213.3	12.17	14.26	1.76	1.70
2º corte - ELU4	1098.88	30.44	35.65	1.64	1.50
2º corte - ELU5	1098.76	30.44	35.65	1.64	1.50
2º corte - ELU6	757.45	30.44	35.65	1.16	1.01
2º corte - ELU7	757.33	30.44	35.65	1.16	1.01
3º corte - ELU1	1056.62	0	0	1.51	1.51
3º corte - ELU2	1056.62	9.84	7.56	1.53	1.49
3º corte - ELU3	1056.61	9.84	7.56	1.53	1.49
3º corte - ELU4	954.92	24.6	18.9	1.42	1.30
3º corte - ELU5	954.91	24.6	18.9	1.42	1.30
3º corte - ELU6	657.13	24.6	18.9	1.00	0.88
3º corte - ELU7	657.12	24.6	18.9	1.00	0.88

Tabela 57 - Esforços na parede P.3/2 (A.R.5)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	1005.25	0	0	1.44	1.44
1º corte - ELU2	1005.26	18.89	12.09	1.48	1.39
1º corte - ELU3	1005.23	18.89	12.09	1.48	1.39
1º corte - ELU4	912.28	47.24	30.22	1.42	1.19
1º corte - ELU5	912.21	47.24	30.22	1.42	1.19
1º corte - ELU6	629.85	47.24	30.22	1.02	0.78
1º corte - ELU7	629.77	47.24	30.22	1.02	0.78
2º corte - ELU1	961.37	0	0	1.37	1.37
2º corte - ELU2	961.38	1.98	12.11	1.38	1.37
2º corte - ELU3	961.37	1.98	12.11	1.38	1.37
2º corte - ELU4	870.06	4.95	30.27	1.26	1.23
2º corte - ELU5	870.04	4.95	30.27	1.26	1.23
2º corte - ELU6	599.39	4.95	30.27	0.87	0.84
2º corte - ELU7	599.37	4.95	30.27	0.87	0.84
3º corte - ELU1	826.2	0	0	1.18	1.18
3º corte - ELU2	826.19	3.3	4.99	1.19	1.17
3º corte - ELU3	826.2	3.3	4.99	1.19	1.17
3º corte - ELU4	745.71	8.25	12.47	1.09	1.05
3º corte - ELU5	745.73	8.25	12.47	1.09	1.05
3º corte - ELU6	512.64	8.25	12.47	0.75	0.71
3º corte - ELU7	512.66	8.25	12.47	0.75	0.71

Tabela 58 - Esforços na parede P.3/3 (A.R.5)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	749.99	0	0	1.07	1.07
1º corte - ELU2	750	10.51	8.86	1.10	1.05
1º corte - ELU3	749.97	10.51	8.86	1.10	1.05
1º corte - ELU4	680.55	26.28	22.16	1.04	0.91
1º corte - ELU5	680.47	26.28	22.16	1.04	0.91
1º corte - ELU6	469.81	26.28	22.16	0.74	0.61
1º corte - ELU7	469.73	26.28	22.16	0.74	0.61
2º corte - ELU1	710.7	0	0	1.02	1.02
2º corte - ELU2	710.71	1.79	8.89	1.02	1.01
2º corte - ELU3	710.7	1.79	8.89	1.02	1.01
2º corte - ELU4	642.49	4.47	22.22	0.93	0.91
2º corte - ELU5	642.47	4.47	22.22	0.93	0.91
2º corte - ELU6	442.24	4.47	22.22	0.64	0.62
2º corte - ELU7	442.21	4.47	22.22	0.64	0.62
3º corte - ELU1	597.29	0	0	0.85	0.85
3º corte - ELU2	597.28	0.31	3.29	0.85	0.85
3º corte - ELU3	597.29	0.31	3.29	0.85	0.85
3º corte - ELU4	537.92	0.78	8.22	0.77	0.77
3º corte - ELU5	537.94	0.78	8.22	0.77	0.77
3º corte - ELU6	369.14	0.78	8.22	0.53	0.53
3º corte - ELU7	369.16	0.78	8.22	0.53	0.53

Tabela 59 - Esforços na parede P.3/4 (A.R.5)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	497.38	0	0	0.71	0.71
1º corte - ELU2	497.39	5.27	6.33	0.72	0.70
1º corte - ELU3	497.37	5.27	6.33	0.72	0.70
1º corte - ELU4	451.23	13.16	15.82	0.68	0.61
1º corte - ELU5	451.18	13.16	15.82	0.68	0.61
1º corte - ELU6	311.46	13.16	15.82	0.48	0.41
1º corte - ELU7	311.4	13.16	15.82	0.48	0.41
2º corte - ELU1	462.61	0	0	0.66	0.66
2º corte - ELU2	462.61	3.46	6.35	0.67	0.65
2º corte - ELU3	462.61	3.46	6.35	0.67	0.65
2º corte - ELU4	417.28	8.64	15.87	0.62	0.57
2º corte - ELU5	417.27	8.64	15.87	0.62	0.57
2º corte - ELU6	286.71	8.64	15.87	0.43	0.39
2º corte - ELU7	286.7	8.64	15.87	0.43	0.39
3º corte - ELU1	370.38	0	0	0.53	0.53
3º corte - ELU2	370.36	2.23	2.5	0.53	0.52
3º corte - ELU3	370.4	2.23	2.5	0.53	0.52
3º corte - ELU4	331.91	5.57	6.25	0.49	0.46
3º corte - ELU5	332.01	5.57	6.25	0.49	0.46
3º corte - ELU6	226.88	5.57	6.25	0.34	0.31
3º corte - ELU7	226.98	5.57	6.25	0.34	0.31

Tabela 60 - Esforços na parede P.3/5 (A.R.5)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	246.67	0	0	0.35	0.35
1º corte - ELU2	246.67	0.01	1.63	0.35	0.35
1º corte - ELU3	246.66	0.01	1.63	0.35	0.35
1º corte - ELU4	223.66	0.02	4.06	0.32	0.32
1º corte - ELU5	223.64	0.02	4.06	0.32	0.32
1º corte - ELU6	154.31	0.02	4.06	0.22	0.22
1º corte - ELU7	154.29	0.02	4.06	0.22	0.22
2º corte - ELU1	216.45	0	0	0.31	0.31
2º corte - ELU2	216.44	2.19	1.63	0.31	0.30
2º corte - ELU3	216.46	2.19	1.63	0.31	0.30
2º corte - ELU4	193.82	5.47	4.08	0.29	0.26
2º corte - ELU5	193.87	5.47	4.08	0.29	0.26
2º corte - ELU6	132.4	5.47	4.08	0.20	0.18
2º corte - ELU7	132.46	5.47	4.08	0.20	0.18
3º corte - ELU1	141.71	0	0	0.20	0.20
3º corte - ELU2	141.7	0.83	0.25	0.20	0.20
3º corte - ELU3	141.71	0.83	0.25	0.20	0.20
3º corte - ELU4	124.45	2.07	0.62	0.18	0.17
3º corte - ELU5	124.48	2.07	0.62	0.18	0.17
3º corte - ELU6	83.67	2.07	0.62	0.12	0.11
3º corte - ELU7	83.7	2.07	0.62	0.12	0.11

Tabela 61 - Esforços na parede P.4/1 (A.R.5)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	97.13	7	55.5	0.42	0.23
1º corte - ELU2	94.52	5.92	51.36	0.39	0.24
1º corte - ELU3	99.74	8.09	59.64	0.44	0.22
1º corte - ELU4	81.32	3.63	39.68	0.32	0.22
1º corte - ELU5	94.38	9.05	60.37	0.44	0.19
1º corte - ELU6	53.95	1.66	24	0.20	0.16
1º corte - ELU7	67.01	7.08	44.7	0.32	0.13
2º corte - ELU1	49.51	0.96	6.57	0.18	0.15
2º corte - ELU2	50.39	0.95	2.13	0.18	0.16
2º corte - ELU3	48.64	0.97	11.01	0.18	0.15
2º corte - ELU4	46.99	0.81	5.15	0.17	0.15
2º corte - ELU5	42.63	0.85	17.03	0.15	0.13
2º corte - ELU6	33.06	0.53	7	0.12	0.10
2º corte - ELU7	28.69	0.57	15.18	0.10	0.09
3º corte - ELU1	81.83	4.76	38.39	0.34	0.21
3º corte - ELU2	87.44	6.02	43.59	0.37	0.21
3º corte - ELU3	76.21	3.5	33.18	0.30	0.21
3º corte - ELU4	88.04	7.47	47.57	0.39	0.19
3º corte - ELU5	59.97	1.17	21.54	0.22	0.18
3º corte - ELU6	64.99	6.13	36.72	0.30	0.13
3º corte - ELU7	36.92	0.17	10.69	0.13	0.12

Tabela 62 - Esforços na parede P.4/2 (A.R.5)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	60.43	2.81	4.96	0.24	0.16
1º corte - ELU2	61.47	0.33	1.34	0.21	0.20
1º corte - ELU3	59.38	5.28	8.57	0.27	0.13
1º corte - ELU4	57.15	3.64	4.56	0.24	0.14
1º corte - ELU5	51.92	8.72	13.52	0.29	0.06
1º corte - ELU6	40.1	4.44	5.96	0.19	0.07
1º corte - ELU7	34.87	7.93	12.12	0.22	0.01
2º corte - ELU1	107.74	2.58	12.59	0.39	0.32
2º corte - ELU2	109.46	1.28	4.8	0.38	0.35
2º corte - ELU3	106.01	3.87	20.38	0.40	0.30
2º corte - ELU4	101.24	0.9	8.09	0.35	0.33
2º corte - ELU5	92.61	5.56	30.85	0.38	0.23
2º corte - ELU6	70.78	1.63	11.64	0.26	0.21
2º corte - ELU7	62.14	4.84	27.31	0.27	0.14
3º corte - ELU1	111.24	3.06	15.2	0.41	0.33
3º corte - ELU2	112.74	2.61	6.84	0.41	0.34
3º corte - ELU3	109.75	3.52	23.57	0.41	0.32
3º corte - ELU4	103.39	1.63	7.16	0.37	0.32
3º corte - ELU5	95.92	3.91	34.66	0.37	0.27
3º corte - ELU6	71.83	0.77	11.44	0.25	0.23
3º corte - ELU7	64.36	3.04	30.37	0.26	0.17

Tabela 63 - Esforços na parede P.4/3 (A.R.5)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	54.97	4.22	38.34	0.24	0.13
1º corte - ELU2	52.29	3.38	35.12	0.22	0.13
1º corte - ELU3	57.65	5.05	41.57	0.26	0.12
1º corte - ELU4	42.85	1.72	26.37	0.17	0.12
1º corte - ELU5	56.25	5.89	42.5	0.27	0.11
1º corte - ELU6	27.32	0.53	15.51	0.10	0.08
1º corte - ELU7	40.72	4.7	31.64	0.20	0.07
2º corte - ELU1	25.36	1.56	4.28	0.11	0.06
2º corte - ELU2	25.47	1.57	1.2	0.11	0.06
2º corte - ELU3	25.25	1.54	7.35	0.10	0.06
2º corte - ELU4	23.15	1.41	3.86	0.10	0.06
2º corte - ELU5	22.61	1.33	11.52	0.09	0.06
2º corte - ELU6	16	0.96	5.07	0.07	0.04
2º corte - ELU7	15.46	0.88	10.31	0.06	0.04
3º corte - ELU1	45.53	2.66	27.61	0.19	0.12
3º corte - ELU2	48.75	3.5	31.04	0.21	0.12
3º corte - ELU3	42.31	1.82	24.17	0.17	0.12
3º corte - ELU4	49.12	4.51	33.4	0.22	0.10
3º corte - ELU5	33.04	0.31	16.22	0.11	0.11
3º corte - ELU6	36.27	3.77	25.58	0.17	0.07
3º corte - ELU7	20.19	0.43	8.4	0.07	0.06

Tabela 64 - Esforços na parede P.4/4 (A.R.5)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	34.91	3.04	29.26	0.16	0.08
1º corte - ELU2	32.97	2.51	27.08	0.14	0.08
1º corte - ELU3	36.85	3.58	31.44	0.17	0.08
1º corte - ELU4	26.48	1.4	20.73	0.11	0.07
1º corte - ELU5	36.19	4.07	31.64	0.17	0.07
1º corte - ELU6	16.59	0.54	12.43	0.06	0.05
1º corte - ELU7	26.3	3.21	23.33	0.13	0.04
2º corte - ELU1	14.32	1.69	3.09	0.07	0.03
2º corte - ELU2	14.29	1.7	1.15	0.07	0.02
2º corte - ELU3	14.34	1.67	5.02	0.07	0.03
2º corte - ELU4	12.8	1.52	2.09	0.06	0.02
2º corte - ELU5	12.93	1.45	7.58	0.06	0.02
2º corte - ELU6	8.74	1.04	2.97	0.04	0.02
2º corte - ELU7	8.88	0.97	6.7	0.04	0.02
3º corte - ELU1	28.39	1.83	21.71	0.12	0.07
3º corte - ELU2	30.34	2.35	23.9	0.13	0.07
3º corte - ELU3	26.43	1.32	19.52	0.11	0.07
3º corte - ELU4	30.41	2.96	24.95	0.14	0.06
3º corte - ELU5	20.63	0.37	13.98	0.07	0.06
3º corte - ELU6	22.38	2.45	18.79	0.11	0.04
3º corte - ELU7	12.6	0.14	7.83	0.04	0.04

Tabela 65 - Esforços na parede P.4/5 (A.R.5)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	15.15	1.68	22.05	0.07	0.03
1º corte - ELU2	14.43	1.49	21.27	0.07	0.03
1º corte - ELU3	15.88	1.88	22.82	0.08	0.03
1º corte - ELU4	11.58	1.02	17.67	0.05	0.03
1º corte - ELU5	15.2	1.99	21.55	0.08	0.02
1º corte - ELU6	7.24	0.54	11.39	0.03	0.02
1º corte - ELU7	10.86	1.51	15.26	0.06	0.02
2º corte - ELU1	2.65	2.16	2.08	0.04	-0.02
2º corte - ELU2	2.61	2.17	1.42	0.04	-0.02
2º corte - ELU3	2.69	2.15	2.75	0.04	-0.02
2º corte - ELU4	2.17	1.94	0.17	0.03	-0.02
2º corte - ELU5	2.38	1.89	3.49	0.03	-0.02
2º corte - ELU6	1.4	1.32	0.42	0.02	-0.01
2º corte - ELU7	1.61	1.27	2.89	0.02	-0.01
3º corte - ELU1	11.05	0.75	17.16	0.05	0.03
3º corte - ELU2	11.7	0.93	17.93	0.05	0.03
3º corte - ELU3	10.4	0.58	16.4	0.04	0.03
3º corte - ELU4	11.41	1.13	17.24	0.05	0.02
3º corte - ELU5	8.17	0.25	13.41	0.03	0.02
3º corte - ELU6	8.25	0.92	12.35	0.04	0.02
3º corte - ELU7	5.01	0.04	8.52	0.02	0.02

Tabela 66 - Esforços na parede P.5/1 (A.R.5)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	616.43	10.33	18.85	1.86	1.66
1º corte - ELU2	636.75	18.29	23.72	2.00	1.64
1º corte - ELU3	596.11	2.36	13.98	1.73	1.68
1º corte - ELU4	610.18	29.25	29.18	2.03	1.46
1º corte - ELU5	508.58	10.58	4.85	1.56	1.35
1º corte - ELU6	436.98	26.34	23.87	1.51	0.99
1º corte - ELU7	335.38	13.49	0.47	1.09	0.83
2º corte - ELU1	583.04	17.02	19.66	1.83	1.50
2º corte - ELU2	602.65	16.16	24.55	1.88	1.56
2º corte - ELU3	563.43	17.87	14.76	1.78	1.43
2º corte - ELU4	576.9	13.23	29.99	1.78	1.52
2º corte - ELU5	478.86	17.5	5.51	1.54	1.20
2º corte - ELU6	412.8	8.43	24.44	1.26	1.10
2º corte - ELU7	314.76	12.7	0.03	1.02	0.77
3º corte - ELU1	526.43	35.73	29.2	1.85	1.15
3º corte - ELU2	541.17	37.74	29.37	1.92	1.18
3º corte - ELU3	511.69	33.72	29.02	1.79	1.13
3º corte - ELU4	512.43	37.26	26.91	1.83	1.10
3º corte - ELU5	438.73	27.21	26.02	1.52	0.99
3º corte - ELU6	364.02	27.18	18.7	1.31	0.77
3º corte - ELU7	290.32	17.13	17.81	1.00	0.66

Tabela 67 - Esforços na parede P.5/2 (A.R.5)

Corte – Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	490.86	0.09	12.41	1.40	1.40
1º corte - ELU2	504.73	3.9	15.98	1.48	1.40
1º corte - ELU3	476.99	4.07	8.85	1.40	1.32
1º corte - ELU4	480.1	9.87	20.1	1.47	1.28
1º corte - ELU5	410.75	10.07	2.27	1.27	1.07
1º corte - ELU6	342.18	9.89	16.59	1.07	0.88
1º corte - ELU7	272.84	10.05	1.24	0.88	0.68
2º corte - ELU1	465.4	16.65	12.62	1.49	1.17
2º corte - ELU2	478.85	17.65	16.18	1.54	1.20
2º corte - ELU3	451.96	15.64	9.06	1.44	1.14
2º corte - ELU4	454.75	17.55	20.27	1.47	1.13
2º corte - ELU5	387.52	12.52	2.49	1.23	0.98
2º corte - ELU6	323.71	12.85	16.71	1.05	0.80
2º corte - ELU7	256.48	7.82	1.08	0.81	0.66
3º corte - ELU1	416.04	29.51	23.91	1.48	0.90
3º corte - ELU2	425.13	30.34	24.41	1.51	0.92
3º corte - ELU3	406.94	28.69	23.41	1.44	0.88
3º corte - ELU4	398.13	28.66	22.91	1.42	0.86
3º corte - ELU5	352.66	24.53	20.41	1.25	0.77
3º corte - ELU6	280.73	20.32	16.19	1.00	0.60
3º corte - ELU7	235.26	16.19	13.68	0.83	0.51

Tabela 68 - Esforços na parede P.5/3 (A.R.5)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	369.47	2.21	11.67	1.08	1.03
1º corte - ELU2	377.53	5.07	14.41	1.13	1.03
1º corte - ELU3	361.4	0.64	8.92	1.04	1.03
1º corte - ELU4	355.42	9.14	17.38	1.11	0.93
1º corte - ELU5	315.1	5.15	3.64	0.95	0.85
1º corte - ELU6	251.61	8.52	14.08	0.80	0.64
1º corte - ELU7	211.28	5.78	0.34	0.66	0.55
2º corte - ELU1	347.13	12.64	11.19	1.12	0.87
2º corte - ELU2	354.93	13.62	13.93	1.15	0.88
2º corte - ELU3	339.33	11.65	8.45	1.08	0.86
2º corte - ELU4	333.3	13.85	16.93	1.09	0.82
2º corte - ELU5	294.29	8.94	3.24	0.93	0.75
2º corte - ELU6	235.48	10.28	13.77	0.77	0.57
2º corte - ELU7	196.47	5.37	0.08	0.61	0.51
3º corte - ELU1	303.84	22.13	15.67	1.08	0.65
3º corte - ELU2	308.39	22.33	15.9	1.10	0.66
3º corte - ELU3	299.28	21.93	15.43	1.07	0.64
3º corte - ELU4	284.94	20.4	14.77	1.01	0.61
3º corte - ELU5	262.18	19.39	13.59	0.94	0.56
3º corte - ELU6	199.06	14.14	10.36	0.71	0.43
3º corte - ELU7	176.3	13.12	9.18	0.63	0.38

Tabela 69 - Esforços na parede P.5/4 (A.R.5)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	246.79	2.92	9.57	0.73	0.68
1º corte - ELU2	250.45	4.73	11.55	0.76	0.67
1º corte - ELU3	243.13	1.11	7.6	0.71	0.68
1º corte - ELU4	233.06	7.17	13.55	0.74	0.60
1º corte - ELU5	214.76	1.89	3.68	0.63	0.60
1º corte - ELU6	163.71	6.35	10.85	0.53	0.41
1º corte - ELU7	145.41	2.72	0.97	0.44	0.39
2º corte - ELU1	227.57	9.05	8.95	0.74	0.56
2º corte - ELU2	231.1	10	10.91	0.76	0.56
2º corte - ELU3	224.04	8.11	6.98	0.72	0.56
2º corte - ELU4	214.09	10.5	12.97	0.71	0.51
2º corte - ELU5	196.46	5.79	3.14	0.62	0.50
2º corte - ELU6	149.86	7.94	10.44	0.51	0.35
2º corte - ELU7	132.23	3.23	0.61	0.41	0.35
3º corte - ELU1	190.72	14.85	7.39	0.69	0.40
3º corte - ELU2	192.13	14.31	7.21	0.69	0.41
3º corte - ELU3	189.3	15.39	7.58	0.69	0.39
3º corte - ELU4	174.41	11.93	6.22	0.62	0.38
3º corte - ELU5	167.34	14.64	7.14	0.62	0.33
3º corte - ELU6	120.31	7.71	4.13	0.42	0.27
3º corte - ELU7	113.24	10.42	5.05	0.43	0.22

Tabela 70 - Esforços na parede P.5/5 (A.R.5)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	123.12	3.68	8.31	0.39	0.32
1º corte - ELU2	124.07	3.99	8.91	0.39	0.32
1º corte - ELU3	122.16	3.36	7.7	0.38	0.32
1º corte - ELU4	114.02	4.12	9	0.37	0.29
1º corte - ELU5	109.26	2.54	5.95	0.34	0.29
1º corte - ELU6	79.41	3.09	6.65	0.26	0.20
1º corte - ELU7	74.65	1.51	3.6	0.23	0.20
2º corte - ELU1	107.05	7.2	7.99	0.38	0.24
2º corte - ELU2	107.95	7.72	8.6	0.38	0.23
2º corte - ELU3	106.15	6.67	7.39	0.37	0.24
2º corte - ELU4	98.13	7.76	8.7	0.36	0.20
2º corte - ELU5	93.61	5.14	5.67	0.32	0.22
2º corte - ELU6	67.75	5.72	6.44	0.25	0.14
2º corte - ELU7	63.23	3.1	3.41	0.21	0.15
3º corte - ELU1	75.29	4.78	3.17	0.26	0.17
3º corte - ELU2	75.44	4.5	3.2	0.26	0.17
3º corte - ELU3	75.14	5.07	3.13	0.26	0.17
3º corte - ELU4	66.48	3.43	2.98	0.22	0.16
3º corte - ELU5	65.75	4.86	2.81	0.24	0.14
3º corte - ELU6	44.8	2.04	2.09	0.15	0.11
3º corte - ELU7	44.07	3.47	1.92	0.16	0.09

Tabela 71 - Esforços na parede P.1/1 (A.R.6)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	739.03	12.27	22.03	2.23	1.99
1º corte - ELU2	709.71	2.23	16.04	2.05	2.01
1º corte - ELU3	768.35	22.31	28.02	2.41	1.98
1º corte - ELU4	597.36	14	4.92	1.84	1.57
1º corte - ELU5	743.96	36.19	34.88	2.48	1.77
1º corte - ELU6	389.72	17.45	1.29	1.28	0.94
1º corte - ELU7	536.32	32.73	28.67	1.85	1.21
2º corte - ELU1	701.57	19.73	23	2.20	1.81
2º corte - ELU2	673.27	20.99	16.97	2.13	1.72
2º corte - ELU3	729.87	18.46	29.04	2.27	1.90
2º corte - ELU4	564.71	20.98	5.71	1.82	1.41
2º corte - ELU5	706.23	14.67	35.87	2.16	1.87
2º corte - ELU6	367.32	15.42	0.78	1.20	0.90
2º corte - ELU7	508.83	9.1	29.39	1.54	1.36
3º corte - ELU1	638.35	42.9	36.67	2.24	1.40
3º corte - ELU2	616.21	39.88	36.28	2.15	1.37
3º corte - ELU3	660.48	45.92	37.05	2.34	1.44
3º corte - ELU4	521.83	31.2	32.27	1.80	1.19
3º corte - ELU5	632.5	46.29	34.22	2.26	1.35
3º corte - ELU6	341.98	19.11	21.96	1.16	0.79
3º corte - ELU7	452.66	34.2	23.91	1.63	0.96

Tabela 72 - Esforços na parede P.1/2 (A.R.6)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	613.27	0.98	14.48	1.76	1.74
1º corte - ELU2	591.99	6.29	9.94	1.75	1.63
1º corte - ELU3	634.54	4.32	19.02	1.86	1.77
1º corte - ELU4	503.35	14.17	1.71	1.58	1.30
1º corte - ELU5	609.73	12.33	24.4	1.86	1.62
1º corte - ELU6	331.05	13.9	2.37	1.08	0.81
1º corte - ELU7	437.43	12.61	20.31	1.37	1.13
2º corte - ELU1	584.69	20.34	14.8	1.87	1.47
2º corte - ELU2	564.03	19.28	10.28	1.80	1.42
2º corte - ELU3	605.35	21.4	19.33	1.94	1.52
2º corte - ELU4	477.76	15.74	2.05	1.52	1.21
2º corte - ELU5	581.07	21.03	24.67	1.87	1.45
2º corte - ELU6	313.21	10.01	2.13	0.99	0.80
2º corte - ELU7	416.52	15.3	20.5	1.34	1.04
3º corte - ELU1	528.77	36.94	32.14	1.87	1.15
3º corte - ELU2	513.81	35.35	31.34	1.81	1.12
3º corte - ELU3	543.72	38.53	32.94	1.93	1.18
3º corte - ELU4	440.33	29.37	27.13	1.55	0.97
3º corte - ELU5	515.11	37.31	31.13	1.84	1.11
3º corte - ELU6	291.27	18.94	18.09	1.02	0.65
3º corte - ELU7	366.05	26.89	22.09	1.31	0.78

Tabela 73 - Esforços na parede P.1/3 (A.R.6)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	492.53	1.76	14.14	1.42	1.39
1º corte - ELU2	478.75	2.34	10.4	1.39	1.34
1º corte - ELU3	506.31	5.86	17.89	1.50	1.39
1º corte - ELU4	412.52	8.67	3.39	1.26	1.09
1º corte - ELU5	481.41	11.84	22.12	1.49	1.26
1º corte - ELU6	274.14	9.17	0.61	0.87	0.69
1º corte - ELU7	343.02	11.34	18.13	1.09	0.87
2º corte - ELU1	467.05	16.23	13.61	1.49	1.18
2º corte - ELU2	453.69	15.1	9.89	1.44	1.15
2º corte - ELU3	480.42	17.36	17.34	1.54	1.20
2º corte - ELU4	389.23	11.82	2.97	1.23	1.00
2º corte - ELU5	456.08	17.49	21.61	1.47	1.13
2º corte - ELU6	257.73	7.24	0.87	0.81	0.67
2º corte - ELU7	324.57	12.91	17.76	1.05	0.80
3º corte - ELU1	417.04	29.58	23.98	1.48	0.90
3º corte - ELU2	408.21	28.89	23.56	1.45	0.88
3º corte - ELU3	425.87	30.27	24.39	1.51	0.92
3º corte - ELU4	354.25	24.93	20.69	1.26	0.77
3º corte - ELU5	398.38	28.38	22.75	1.42	0.86
3º corte - ELU6	236.58	16.58	13.94	0.84	0.51
3º corte - ELU7	280.71	20.03	16	1.00	0.61

Tabela 74 - Esforços na parede P.1/4 (A.R.6)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	370.32	2.51	12.3	1.08	1.03
1º corte - ELU2	362.6	0.31	9.52	1.04	1.03
1º corte - ELU3	378.04	5.32	15.08	1.13	1.03
1º corte - ELU4	316.74	4.78	4.13	0.95	0.86
1º corte - ELU5	355.34	9.3	18.04	1.11	0.92
1º corte - ELU6	212.69	5.48	0.66	0.66	0.55
1º corte - ELU7	251.29	8.6	14.56	0.80	0.63
2º corte - ELU1	347.95	12.71	11.44	1.12	0.87
2º corte - ELU2	340.46	11.64	8.68	1.09	0.86
2º corte - ELU3	355.43	13.77	14.21	1.15	0.88
2º corte - ELU4	295.83	8.8	3.41	0.93	0.76
2º corte - ELU5	333.25	14.11	17.23	1.09	0.81
2º corte - ELU6	197.79	5.21	0.18	0.62	0.51
2º corte - ELU7	235.21	10.53	14	0.78	0.57
3º corte - ELU1	304.35	22.16	15.85	1.09	0.65
3º corte - ELU2	300.1	22.18	15.79	1.07	0.64
3º corte - ELU3	308.59	22.15	15.91	1.10	0.66
3º corte - ELU4	263.42	19.96	14.19	0.95	0.56
3º corte - ELU5	284.62	19.89	14.49	1.01	0.62
3º corte - ELU6	177.41	13.69	9.73	0.64	0.37
3º corte - ELU7	198.61	13.62	10.03	0.70	0.43

Tabela 75 - Esforços na parede P.1/5 (A.R.6)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	247.21	3.10	9.89	0.74	0.68
1º corte - ELU2	243.81	1.59	8.19	0.71	0.68
1º corte - ELU3	250.6	4.61	11.6	0.76	0.67
1º corte - ELU4	215.79	0.96	4.66	0.63	0.61
1º corte - ELU5	232.79	6.57	13.16	0.73	0.60
1º corte - ELU6	146.32	1.83	1.86	0.44	0.40
1º corte - ELU7	163.32	5.7	10.37	0.52	0.41
2º corte - ELU1	227.97	9.09	9.1	0.74	0.56
2º corte - ELU2	224.68	8.23	7.41	0.72	0.56
2º corte - ELU3	231.26	9.95	10.79	0.76	0.56
2º corte - ELU4	197.41	6.03	3.97	0.62	0.50
2º corte - ELU5	213.87	10.33	12.42	0.71	0.51
2º corte - ELU6	133.07	3.46	1.4	0.41	0.35
2º corte - ELU7	149.53	7.75	9.85	0.50	0.35
3º corte - ELU1	190.94	14.87	7.46	0.69	0.40
3º corte - ELU2	189.55	15.3	7.63	0.69	0.39
3º corte - ELU3	192.32	14.43	7.28	0.69	0.41
3º corte - ELU4	167.61	14.39	7.18	0.62	0.34
3º corte - ELU5	174.54	12.21	6.3	0.62	0.38
3º corte - ELU6	113.45	10.17	5.07	0.42	0.22
3º corte - ELU7	120.38	7.99	4.19	0.42	0.27

Tabela 76 - Esforços na parede P.1/6 (A.R.6)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	123.27	3.79	8.48	0.39	0.32
1º corte - ELU2	122.34	3.42	7.87	0.38	0.32
1º corte - ELU3	124.2	4.16	9.1	0.40	0.31
1º corte - ELU4	109.45	2.51	6.09	0.34	0.29
1º corte - ELU5	114.11	4.36	9.18	0.37	0.28
1º corte - ELU6	74.8	1.45	3.69	0.23	0.20
1º corte - ELU7	79.46	3.3	6.78	0.26	0.19
2º corte - ELU1	107.2	7.25	8.11	0.38	0.24
2º corte - ELU2	106.29	6.76	7.49	0.37	0.24
2º corte - ELU3	108.11	7.73	8.72	0.38	0.23
2º corte - ELU4	93.74	5.29	5.76	0.32	0.22
2º corte - ELU5	98.27	7.71	8.83	0.36	0.21
2º corte - ELU6	63.32	3.23	3.47	0.21	0.15
2º corte - ELU7	67.86	5.65	6.54	0.25	0.14
3º corte - ELU1	75.32	4.74	3.19	0.26	0.17
3º corte - ELU2	75.17	5.02	3.1	0.26	0.17
3º corte - ELU3	75.46	4.46	3.29	0.26	0.17
3º corte - ELU4	65.78	4.81	2.67	0.24	0.14
3º corte - ELU5	66.49	3.4	3.15	0.22	0.16
3º corte - ELU6	44.1	3.43	1.78	0.16	0.09
3º corte - ELU7	44.81	2.02	2.26	0.15	0.11

Tabela 77 - Esforços na parede P.2/1 (A.R.6)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	99.53	5.74	43.87	0.41	0.26
1º corte - ELU2	92.28	4.18	37.29	0.36	0.25
1º corte - ELU3	106.78	7.3	50.46	0.45	0.26
1º corte - ELU4	71.95	1.31	23.07	0.26	0.22
1º corte - ELU5	108.2	9.1	55.99	0.48	0.24
1º corte - ELU6	43.93	0.31	10.68	0.15	0.14
1º corte - ELU7	80.18	7.49	43.6	0.37	0.17
2º corte - ELU1	61.06	0.74	7.6	0.21	0.19
2º corte - ELU2	59.87	0.75	13.08	0.21	0.19
2º corte - ELU3	62.25	0.73	2.13	0.22	0.20
2º corte - ELU4	52.33	0.66	20.57	0.18	0.17
2º corte - ELU5	58.27	0.61	6.82	0.20	0.19
2º corte - ELU6	35.14	0.44	18.43	0.12	0.11
2º corte - ELU7	41.08	0.39	8.96	0.14	0.13
3º corte - ELU1	117.61	8.25	63.96	0.50	0.28
3º corte - ELU2	120.62	9.56	68.96	0.53	0.27
3º corte - ELU3	114.59	6.94	58.97	0.47	0.29
3º corte - ELU4	113.97	10.75	70.19	0.52	0.24
3º corte - ELU5	98.9	4.19	45.22	0.39	0.27
3º corte - ELU6	80.85	8.43	52.14	0.38	0.16
3º corte - ELU7	65.78	1.87	27.17	0.24	0.19

Tabela 78 - Esforços na parede P.2/2 (A.R.6)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	79.44	4.30	38.95	0.32	0.21
1º corte - ELU2	73.45	2.88	32.89	0.28	0.21
1º corte - ELU3	85.43	5.72	45	0.36	0.21
1º corte - ELU4	56.88	0.36	19.94	0.19	0.18
1º corte - ELU5	86.82	7.44	50.22	0.39	0.19
1º corte - ELU6	34.51	0.85	8.94	0.13	0.10
1º corte - ELU7	64.44	6.24	39.22	0.30	0.13
2º corte - ELU1	47.26	1.29	6.69	0.17	0.14
2º corte - ELU2	46.85	1.26	11.9	0.17	0.14
2º corte - ELU3	47.67	1.33	1.49	0.18	0.14
2º corte - ELU4	41.74	1.03	19.05	0.15	0.13
2º corte - ELU5	43.79	1.23	6.98	0.16	0.13
2º corte - ELU6	28.44	0.66	17.16	0.10	0.09
2º corte - ELU7	30.49	0.86	8.87	0.11	0.09
3º corte - ELU1	95.05	6.56	56.37	0.40	0.23
3º corte - ELU2	99.05	7.93	61.52	0.44	0.22
3º corte - ELU3	91.04	5.19	51.21	0.37	0.23
3º corte - ELU4	95.94	9.37	63.69	0.44	0.19
3º corte - ELU5	75.93	2.5	37.9	0.29	0.22
3º corte - ELU6	69.16	7.52	47.77	0.33	0.13
3º corte - ELU7	49.15	0.66	21.98	0.17	0.16

Tabela 79 - Esforços na parede P.2/3 (A.R.6)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	62.91	3.58	33.53	0.26	0.16
1º corte - ELU2	58.35	2.43	28.73	0.23	0.16
1º corte - ELU3	67.47	4.73	38.33	0.29	0.16
1º corte - ELU4	45.44	0.37	18.18	0.16	0.15
1º corte - ELU5	68.26	6.13	42.18	0.31	0.15
1º corte - ELU6	27.71	0.63	8.7	0.10	0.08
1º corte - ELU7	50.53	5.12	32.7	0.24	0.10
2º corte - ELU1	36.35	1.42	5.11	0.14	0.10
2º corte - ELU2	36.17	1.4	9.33	0.14	0.10
2º corte - ELU3	36.53	1.44	0.9	0.14	0.10
2º corte - ELU4	32.41	1.19	15.14	0.12	0.09
2º corte - ELU5	33.32	1.31	5.95	0.13	0.09
2º corte - ELU6	22.17	0.78	13.69	0.08	0.06
2º corte - ELU7	23.08	0.9	7.4	0.09	0.06
3º corte - ELU1	74.67	5.3	46.76	0.32	0.18
3º corte - ELU2	78.22	6.43	51.09	0.35	0.18
3º corte - ELU3	71.12	4.17	42.43	0.29	0.18
3º corte - ELU4	76.3	7.61	52.9	0.36	0.15
3º corte - ELU5	58.55	1.97	31.25	0.22	0.17
3º corte - ELU6	55.24	6.12	39.67	0.27	0.10
3º corte - ELU7	37.5	0.47	18.03	0.13	0.12

Tabela 80 - Esforços na parede P.2/4 (A.R.6)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	45.80	2.73	27.73	0.19	0.12
1º corte - ELU2	42.72	1.91	24.33	0.17	0.12
1º corte - ELU3	48.87	3.55	31.13	0.21	0.12
1º corte - ELU4	33.64	0.43	16.41	0.12	0.11
1º corte - ELU5	49.01	4.54	33.43	0.22	0.10
1º corte - ELU6	20.71	0.34	8.56	0.07	0.06
1º corte - ELU7	36.09	3.77	25.58	0.17	0.07
2º corte - ELU1	25.33	1.56	3.98	0.11	0.06
2º corte - ELU2	25.34	1.54	7.01	0.11	0.06
2º corte - ELU3	25.31	1.58	0.95	0.11	0.06
2º corte - ELU4	22.89	1.33	11.14	0.09	0.06
2º corte - ELU5	22.82	1.42	4.02	0.10	0.06
2º corte - ELU6	15.74	0.88	10.01	0.06	0.04
2º corte - ELU7	15.68	0.97	5.15	0.07	0.04
3º corte - ELU1	54.64	4.13	37.8	0.24	0.13
3º corte - ELU2	57.45	4.96	41.03	0.26	0.13
3º corte - ELU3	51.82	3.31	34.57	0.22	0.13
3º corte - ELU4	56.28	5.79	42.02	0.26	0.11
3º corte - ELU5	42.2	1.67	25.85	0.16	0.12
3º corte - ELU6	40.85	4.62	31.31	0.20	0.07
3º corte - ELU7	26.77	0.5	15.15	0.10	0.08

Tabela 81 - Esforços na parede P.2/5 (A.R.6)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	28.54	1.88	21.79	0.12	0.07
1º corte - ELU2	26.88	1.41	19.82	0.11	0.07
1º corte - ELU3	30.2	2.35	23.77	0.13	0.07
1º corte - ELU4	21.51	0.54	14.61	0.08	0.06
1º corte - ELU5	29.82	2.87	24.48	0.14	0.06
1º corte - ELU6	13.43	0.02	8.43	0.05	0.04
1º corte - ELU7	21.75	2.35	18.3	0.10	0.04
2º corte - ELU1	14.3	1.69	2.91	0.07	0.03
2º corte - ELU2	14.43	1.68	4.66	0.07	0.03
2º corte - ELU3	14.17	1.7	1.16	0.07	0.02
2º corte - ELU4	13.16	1.46	6.96	0.06	0.02
2º corte - ELU5	12.53	1.52	1.79	0.06	0.02
2º corte - ELU6	9.12	0.97	6.13	0.04	0.02
2º corte - ELU7	8.48	1.04	2.62	0.04	0.01
3º corte - ELU1	34.72	2.99	28.95	0.16	0.08
3º corte - ELU2	36.57	3.48	30.92	0.17	0.08
3º corte - ELU3	32.87	2.5	26.99	0.14	0.08
3º corte - ELU4	35.78	3.91	30.83	0.17	0.07
3º corte - ELU5	26.54	1.47	20.99	0.11	0.07
3º corte - ELU6	25.94	3.06	22.61	0.13	0.05
3º corte - ELU7	16.7	0.63	12.77	0.06	0.05

Tabela 82 - Esforços na parede P.2/6 (A.R.6)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	11.15	0.78	17.23	0.05	0.03
1º corte - ELU2	10.56	0.61	16.46	0.04	0.03
1º corte - ELU3	11.74	0.95	17.99	0.05	0.03
1º corte - ELU4	8.4	0.28	13.46	0.03	0.02
1º corte - ELU5	11.35	1.15	17.3	0.05	0.02
1º corte - ELU6	5.21	0.06	8.56	0.02	0.02
1º corte - ELU7	8.17	0.93	12.4	0.04	0.01
2º corte - ELU1	2.64	2.16	1.97	0.04	-0.02
2º corte - ELU2	2.74	2.15	2.64	0.04	-0.02
2º corte - ELU3	2.53	2.17	1.31	0.04	-0.02
2º corte - ELU4	2.52	1.89	3.41	0.03	-0.02
2º corte - ELU5	2.01	1.95	0.06	0.03	-0.02
2º corte - ELU6	1.75	1.27	2.84	0.02	-0.01
2º corte - ELU7	1.24	1.33	0.51	0.02	-0.01
3º corte - ELU1	15.03	1.65	21.86	0.07	0.03
3º corte - ELU2	15.82	1.85	22.64	0.08	0.03
3º corte - ELU3	14.24	1.46	21.08	0.07	0.03
3º corte - ELU4	15.25	1.97	21.4	0.08	0.02
3º corte - ELU5	11.31	0.98	17.49	0.05	0.02
3º corte - ELU6	10.94	1.5	15.16	0.06	0.02
3º corte - ELU7	7	0.51	11.25	0.03	0.02

Tabela 83 - Esforços na parede P.3/1 (A.R.6)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	1522.19	0.00	0	2.17	2.17
1º corte - ELU2	1522.21	42.11	17.12	2.28	2.07
1º corte - ELU3	1522.16	42.11	17.12	2.28	2.07
1º corte - ELU4	1381.62	105.27	42.79	2.23	1.72
1º corte - ELU5	1381.49	105.27	42.79	2.23	1.72
1º corte - ELU6	953.99	105.27	42.79	1.62	1.11
1º corte - ELU7	953.86	105.27	42.79	1.62	1.10
2º corte - ELU1	1463.48	0	0	2.09	2.09
2º corte - ELU2	1463.51	17.33	17.12	2.13	2.05
2º corte - ELU3	1463.46	17.33	17.12	2.13	2.05
2º corte - ELU4	1325.95	43.32	42.79	2.00	1.79
2º corte - ELU5	1325.82	43.32	42.79	2.00	1.79
2º corte - ELU6	914.25	43.32	42.79	1.41	1.20
2º corte - ELU7	914.13	43.32	42.79	1.41	1.20
3º corte - ELU1	1285.61	0	0	1.84	1.84
3º corte - ELU2	1285.61	14.23	9.24	1.87	1.80
3º corte - ELU3	1285.6	14.23	9.24	1.87	1.80
3º corte - ELU4	1162.78	35.56	23.1	1.75	1.57
3º corte - ELU5	1162.76	35.56	23.1	1.75	1.57
3º corte - ELU6	800.66	35.56	23.1	1.23	1.06
3º corte - ELU7	800.64	35.56	23.1	1.23	1.06

Tabela 84 - Esforços na parede P.3/2 (A.R.6)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	1258.41	0.00	0	1.80	1.80
1º corte - ELU2	1258.42	26.16	15.18	1.86	1.73
1º corte - ELU3	1258.39	26.16	15.18	1.86	1.73
1º corte - ELU4	1142.08	65.4	37.95	1.79	1.47
1º corte - ELU5	1142	65.4	37.95	1.79	1.47
1º corte - ELU6	788.53	65.4	37.95	1.29	0.97
1º corte - ELU7	788.44	65.4	37.95	1.29	0.97
2º corte - ELU1	1210.01	0	0	1.73	1.73
2º corte - ELU2	1210.02	4.84	15.21	1.74	1.72
2º corte - ELU3	1210.01	4.84	15.21	1.74	1.72
2º corte - ELU4	1095.75	12.11	38.01	1.60	1.54
2º corte - ELU5	1095.72	12.11	38.01	1.59	1.54
2º corte - ELU6	755.24	12.11	38.01	1.11	1.05
2º corte - ELU7	755.21	12.11	38.01	1.11	1.05
3º corte - ELU1	1054.06	0	0	1.51	1.51
3º corte - ELU2	1054.05	6.28	6.38	1.52	1.49
3º corte - ELU3	1054.06	6.28	6.38	1.52	1.49
3º corte - ELU4	952.54	15.7	15.94	1.40	1.32
3º corte - ELU5	952.56	15.7	15.94	1.40	1.32
3º corte - ELU6	655.46	15.7	15.94	0.97	0.90
3º corte - ELU7	655.47	15.7	15.94	0.97	0.90

Tabela 85 - Esforços na parede P.3/3 (A.R.6)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	1001.83	0.00	0	1.43	1.43
1º corte - ELU2	1001.85	16.29	11.91	1.47	1.39
1º corte - ELU3	1001.82	16.29	11.91	1.47	1.39
1º corte - ELU4	909.15	40.73	29.77	1.40	1.20
1º corte - ELU5	909.07	40.73	29.77	1.40	1.20
1º corte - ELU6	627.67	40.73	29.77	1.00	0.80
1º corte - ELU7	627.58	40.73	29.77	1.00	0.80
2º corte - ELU1	958.07	0	0	1.37	1.37
2º corte - ELU2	958.07	0.31	11.95	1.37	1.37
2º corte - ELU3	958.06	0.31	11.95	1.37	1.37
2º corte - ELU4	867.02	0.78	29.87	1.24	1.24
2º corte - ELU5	866.99	0.78	29.87	1.24	1.24
2º corte - ELU6	597.28	0.78	29.87	0.86	0.85
2º corte - ELU7	597.25	0.78	29.87	0.86	0.85
3º corte - ELU1	824.21	0	0	1.18	1.18
3º corte - ELU2	824.2	2.24	4.53	1.18	1.17
3º corte - ELU3	824.21	2.24	4.53	1.18	1.17
3º corte - ELU4	743.88	5.6	11.33	1.08	1.05
3º corte - ELU5	743.9	5.6	11.33	1.08	1.05
3º corte - ELU6	511.36	5.6	11.33	0.74	0.72
3º corte - ELU7	511.38	5.6	11.33	0.74	0.72

Tabela 86 - Esforços na parede P.3/4 (A.R.6)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	748.30	0.00	0	1.07	1.07
1º corte - ELU2	748.32	9.66	8.86	1.09	1.05
1º corte - ELU3	748.29	9.66	8.86	1.09	1.05
1º corte - ELU4	679	24.14	22.14	1.03	0.91
1º corte - ELU5	678.92	24.14	22.14	1.03	0.91
1º corte - ELU6	468.73	24.14	22.14	0.73	0.61
1º corte - ELU7	468.66	24.14	22.14	0.73	0.61
2º corte - ELU1	709.07	0	0	1.01	1.01
2º corte - ELU2	709.07	2.62	8.89	1.02	1.01
2º corte - ELU3	709.06	2.62	8.89	1.02	1.01
2º corte - ELU4	640.99	6.54	22.22	0.93	0.90
2º corte - ELU5	640.97	6.54	22.22	0.93	0.90
2º corte - ELU6	441.18	6.54	22.22	0.65	0.61
2º corte - ELU7	441.16	6.54	22.22	0.65	0.61
3º corte - ELU1	596.32	0	0	0.85	0.85
3º corte - ELU2	596.31	0.47	3.3	0.85	0.85
3º corte - ELU3	596.33	0.47	3.3	0.85	0.85
3º corte - ELU4	537.01	1.18	8.25	0.77	0.76
3º corte - ELU5	537.06	1.18	8.25	0.77	0.76
3º corte - ELU6	368.51	1.18	8.25	0.53	0.52
3º corte - ELU7	368.55	1.18	8.25	0.53	0.52

Tabela 87 - Esforços na parede P.3/5 (A.R.6)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	496.55	0.00	0	0.71	0.71
1º corte - ELU2	496.56	4.15	5.41	0.72	0.70
1º corte - ELU3	496.54	4.15	5.41	0.72	0.70
1º corte - ELU4	450.48	10.38	13.52	0.67	0.62
1º corte - ELU5	450.42	10.38	13.52	0.67	0.62
1º corte - ELU6	310.93	10.38	13.52	0.47	0.42
1º corte - ELU7	310.87	10.38	13.52	0.47	0.42
2º corte - ELU1	461.81	0	0	0.66	0.66
2º corte - ELU2	461.81	3.28	5.43	0.67	0.65
2º corte - ELU3	461.81	3.28	5.43	0.67	0.65
2º corte - ELU4	416.54	8.21	13.57	0.62	0.57
2º corte - ELU5	416.54	8.21	13.57	0.62	0.57
2º corte - ELU6	286.19	8.21	13.57	0.43	0.39
2º corte - ELU7	286.2	8.21	13.57	0.43	0.39
3º corte - ELU1	369.96	0	0	0.53	0.53
3º corte - ELU2	369.95	1.85	1.99	0.53	0.52
3º corte - ELU3	369.98	1.85	1.99	0.53	0.52
3º corte - ELU4	331.55	4.63	4.97	0.48	0.46
3º corte - ELU5	331.62	4.63	4.97	0.49	0.46
3º corte - ELU6	226.63	4.63	4.97	0.34	0.31
3º corte - ELU7	226.7	4.63	4.97	0.34	0.31

Tabela 88 - Esforços na parede P.3/6 (A.R.6)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	246.36	0.00	0	0.35	0.35
1º corte - ELU2	246.37	0.3	1.74	0.35	0.35
1º corte - ELU3	246.35	0.3	1.74	0.35	0.35
1º corte - ELU4	223.39	0.75	4.35	0.32	0.32
1º corte - ELU5	223.34	0.75	4.35	0.32	0.32
1º corte - ELU6	154.12	0.75	4.35	0.22	0.22
1º corte - ELU7	154.08	0.75	4.35	0.22	0.22
2º corte - ELU1	216.15	0	0	0.31	0.31
2º corte - ELU2	216.15	2.05	1.75	0.31	0.30
2º corte - ELU3	216.15	2.05	1.75	0.31	0.30
2º corte - ELU4	193.56	5.12	4.37	0.29	0.26
2º corte - ELU5	193.58	5.12	4.37	0.29	0.26
2º corte - ELU6	132.23	5.12	4.37	0.20	0.18
2º corte - ELU7	132.25	5.12	4.37	0.20	0.18
3º corte - ELU1	141.66	0	0	0.20	0.20
3º corte - ELU2	141.65	0.81	0.36	0.20	0.20
3º corte - ELU3	141.66	0.81	0.36	0.20	0.20
3º corte - ELU4	124.41	2.03	0.89	0.18	0.17
3º corte - ELU5	124.43	2.03	0.89	0.18	0.17
3º corte - ELU6	83.64	2.03	0.89	0.12	0.11
3º corte - ELU7	83.66	2.03	0.89	0.12	0.11

Tabela 89 - Esforços na parede P.4/1 (A.R.6)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	117.61	8.25	63.96	0.50	0.28
1º corte - ELU2	114.68	6.94	58.99	0.47	0.29
1º corte - ELU3	120.53	9.56	68.94	0.53	0.27
1º corte - ELU4	99.12	4.2	45.27	0.39	0.27
1º corte - ELU5	113.74	10.74	70.14	0.52	0.24
1º corte - ELU6	66.01	1.88	27.22	0.25	0.19
1º corte - ELU7	80.63	8.42	52.09	0.38	0.16
2º corte - ELU1	61.06	0.74	7.6	0.21	0.19
2º corte - ELU2	62.32	0.73	2.14	0.22	0.20
2º corte - ELU3	59.8	0.75	13.07	0.21	0.19
2º corte - ELU4	58.45	0.61	6.77	0.20	0.19
2º corte - ELU5	52.15	0.65	20.53	0.18	0.17
2º corte - ELU6	41.26	0.39	8.92	0.14	0.13
2º corte - ELU7	34.96	0.43	18.39	0.12	0.11
3º corte - ELU1	99.53	5.74	43.87	0.41	0.26
3º corte - ELU2	106.83	7.3	50.44	0.45	0.26
3º corte - ELU3	92.23	4.19	37.31	0.36	0.25
3º corte - ELU4	108.33	9.09	55.94	0.48	0.24
3º corte - ELU5	71.82	1.32	23.12	0.26	0.22
3º corte - ELU6	80.31	7.48	43.55	0.37	0.17
3º corte - ELU7	43.8	0.3	10.73	0.15	0.14

Tabela 90 - Esforços na parede P.4/2 (A.R.6)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	95.05	6.56	56.37	0.40	0.23
1º corte - ELU2	91.14	5.19	51.21	0.37	0.23
1º corte - ELU3	98.95	7.93	61.52	0.44	0.22
1º corte - ELU4	76.17	2.51	37.92	0.29	0.22
1º corte - ELU5	95.7	9.36	63.67	0.44	0.19
1º corte - ELU6	49.39	0.66	22	0.17	0.16
1º corte - ELU7	68.93	7.51	47.75	0.33	0.13
2º corte - ELU1	47.26	1.29	6.69	0.17	0.14
2º corte - ELU2	47.76	1.33	1.49	0.18	0.14
2º corte - ELU3	46.76	1.26	11.9	0.17	0.14
2º corte - ELU4	44.02	1.23	6.98	0.16	0.13
2º corte - ELU5	41.51	1.04	19.05	0.15	0.12
2º corte - ELU6	30.72	0.86	8.87	0.11	0.09
2º corte - ELU7	28.21	0.66	17.16	0.10	0.09
3º corte - ELU1	79.44	4.3	38.95	0.32	0.21
3º corte - ELU2	85.52	5.72	45	0.36	0.21
3º corte - ELU3	73.37	2.88	32.89	0.28	0.21
3º corte - ELU4	87.04	7.45	50.22	0.39	0.19
3º corte - ELU5	56.66	0.35	19.94	0.19	0.18
3º corte - ELU6	64.67	6.24	39.22	0.30	0.13
3º corte - ELU7	34.29	0.86	8.94	0.13	0.10

Tabela 91 - Esforços na parede P.4/3 (A.R.6)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	74.67	5.30	46.76	0.32	0.18
1º corte - ELU2	71.21	4.18	42.44	0.29	0.18
1º corte - ELU3	78.12	6.43	51.08	0.35	0.17
1º corte - ELU4	58.8	1.98	31.27	0.22	0.17
1º corte - ELU5	76.06	7.6	52.87	0.35	0.15
1º corte - ELU6	37.74	0.48	18.05	0.13	0.12
1º corte - ELU7	55	6.11	39.65	0.26	0.10
2º corte - ELU1	36.35	1.42	5.11	0.14	0.10
2º corte - ELU2	36.63	1.44	0.9	0.14	0.10
2º corte - ELU3	36.08	1.4	9.33	0.14	0.10
2º corte - ELU4	33.55	1.31	5.94	0.13	0.09
2º corte - ELU5	32.18	1.19	15.13	0.12	0.09
2º corte - ELU6	23.3	0.9	7.39	0.09	0.07
2º corte - ELU7	21.94	0.78	13.68	0.08	0.06
3º corte - ELU1	62.91	3.58	33.53	0.26	0.16
3º corte - ELU2	67.56	4.74	38.33	0.29	0.16
3º corte - ELU3	58.26	2.43	28.73	0.23	0.16
3º corte - ELU4	68.48	6.14	42.18	0.31	0.15
3º corte - ELU5	45.23	0.37	18.18	0.16	0.15
3º corte - ELU6	50.75	5.13	32.7	0.24	0.10
3º corte - ELU7	27.49	0.64	8.7	0.10	0.08

Tabela 92 - Esforços na parede P.4/4 (A.R.6)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	54.64	4.13	37.8	0.24	0.13
1º corte - ELU2	51.93	3.31	34.58	0.22	0.13
1º corte - ELU3	57.34	4.96	41.02	0.26	0.13
1º corte - ELU4	42.48	1.68	25.89	0.16	0.12
1º corte - ELU5	56	5.78	41.99	0.26	0.11
1º corte - ELU6	27.04	0.51	15.18	0.10	0.08
1º corte - ELU7	40.57	4.62	31.28	0.20	0.07
2º corte - ELU1	25.33	1.56	3.98	0.11	0.06
2º corte - ELU2	25.41	1.58	0.96	0.11	0.06
2º corte - ELU3	25.24	1.54	7.01	0.10	0.06
2º corte - ELU4	23.08	1.42	4	0.10	0.06
2º corte - ELU5	22.63	1.33	11.13	0.09	0.06
2º corte - ELU6	15.93	0.97	5.13	0.07	0.04
2º corte - ELU7	15.49	0.89	9.99	0.06	0.04
3º corte - ELU1	45.8	2.73	27.73	0.19	0.12
3º corte - ELU2	48.97	3.56	31.13	0.21	0.12
3º corte - ELU3	42.63	1.91	24.33	0.17	0.12
3º corte - ELU4	49.25	4.54	33.42	0.22	0.10
3º corte - ELU5	33.4	0.42	16.42	0.12	0.11
3º corte - ELU6	36.33	3.77	25.58	0.17	0.07
3º corte - ELU7	20.47	0.35	8.57	0.07	0.06

Tabela 93 - Esforços na parede P.4/5 (A.R.6)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	34.72	2.99	28.95	0.16	0.08
1º corte - ELU2	32.99	2.51	27	0.14	0.08
1º corte - ELU3	36.46	3.47	30.91	0.17	0.08
1º corte - ELU4	26.82	1.48	21.02	0.11	0.07
1º corte - ELU5	35.5	3.9	30.8	0.17	0.07
1º corte - ELU6	16.99	0.64	12.8	0.07	0.05
1º corte - ELU7	25.66	3.05	22.57	0.13	0.04
2º corte - ELU1	14.3	1.69	2.91	0.07	0.03
2º corte - ELU2	14.28	1.7	1.16	0.07	0.02
2º corte - ELU3	14.32	1.68	4.66	0.07	0.03
2º corte - ELU4	12.8	1.52	1.78	0.06	0.02
2º corte - ELU5	12.89	1.46	6.95	0.06	0.02
2º corte - ELU6	8.75	1.04	2.61	0.04	0.02
2º corte - ELU7	8.85	0.98	6.12	0.04	0.02
3º corte - ELU1	28.54	1.88	21.79	0.12	0.07
3º corte - ELU2	30.31	2.35	23.76	0.13	0.07
3º corte - ELU3	26.78	1.41	19.82	0.11	0.07
3º corte - ELU4	30.08	2.88	24.47	0.14	0.06
3º corte - ELU5	21.25	0.53	14.61	0.08	0.06
3º corte - ELU6	22	2.36	18.29	0.10	0.04
3º corte - ELU7	13.18	0.01	8.44	0.04	0.04

Tabela 94 - Esforços na parede P.4/6 (A.R.6)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	15.03	1.65	21.86	0.07	0.03
1º corte - ELU2	14.3	1.46	21.08	0.07	0.03
1º corte - ELU3	15.75	1.85	22.64	0.08	0.03
1º corte - ELU4	11.47	0.99	17.49	0.05	0.03
1º corte - ELU5	15.09	1.96	21.4	0.08	0.02
1º corte - ELU6	7.16	0.52	11.25	0.03	0.02
1º corte - ELU7	10.78	1.49	15.16	0.06	0.02
2º corte - ELU1	2.64	2.16	1.97	0.04	-0.02
2º corte - ELU2	2.6	2.17	1.3	0.04	-0.02
2º corte - ELU3	2.67	2.15	2.65	0.04	-0.02
2º corte - ELU4	2.17	1.94	0.06	0.03	-0.02
2º corte - ELU5	2.36	1.9	3.41	0.03	-0.02
2º corte - ELU6	1.4	1.32	0.51	0.02	-0.01
2º corte - ELU7	1.59	1.28	2.84	0.02	-0.01
3º corte - ELU1	11.15	0.78	17.23	0.05	0.03
3º corte - ELU2	11.81	0.96	18	0.05	0.03
3º corte - ELU3	10.49	0.6	16.45	0.04	0.03
3º corte - ELU4	11.53	1.16	17.31	0.05	0.02
3º corte - ELU5	8.23	0.27	13.45	0.03	0.02
3º corte - ELU6	8.34	0.94	12.41	0.04	0.02
3º corte - ELU7	5.04	0.05	8.55	0.02	0.02

Tabela 95 - Esforços na parede P.5/1 (A.R.6)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	739.03	12.27	22.03	2.23	1.99
1º corte - ELU2	768.33	22.27	27.99	2.41	1.98
1º corte - ELU3	709.74	2.28	16.06	2.05	2.01
1º corte - ELU4	743.89	36.08	34.82	2.48	1.77
1º corte - ELU5	597.43	13.89	4.99	1.84	1.57
1º corte - ELU6	536.26	32.62	28.61	1.85	1.21
1º corte - ELU7	389.79	17.35	1.22	1.28	0.94
2º corte - ELU1	701.57	19.73	23	2.20	1.81
2º corte - ELU2	729.85	18.47	29.01	2.27	1.90
2º corte - ELU3	673.29	20.98	17	2.13	1.72
2º corte - ELU4	706.16	14.68	35.8	2.16	1.87
2º corte - ELU5	564.78	20.96	5.77	1.82	1.41
2º corte - ELU6	508.77	9.12	29.32	1.54	1.36
2º corte - ELU7	367.39	15.4	0.71	1.20	0.90
3º corte - ELU1	638.35	42.9	36.67	2.24	1.40
3º corte - ELU2	660.48	45.95	37.13	2.34	1.44
3º corte - ELU3	616.21	39.85	36.2	2.15	1.37
3º corte - ELU4	632.51	46.37	34.4	2.26	1.35
3º corte - ELU5	521.83	31.12	32.08	1.80	1.19
3º corte - ELU6	452.66	34.27	24.09	1.63	0.96
3º corte - ELU7	341.98	19.03	21.77	1.16	0.79

Tabela 96 - Esforços na parede P.5/2 (A.R.6)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	613.27	0.98	14.48	1.76	1.74
1º corte - ELU2	634.55	4.35	19.04	1.86	1.77
1º corte - ELU3	591.98	6.32	9.92	1.75	1.63
1º corte - ELU4	609.75	12.41	24.45	1.86	1.62
1º corte - ELU5	503.33	14.24	1.66	1.58	1.30
1º corte - ELU6	437.45	12.68	20.36	1.37	1.13
1º corte - ELU7	331.03	13.97	2.42	1.08	0.81
2º corte - ELU1	584.69	20.34	14.8	1.87	1.47
2º corte - ELU2	605.34	21.4	19.35	1.94	1.52
2º corte - ELU3	564.03	19.28	10.26	1.80	1.42
2º corte - ELU4	581.05	21.03	24.73	1.87	1.45
2º corte - ELU5	477.78	15.74	2	1.52	1.21
2º corte - ELU6	416.5	15.3	20.55	1.34	1.04
2º corte - ELU7	313.23	10	2.18	0.99	0.80
3º corte - ELU1	528.77	36.94	32.14	1.87	1.15
3º corte - ELU2	543.72	38.54	33	1.93	1.18
3º corte - ELU3	513.81	35.34	31.28	1.81	1.12
3º corte - ELU4	515.11	37.34	31.28	1.84	1.11
3º corte - ELU5	440.33	29.34	26.98	1.55	0.97
3º corte - ELU6	366.05	26.92	22.24	1.31	0.78
3º corte - ELU7	291.27	18.91	17.94	1.02	0.65

Tabela 97 - Esforços na parede P.5/3 (A.R.6)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	492.53	1.76	14.14	1.42	1.39
1º corte - ELU2	506.32	5.88	17.9	1.50	1.39
1º corte - ELU3	478.74	2.35	10.39	1.39	1.34
1º corte - ELU4	481.43	11.87	22.15	1.49	1.26
1º corte - ELU5	412.5	8.7	3.36	1.26	1.09
1º corte - ELU6	343.05	11.37	18.16	1.09	0.87
1º corte - ELU7	274.12	9.2	0.64	0.87	0.69
2º corte - ELU1	467.05	16.23	13.61	1.49	1.18
2º corte - ELU2	480.42	17.37	17.36	1.54	1.20
2º corte - ELU3	453.69	15.09	9.87	1.44	1.15
2º corte - ELU4	456.06	17.51	21.64	1.47	1.13
2º corte - ELU5	389.25	11.8	2.93	1.23	1.00
2º corte - ELU6	324.55	12.93	17.8	1.05	0.80
2º corte - ELU7	257.75	7.22	0.91	0.81	0.67
3º corte - ELU1	417.04	29.58	23.98	1.48	0.90
3º corte - ELU2	425.87	30.28	24.45	1.51	0.92
3º corte - ELU3	408.21	28.88	23.5	1.45	0.88
3º corte - ELU4	398.38	28.41	22.91	1.42	0.86
3º corte - ELU5	354.25	24.91	20.52	1.26	0.77
3º corte - ELU6	280.71	20.06	16.17	1.00	0.61
3º corte - ELU7	236.58	16.55	13.78	0.84	0.51

Tabela 98 - Esforços na parede P.5/4 (A.R.6)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	370.32	2.51	12.3	1.08	1.03
1º corte - ELU2	378.05	5.33	15.09	1.13	1.03
1º corte - ELU3	362.58	0.32	9.51	1.04	1.03
1º corte - ELU4	355.37	9.33	18.06	1.11	0.92
1º corte - ELU5	316.7	4.8	4.11	0.95	0.86
1º corte - ELU6	251.32	8.62	14.59	0.80	0.63
1º corte - ELU7	212.66	5.51	0.63	0.66	0.55
2º corte - ELU1	347.95	12.71	11.44	1.12	0.87
2º corte - ELU2	355.43	13.78	14.22	1.15	0.88
2º corte - ELU3	340.47	11.64	8.67	1.09	0.86
2º corte - ELU4	333.24	14.13	17.26	1.09	0.81
2º corte - ELU5	295.85	8.78	3.38	0.93	0.76
2º corte - ELU6	235.2	10.55	14.03	0.78	0.57
2º corte - ELU7	197.8	5.19	0.15	0.62	0.51
3º corte - ELU1	304.35	22.16	15.85	1.09	0.65
3º corte - ELU2	308.59	22.17	15.98	1.10	0.66
3º corte - ELU3	300.1	22.16	15.71	1.07	0.64
3º corte - ELU4	284.64	19.93	14.68	1.01	0.62
3º corte - ELU5	263.41	19.92	14.01	0.95	0.56
3º corte - ELU6	198.62	13.66	10.22	0.70	0.43
3º corte - ELU7	177.39	13.65	9.55	0.64	0.37

Tabela 99 - Esforços na parede P.5/5 (A.R.6)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	247.21	3.10	9.89	0.74	0.68
1º corte - ELU2	250.62	4.62	11.61	0.76	0.67
1º corte - ELU3	243.79	1.58	8.18	0.71	0.68
1º corte - ELU4	232.83	6.61	13.19	0.73	0.60
1º corte - ELU5	215.74	1	4.63	0.63	0.61
1º corte - ELU6	163.37	5.74	10.39	0.52	0.41
1º corte - ELU7	146.27	1.87	1.83	0.44	0.40
2º corte - ELU1	227.97	9.09	9.1	0.74	0.56
2º corte - ELU2	231.26	9.95	10.8	0.76	0.56
2º corte - ELU3	224.68	8.23	7.4	0.72	0.56
2º corte - ELU4	213.87	10.33	12.45	0.71	0.51
2º corte - ELU5	197.41	6.02	3.94	0.62	0.51
2º corte - ELU6	149.53	7.76	9.88	0.50	0.35
2º corte - ELU7	133.07	3.45	1.37	0.41	0.35
3º corte - ELU1	190.94	14.87	7.46	0.69	0.40
3º corte - ELU2	192.34	14.46	7.37	0.69	0.41
3º corte - ELU3	189.54	15.28	7.55	0.69	0.39
3º corte - ELU4	174.57	12.28	6.51	0.62	0.38
3º corte - ELU5	167.58	14.33	6.97	0.62	0.34
3º corte - ELU6	120.41	8.06	4.41	0.42	0.27
3º corte - ELU7	113.42	10.1	4.86	0.42	0.23

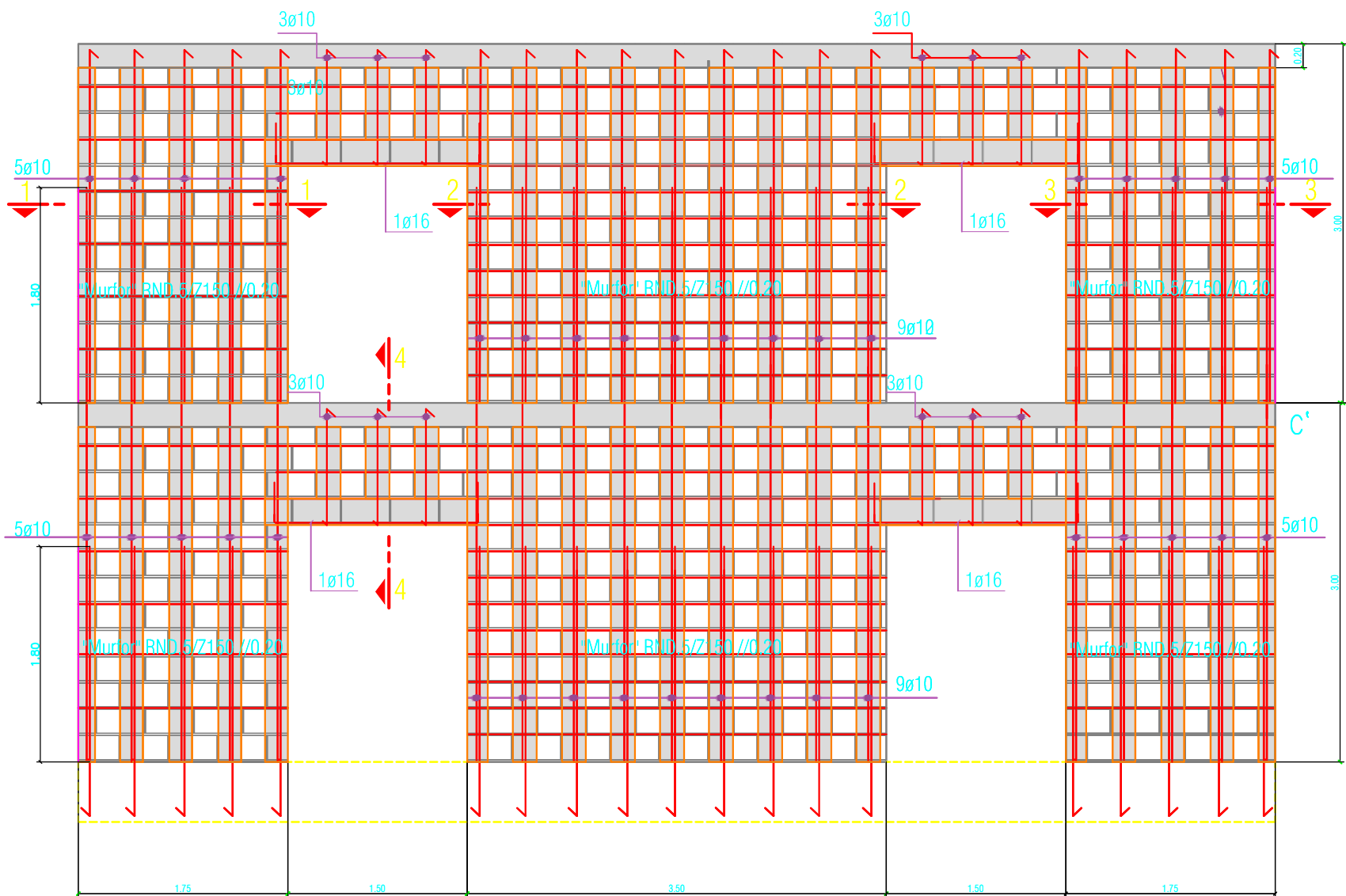
Tabela 100 - Esforços na parede P.5/6 (A.R.6)

Corte - Combinação	NRx (KN/m2)	MRz (KN/m2)	TRy (KN/m2)	σ_1 (Mpa)	σ_2 (Mpa)
1º corte - ELU1	123.27	3.79	8.48	0.39	0.32
1º corte - ELU2	124.23	4.19	9.13	0.40	0.31
1º corte - ELU3	122.32	3.39	7.84	0.38	0.32
1º corte - ELU4	114.17	4.44	9.24	0.37	0.28
1º corte - ELU5	109.39	2.44	6.03	0.34	0.29
1º corte - ELU6	79.52	3.37	6.84	0.26	0.19
1º corte - ELU7	74.74	1.37	3.63	0.23	0.20
2º corte - ELU1	107.2	7.25	8.11	0.38	0.24
2º corte - ELU2	108.11	7.74	8.75	0.38	0.23
2º corte - ELU3	106.29	6.75	7.47	0.37	0.24
2º corte - ELU4	98.28	7.72	8.89	0.36	0.21
2º corte - ELU5	93.73	5.27	5.7	0.32	0.22
2º corte - ELU6	67.86	5.67	6.6	0.25	0.14
2º corte - ELU7	63.31	3.22	3.4	0.21	0.15
3º corte - ELU1	75.32	4.74	3.19	0.26	0.17
3º corte - ELU2	75.46	4.46	3.25	0.26	0.17
3º corte - ELU3	75.17	5.03	3.14	0.26	0.17
3º corte - ELU4	66.5	3.4	3.05	0.22	0.16
3º corte - ELU5	65.77	4.82	2.78	0.24	0.14
3º corte - ELU6	44.82	2.02	2.16	0.15	0.11
3º corte - ELU7	44.09	3.44	1.88	0.16	0.09

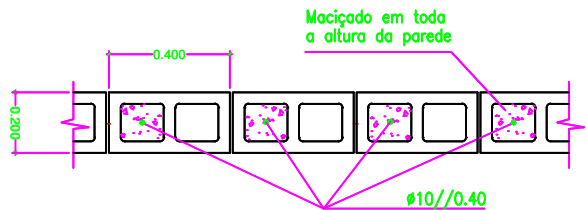
ANEXO 2

PEÇAS DESENHADAS – ESTRUTURA A.R.2

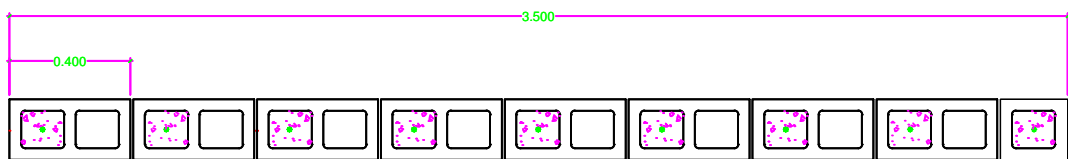
ESTRUTURA DE FACHADA "A.R.2"



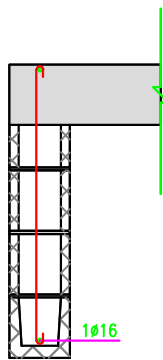
CORTES



CORTE 1-1 e CORTE 3-3



CORTE 2-2



CORTE 4-4

Escala 1/25

MATERIAIS:
BETÃO:

C 12/15
(BETÃO DE ENCHIMENTO)
C 30/37
BETÃO (EM GERAL)

ACO:

A 500 NR

ALVENARIA:

U 4
(UNIDADES DE ALVENARIA)
M 5
(ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO)

FEUP - Faculdade de Engenharia Universidade do Porto

Objetivo do trabalho
Estudo do desempenho de uma estrutura de fachada de um edifício - Comparação entre estrutura de betão armado e estrutura em alvenaria resistente na vertente custo/prazo de execução

Tipo de estrutura
FACHADA EM ALVENARIA ARMADA

Título do desenho
ESTRUTURA DE FACHADA
ALÇADO DA PAREDE E CORTES

Orientando Germano Ribeiro	Orientador Prof. Jorge Chaves	Departamento DEC - Departamento de Engenharia Civil	Especialidade Construções
Data 2012/06/18	Escala 1/50 e 1/25		

ANEXO 3

VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA AO ESFORÇO TRANSVERSO DAS PAREDES EM ALVENARIA RESISTENTE

Tabela 101 - Verificação ao esforço transversal das paredes da estrutura "A.R.2"

Parede	Vsd (KN)	$f_{vk} = f_{vko} + 0.4\sigma_d$ (Mpa)	$f_{vk} = 0.065f_b$ (Mpa)	f_{vk} (Mpa)	VRd (KN)
P. 1/1	12.27	0.308	0.299	1.2	44.9
P. 1/2	7.89	0.193	0.299	1.2	28.9
P. 3/1	11.07	0.342	0.299	1.2	92.4
P. 3/2	3.95	0.225	0.299	1.2	69.6
P. 5/1	12.2	0.308	0.299	1.2	44.9
P. 5/2	7.92	0.193	0.299	1.2	28.9

Tabela 102 - Verificação ao esforço transversal das paredes da estrutura "A.R.3"

Parede	Vsd (KN)	$f_{vk} = f_{vko} + 0.4\sigma_d$ (Mpa)	$f_{vk} = 0.065f_b$ (Mpa)	f_{vk} (Mpa)	VRd (KN)
P. 1/1	17.73	0.433	0.299	1.2	44.85
P. 1/2	10.67	0.302	0.299	1.2	44.85
P. 1/3	8.21	0.227	0.299	1.2	33.99
P. 3/1	18.38	0.458	0.299	1.2	92.42
P. 3/2	11.73	0.336	0.299	1.2	92.42
P. 3/3	3.64	0.208	0.299	1.2	64.17
P. 5/1	17.67	0.433	0.299	1.2	44.85
P. 5/2	10.71	0.302	0.299	1.2	44.85
P. 5/3	8.23	0.227	0.299	1.2	33.98

Tabela 103 - Verificação ao esforço transversal das paredes da estrutura "A.R.4"

Parede	Vsd (KN)	$f_{vk} = f_{vko} + 0.4\sigma_d$ (Mpa)	$f_{vk} = 0.065f_b$ (Mpa)	f_{vk} (Mpa)	VRd (KN)
P. 1/1	23.44	0.564	0.299	1.2	44.85
P. 1/2	15.66	0.364	0.299	1.2	44.85
P. 1/3	11.79	0.341	0.299	1.2	44.85
P. 1/4	8.58	0.226	0.299	1.2	33.95
P. 3/1	26	0.572	0.299	1.2	92.42
P. 3/2	19.91	0.467	0.299	1.2	92.42
P. 3/3	11.83	0.333	0.299	1.2	92.42
P. 3/4	3.8	0.207	0.299	1.2	63.91
P. 5/1	23.37	0.564	0.299	1.2	44.85
P. 5/2	15.72	0.364	0.299	1.2	44.85
P. 5/3	11.81	0.341	0.299	1.2	44.85
P. 5/4	8.61	0.214	0.299	1.2	32.07

Tabela 104 - Verificação ao esforço transversal das paredes da estrutura "A.R.5"

Parede	Vsd (KN)	$f_{vk} = f_{vko} + 0.4\sigma_d$ (Mpa)	$f_{vk} = 0.065f_b$ (Mpa)	f_{vk} (Mpa)	VRd (KN)
P11	29.54	0.703	0.299	1.2	44.85
P12	24.28	0.467	0.299	1.2	44.85
P13	16.89	0.470	0.299	1.2	44.85
P14	12.66	0.341	0.299	1.2	44.85
P15	8.91	0.214	0.299	1.2	32.06
P31	34.31	0.681	0.299	1.2	92.42
P32	28.84	0.593	0.299	1.2	92.42
P33	20.76	0.462	0.299	1.2	92.42
P34	12.97	0.331	0.299	1.2	92.42
P35	4.09	0.206	0.299	1.2	63.69
P51	29.48	0.703	0.299	1.2	44.85
P52	24.35	0.466	0.299	1.2	44.85
P53	16.92	0.470	0.299	1.2	44.85
P54	12.68	0.340	0.299	1.2	44.85
P55	8.97	0.213	0.299	1.2	32.02

Tabela 105 - Verificação ao esforço transversal das paredes da estrutura “A.R.6”

Parede	Vsd (KN)	$f_{vk} = f_{vko} + 0.4\sigma_d$ (Mpa)	$f_{vk} = 0.065f_b$ (Mpa)	f_{vk} (Mpa)	VRd (KN)
P. 1/1	37.05	0.675	0.299	1.2	44.85
P. 1/2	32.94	0.570	0.299	1.2	44.85
P. 1/3	24.39	0.468	0.299	1.2	44.85
P. 1/4	18.04	0.470	0.299	1.2	44.85
P. 1/5	13.16	0.340	0.299	1.2	44.85
P. 1/6	9.18	0.213	0.299	1.2	32.00
P. 3/1	42.79	0.786	0.299	1.2	92.42
P. 3/2	38.01	0.714	0.299	1.2	92.42
P. 3/3	29.87	0.595	0.299	1.2	92.42
P. 3/4	22.22	0.460	0.299	1.2	92.42
P. 3/5	13.57	0.330	0.299	1.2	92.42
P. 3/6	4.37	0.206	0.299	1.2	63.55
P. 5/1	37.13	0.675	0.299	1.2	44.85
P. 5/2	33.00	0.570	0.299	1.2	44.85
P. 5/3	24.45	0.468	0.299	1.2	44.85
P. 5/4	18.06	0.470	0.299	1.2	44.85
P. 5/5	13.19	0.340	0.299	1.2	44.85
P. 5/6	9.24	0.213	0.299	1.2	31.96

ANEXO 4

RESULTADOS DO DIMENSIONAMENTO, À FLEXÃO COMPOSTA, DAS ARMADURAS PARA AS ESTRUTURAS EM ALVENARIA RESISTENTE

Nas tabelas que se seguem são apresentados os resultados do dimensionamento de todas as paredes que requerem mais do que a armadura mínima, ou seja:

- da Tabela 106 até à Tabela 108 os resultados da estrutura com cinco pisos (A.R.5);
- da Tabela 160 até à tabela 163 os resultados da estrutura com seis pisos (A.R.6);

Tabela 106 - Dimensionamento da parede P1/1 da estrutura A.R.5

1º Caso						2º Caso			3º Caso		Resultados		
K	K'	As1 (cm2)	As2 (cm2)	As (cm2)	A's (cm2)	y (m)	As (cm2)	A's (cm2)	As (cm2)	A's (cm2)	As (cm2)	A's (cm2)	As,min (cm2)
0.521	0.269	-10.0	3.502	-6.49	-	1.8	-	-	0.01	0.33	0.01	0.33	3.5
0.497	0.269	-9.6	3.172	-6.39	-	1.7	-	-0.02	-	-	-	-	3.5
0.545	0.269	-10.4	3.833	-6.59	-	1.8	-	-	0.12	0.67	0.12	0.67	3.5
0.434	0.269	-7.6	2.296	-5.30	-	1.6	-	-0.91	-	-	-	-	3.5
0.532	0.269	-9.8	3.658	-6.11	-	1.7	-	0.46	-	-	-	0.46	3.5
0.294	0.269	-3.6	0.348	-3.27	-	1.3	-	-2.57	-	-	-	-	3.5
0.386	0.269	-5.8	1.624	-4.16	-	1.4	-	-1.48	-	-	-	-	3.5
0.501	0.269	-9.2	3.218	-6.01	-	1.7	-	0.01	-	-	-	0.01	3.5
0.486	0.269	-8.8	3.020	-5.79	-	1.7	-	-0.19	-	-	-	-	3.5
0.515	0.269	-9.6	3.415	-6.23	-	1.7	-	0.22	-	-	-	0.22	3.5
0.418	0.269	-6.9	2.065	-4.84	-	1.5	-	-1.11	-	-	-	-	3.5
0.489	0.269	-9.0	3.053	-5.95	-	1.7	-	-0.15	-	-	-	-	3.5
0.277	0.269	-3.1	0.108	-3.03	-	1.3	-	-2.73	-	-	-	-	3.5
0.348	0.269	-5.2	1.096	-4.13	-	1.4	-	-2.00	-	-	-	-	3.5
0.474	0.269	-7.9	2.844	-5.08	-	1.6	-	-0.35	-	-	-	-	3.5
0.461	0.269	-7.6	2.662	-4.95	-	1.6	-	-0.52	-	-	-	-	3.5
0.487	0.269	-8.2	3.027	-5.21	-	1.6	-	-0.17	-	-	-	-	3.5
0.395	0.269	-6.0	1.752	-4.22	-	1.5	-	-1.36	-	-	-	-	3.5
0.461	0.269	-7.5	2.664	-4.87	-	1.5	-	-0.52	-	-	-	-	3.5
0.262	0.262	-2.7	0.000	-2.71	-	1.2	-	-2.82	-	-	-	-	3.5
0.327	0.269	-4.1	0.809	-3.31	-	1.3	-	-2.12	-	-	-	-	3.5
Máx											0.67		3.50

Tabela 107 - Dimensionamento da parede P3/1 da estrutura A.R.5

1º Caso						2º Caso			3º Caso		Resultados		
K	K'	As1 (cm2)	As2 (cm2)	As (cm2)	A's (cm2)	y (m)	As (cm2)	A's (cm2)	As (cm2)	A's (cm2)	As (cm2)	A's (cm2)	As,min (cm2)
0.525	0.269	-20.5	7.105	-13.40	-	3.6	-	-	0.74	0.74	0.74	0.74	7
0.533	0.269	-20.5	7.322	-13.18	-	3.6	-	-	0.52	0.97	0.52	0.97	7
0.533	0.269	-20.5	7.321	-13.18	-	3.6	-	-	0.52	0.97	0.52	0.97	7
0.496	0.269	-17.8	6.302	-11.51	-	3.4	-	-0.09	-	-	-	-	7
0.496	0.269	-17.8	6.300	-11.51	-	3.4	-	-0.10	-	-	-	-	7
0.349	0.269	-9.6	2.212	-7.42	-	2.8	-	-3.72	-	-	-	-	7
0.349	0.269	-9.6	2.211	-7.42	-	2.8	-	-3.72	-	-	-	-	7
0.503	0.269	-19.3	6.494	-12.79	-	3.5	-	-	0.11	0.11	0.11	0.11	7
0.506	0.269	-19.3	6.573	-12.71	-	3.5	-	-	0.03	0.19	0.03	0.19	7
0.506	0.269	-19.3	6.573	-12.71	-	3.5	-	-	0.03	0.19	0.03	0.19	7
0.463	0.269	-16.6	5.376	-11.27	-	3.3	-	-1.02	-	-	-	-	7
0.463	0.269	-16.6	5.375	-11.27	-	3.3	-	-1.02	-	-	-	-	7
0.321	0.269	-8.8	1.451	-7.35	-	2.8	-	-4.47	-	-	-	-	7
0.321	0.269	-8.8	1.450	-7.35	-	2.8	-	-4.47	-	-	-	-	7
0.438	0.269	-15.7	4.693	-10.99	-	3.3	-	-1.69	-	-	-	-	7
0.441	0.269	-15.7	4.757	-10.92	-	3.3	-	-1.62	-	-	-	-	7
0.441	0.269	-15.7	4.756	-10.92	-	3.3	-	-1.62	-	-	-	-	7
0.402	0.269	-13.3	3.682	-9.66	-	3.1	-	-2.61	-	-	-	-	7
0.402	0.269	-13.3	3.682	-9.66	-	3.1	-	-2.61	-	-	-	-	7
0.278	0.269	-6.5	0.260	-6.23	-	2.6	-	-5.35	-	-	-	-	7
0.278	0.269	-6.5	0.260	-6.23	-	2.6	-	-5.35	-	-	-	-	7
										Máx	0.97		7.00

Tabela 108 - Dimensionamento da parede P5/1 da estrutura A.R.5

1º Caso						2º Caso			3º Caso		Resultados		
K	K'	As1 (cm2)	As2 (cm2)	As (cm2)	A's (cm2)	y (m)	As (cm2)	A's (cm2)	As (cm2)	A's (cm2)	As (cm2)	A's (cm2)	As,min (cm2)
0.521	0.269	-10.0	3.502	-6.49	-	1.8	-	-	0.01	0.33	0.01	0.33	3.5
0.545	0.269	-10.4	3.832	-6.59	-	1.8	-	-	0.12	0.67	0.12	0.67	3.5
0.497	0.269	-9.6	3.173	-6.39	-	1.7	-	-0.02	-	-	-	-	3.5
0.532	0.269	-9.8	3.655	-6.11	-	1.7	-	0.45	-	-	-	0.45	3.5
0.434	0.269	-7.6	2.295	-5.30	-	1.6	-	-0.91	-	-	-	-	3.5
0.386	0.269	-5.8	1.621	-4.16	-	1.4	-	-1.48	-	-	-	-	3.5
0.294	0.269	-3.6	0.347	-3.27	-	1.3	-	-2.57	-	-	-	-	3.5
0.501	0.269	-9.2	3.218	-6.01	-	1.7	-	0.01	-	-	-	0.01	3.5
0.515	0.269	-9.6	3.415	-6.23	-	1.7	-	0.22	-	-	-	0.22	3.5
0.486	0.269	-8.8	3.020	-5.79	-	1.7	-	-0.19	-	-	-	-	3.5
0.489	0.269	-9.0	3.053	-5.95	-	1.7	-	-0.15	-	-	-	-	3.5
0.418	0.269	-6.9	2.065	-4.84	-	1.5	-	-1.11	-	-	-	-	3.5
0.348	0.269	-5.2	1.095	-4.13	-	1.4	-	-2.00	-	-	-	-	3.5
0.277	0.269	-3.1	0.108	-3.03	-	1.3	-	-2.73	-	-	-	-	3.5
0.474	0.269	-7.9	2.844	-5.08	-	1.6	-	-0.35	-	-	-	-	3.5
0.487	0.269	-8.2	3.028	-5.21	-	1.6	-	-0.17	-	-	-	-	3.5
0.461	0.269	-7.6	2.661	-4.95	-	1.6	-	-0.53	-	-	-	-	3.5
0.461	0.269	-7.5	2.666	-4.87	-	1.5	-	-0.52	-	-	-	-	3.5
0.395	0.269	-6.0	1.751	-4.22	-	1.5	-	-1.36	-	-	-	-	3.5
0.327	0.269	-4.1	0.810	-3.31	-	1.3	-	-2.12	-	-	-	-	3.5
0.261	0.261	-2.7	0.000	-2.71	-	1.2	-	-2.82	-	-	-	-	3.5
Máx											0.67		3.50

Tabela 109 - Dimensionamento da parede P1/1 da estrutura A.R.6

1º Caso						2º Caso			3º Caso		Resultados		
K	K'	As1 (cm2)	As2 (cm2)	As (cm2)	A's (cm2)	y (m)	As (cm2)	A's (cm2)	As (cm2)	A's (cm2)	As (cm2)	A's (cm2)	As,min (cm2)
0.625	0.269	-12.8	4.940	-7.87	-	1.9	-	-	1.44	1.82	1.44	1.82	3.5
0.590	0.269	-12.1	4.454	-7.68	-	1.9	-	-	1.25	1.32	1.25	1.32	3.5
0.660	0.269	-13.5	5.426	-8.06	-	1.9	-	-	1.64	2.32	1.64	2.32	3.5
0.509	0.269	-9.6	3.337	-6.22	-	1.7	-	0.14	-	-	-	0.14	3.5
0.654	0.269	-12.9	5.352	-7.57	-	1.9	-	-	1.13	2.24	1.13	2.24	3.5
0.341	0.269	-4.8	1.002	-3.78	-	1.4	-	-2.03	-	-	-	-	3.5
0.479	0.269	-8.1	2.914	-5.24	-	1.6	-	-0.29	-	-	-	-	3.5
0.602	0.269	-11.9	4.620	-7.33	-	1.8	-	-	0.88	1.49	0.88	1.49	3.5
0.580	0.269	-11.3	4.314	-6.98	-	1.8	-	-	0.53	1.17	0.53	1.17	3.5
0.624	0.269	-12.6	4.927	-7.67	-	1.9	-	-	1.24	1.80	1.24	1.80	3.5
0.490	0.269	-8.8	3.066	-5.74	-	1.7	-	-0.14	-	-	-	-	3.5
0.600	0.269	-12.1	4.599	-7.46	-	1.9	-	-	1.01	1.47	1.01	1.47	3.5
0.320	0.269	-4.3	0.714	-3.55	-	1.4	-	-2.27	-	-	-	-	3.5
0.431	0.269	-7.5	2.247	-5.27	-	1.6	-	-0.96	-	-	-	-	3.5
0.574	0.269	-10.5	4.237	-6.26	-	1.7	-	1.04	-	-	-	1.04	3.5
0.553	0.269	-10.0	3.938	-6.05	-	1.7	-	0.74	-	-	-	0.74	3.5
0.596	0.269	-11.0	4.536	-6.47	-	1.7	-	1.35	-	-	-	1.35	3.5
0.465	0.269	-7.8	2.724	-5.09	-	1.6	-	-0.47	-	-	-	-	3.5
0.573	0.269	-10.4	4.220	-6.14	-	1.7	-	1.02	-	-	-	1.02	3.5
0.303	0.269	-3.7	0.478	-3.20	-	1.3	-	-2.42	-	-	-	-	3.5
0.411	0.269	-6.2	1.974	-4.25	-	1.5	-	-1.14	-	-	-	-	3.5
Máx											2.32		3.50

Tabela 110 - Dimensionamento da parede P3/1 da estrutura A.R.6

1º Caso						2º Caso			3º Caso		Resultados		
K	K'	As1 (cm2)	As2 (cm2)	As (cm2)	A's (cm2)	y (m)	As (cm2)	A's (cm2)	As (cm2)	A's (cm2)	As (cm2)	A's (cm2)	As,min (cm2)
0.632	0.269	-26.4	10.045	-16.34	-	3.9	-	-	3.79	3.79	3.79	3.79	7
0.642	0.269	-26.4	10.338	-16.04	-	3.9	-	-	3.48	4.09	3.48	4.09	7
0.642	0.269	-26.4	10.338	-16.04	-	3.9	-	-	3.48	4.09	3.48	4.09	7
0.600	0.269	-23.1	9.162	-13.99	-	3.7	-	-	1.35	2.87	1.35	2.87	7
0.600	0.269	-23.1	9.161	-13.99	-	3.7	-	-	1.35	2.87	1.35	2.87	7
0.422	0.269	-13.3	4.247	-9.07	-	3.0	-	-1.98	-	-	-	-	7
0.422	0.269	-13.3	4.245	-9.07	-	3.0	-	-1.98	-	-	-	-	7
0.607	0.269	-25.0	9.370	-15.66	-	3.8	-	-	3.09	3.09	3.09	3.09	7
0.612	0.269	-25.0	9.491	-15.54	-	3.8	-	-	2.96	3.21	2.96	3.21	7
0.612	0.269	-25.0	9.490	-15.54	-	3.8	-	-	2.96	3.21	2.96	3.21	7
0.561	0.269	-21.9	8.091	-13.78	-	3.6	-	-	1.14	1.76	1.14	1.76	7
0.561	0.269	-21.9	8.089	-13.78	-	3.6	-	-	1.14	1.76	1.14	1.76	7
0.390	0.269	-12.4	3.359	-9.05	-	3.0	-	-2.87	-	-	-	-	7
0.390	0.269	-12.4	3.357	-9.05	-	3.0	-	-2.87	-	-	-	-	7
0.533	0.269	-20.9	7.325	-13.62	-	3.6	-	-	0.97	0.97	0.97	0.97	7
0.537	0.269	-20.9	7.424	-13.52	-	3.6	-	-	0.87	1.07	0.87	1.07	7
0.537	0.269	-20.9	7.424	-13.52	-	3.6	-	-	0.87	1.07	0.87	1.07	7
0.491	0.269	-18.1	6.161	-11.96	-	3.4	-	-0.24	-	-	-	-	7
0.491	0.269	-18.1	6.161	-11.96	-	3.4	-	-0.24	-	-	-	-	7
0.341	0.269	-9.8	1.999	-7.80	-	2.8	-	-4.02	-	-	-	-	7
0.341	0.269	-9.8	1.999	-7.80	-	2.8	-	-4.02	-	-	-	-	7
Máx											4.09		7.00

Tabela 111 - Dimensionamento da parede P5/1 da estrutura A.R.6

1º Caso						2º Caso			3º Caso		Resultados		
K	K'	As1 (cm2)	As2 (cm2)	As (cm2)	A's (cm2)	y (m)	As (cm2)	A's (cm2)	As (cm2)	A's (cm2)	As (cm2)	A's (cm2)	As,min (cm2)
0.625	0.269	-12.8	4.940	-7.87	-	1.9	-	-	1.44	1.82	1.44	1.82	3.5
0.660	0.269	-13.5	5.425	-8.06	-	1.9	-	-	1.64	2.32	1.64	2.32	3.5
0.590	0.269	-12.1	4.455	-7.68	-	1.9	-	-	1.25	1.32	1.25	1.32	3.5
0.654	0.269	-12.9	5.349	-7.57	-	1.9	-	-	1.13	2.24	1.13	2.24	3.5
0.509	0.269	-9.6	3.337	-6.22	-	1.7	-	0.14	-	-	-	0.14	3.5
0.479	0.269	-8.1	2.911	-5.24	-	1.6	-	-0.29	-	-	-	-	3.5
0.341	0.269	-4.8	1.001	-3.78	-	1.4	-	-2.04	-	-	-	-	3.5
0.602	0.269	-11.9	4.620	-7.33	-	1.8	-	-	0.88	1.49	0.88	1.49	3.5
0.624	0.269	-12.6	4.927	-7.67	-	1.9	-	-	1.24	1.80	1.24	1.80	3.5
0.580	0.269	-11.3	4.314	-6.98	-	1.8	-	-	0.53	1.17	0.53	1.17	3.5
0.600	0.269	-12.1	4.598	-7.46	-	1.9	-	-	1.01	1.46	1.01	1.46	3.5
0.490	0.269	-8.8	3.066	-5.74	-	1.7	-	-0.14	-	-	-	-	3.5
0.431	0.269	-7.5	2.247	-5.27	-	1.6	-	-0.96	-	-	-	-	3.5
0.320	0.269	-4.3	0.715	-3.55	-	1.4	-	-2.27	-	-	-	-	3.5
0.574	0.269	-10.5	4.237	-6.26	-	1.7	-	1.04	-	-	-	1.04	3.5
0.596	0.269	-11.0	4.537	-6.47	-	1.7	-	1.35	-	-	-	1.35	3.5
0.552	0.269	-10.0	3.937	-6.05	-	1.7	-	0.73	-	-	-	0.73	3.5
0.573	0.269	-10.4	4.222	-6.14	-	1.7	-	1.02	-	-	-	1.02	3.5
0.465	0.269	-7.8	2.723	-5.09	-	1.6	-	-0.47	-	-	-	-	3.5
0.411	0.269	-6.2	1.975	-4.25	-	1.5	-	-1.14	-	-	-	-	3.5
0.303	0.269	-3.7	0.477	-3.21	-	1.3	-	-2.42	-	-	-	-	3.5
Máx											2.32		3.50

ANEXO 5

RESUMO DAS ARMADURAS E MACIÇAMENTOS DAS ESTRUTURAS EM ALVENARIA RESISTENTE

Tabela 112 - Armadura vertical e maciçamento das paredes da estrutura A.R.2

Parede	As, min (cm ²)	Armadura	As (cm ²)	Armadura	Maciçamento
P. 1/1	3.5	5Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 2/1	1.86	3Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 3/1	7	9Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 4/1	1.86	3Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 5/1	3.5	5Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 1/2	3.5	5Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 2/2	1.86	3Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 3/2	7	9Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 4/2	1.86	3Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 5/2	3.5	5Φ10	-	-	Furos com armadura

Tabela 113 - Armadura vertical e maciçamento das paredes da estrutura A.R.3

Parede	As, min (cm ²)	Armadura	As (cm2)	Armadura	Maciçamento
P. 1/1	3.5	5Φ10	-	-	Todos os furos
P. 2/1	1.86	3Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 3/1	7	9Φ10	-	-	Todos os furos
P. 4/1	1.86	3Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 5/1	3.5	5Φ10	-	-	Todos os furos
P. 1/2	3.5	5Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 2/2	1.86	3Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 3/2	7	9Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 4/2	1.86	3Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 5/2	3.5	5Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 1/3	3.5	5Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 2/3	1.86	3Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 3/3	7	9Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 4/3	1.86	3Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 5/3	3.5	5Φ10	-	-	Furos com armadura

Tabela 114 - Armadura vertical e maciçamento da estrutura "A.R. 4"

Parede	As, min (cm ²)	Armadura	As (cm ²)	Armadura	Maciçamento
P. 1/1	3.5	5Φ10	-	-	Todos os furos
P. 2/1	1.86	3Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 3/1	7	9Φ10	-	-	Todos os furos
P. 4/1	1.86	3Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 5/1	3.5	5Φ10	-	-	Todos os furos
P. 1/2	3.5	5Φ10	-	-	Todos os furos
P. 2/2	1.86	3Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 3/2	7	9Φ10	-	-	Todos os furos
P. 4/2	1.86	3Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 5/2	3.5	5Φ10	-	-	Todos os furos
P. 1/3	3.5	5Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 2/3	1.86	3Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 3/3	7	9Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 4/3	1.86	3Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 5/3	3.5	5Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 1/4	3.5	5Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 2/4	1.86	3Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 3/4	7	9Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 4/4	1.86	3Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 5/4	3.5	5Φ10	-	-	Furos com armadura

Tabela 115 - Armadura vertical e maciçamento da estrutura "A.R. 5"

Parede	As, min (cm ²)	Armadura	As (cm ²)	Armadura	Maciçamento
P. 1/1	3.5	5Φ10	0.67	4Φ8	Todos os furos
P. 2/1	1.86	3Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 3/1	7	9Φ10	0.97	4Φ10	Todos os furos
P. 4/1	1.86	3Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 5/1	3.5	5Φ10	0.67	4Φ8	Todos os furos
P. 1/2	3.5	5Φ10	-	-	Todos os furos
P. 2/2	1.86	3Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 3/2	7	9Φ10	-	-	Todos os furos
P. 4/2	1.86	3Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 5/2	3.5	5Φ10	-	-	Todos os furos
P. 1/3	3.5	5Φ10	-	-	Todos os furos
P. 2/3	1.86	3Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 3/3	7	9Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 4/3	1.86	3Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 5/3	3.5	5Φ10	-	-	Todos os furos
P. 1/4	3.5	5Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 2/4	1.86	3Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 3/4	7	9Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 4/4	1.86	3Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 5/4	3.5	5Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 1/5	3.5	5Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 2/5	1.86	3Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 3/5	7	9Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 4/5	1.86	3Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 5/5	3.5	5Φ10	-	-	Furos com armadura

Tabela 116 - Armadura vertical e maciçamento da estrutura "A.R. 6"

Parede	As, min (cm ²)	Armadura	As (cm ²)	Armadura	Maciçamento
P. 1/1	3.5	5Φ10	2.32	8Φ10	Todos os furos
P. 2/1	1.86	3Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 3/1	7	9Φ10	4.09	8Φ12	Todos os furos
P. 4/1	1.86	3Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 5/1	3.5	5Φ10	2.32	8Φ10	Todos os furos
P. 1/2	3.5	5Φ10	-	-	Todos os furos
P. 2/2	1.86	3Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 3/2	7	9Φ10	0.84	4Φ10	Todos os furos
P. 4/2	1.86	3Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 5/2	3.5	5Φ10	-	-	Todos os furos
P. 1/3	3.5	5Φ10	-	-	Todos os furos
P. 2/3	1.86	3Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 3/3	7	9Φ10	-	-	Todos os furos
P. 4/3	1.86	3Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 5/3	3.5	5Φ10	-	-	Todos os furos
P. 1/4	3.5	5Φ10	-	-	Todos os furos
P. 2/4	1.86	3Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 3/4	7	9Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 4/4	1.86	3Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 5/4	3.5	5Φ10	-	-	Todos os furos
P. 1/5	3.5	5Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 2/5	1.86	3Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 3/5	7	9Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 4/5	1.86	3Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 5/5	3.5	5Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 1/6	3.5	5Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 2/6	1.86	3Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 3/6	7	9Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 4/6	1.86	3Φ10	-	-	Furos com armadura
P. 5/6	3.5	5Φ10	-	-	Furos com armadura

ANEXO 6

ESFORÇOS REFERENTES ÀS ESTRUTURAS EM BETÃO ARMADO

Nas figuras que se seguem são apresentados os diagramas dos esforços nas vigas das estruturas em betão armado de todas as estruturas estudadas.

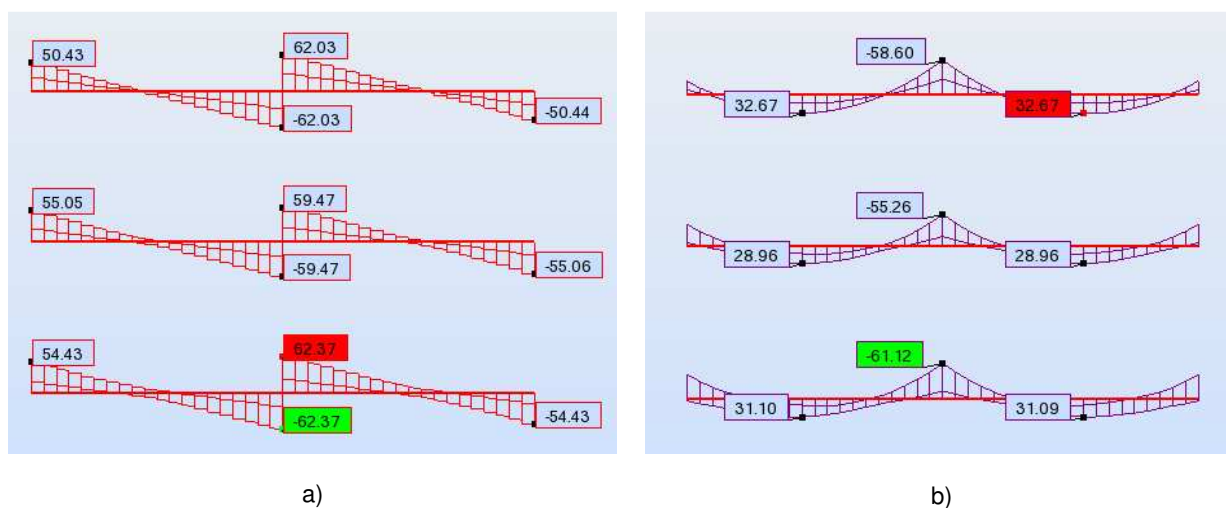


Figura 1 - a) e b) diagramas do esforço transversal e momento fletor nas vigas respetivamente (B.A.3)

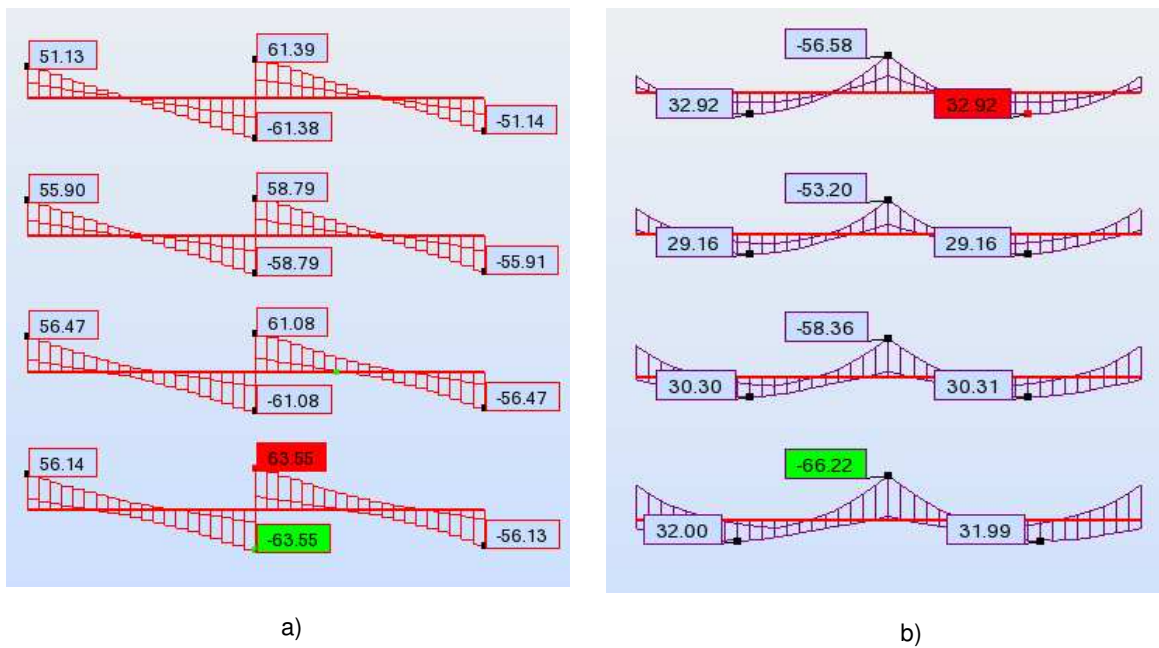


Figura 2 - a) e b) diagramas do esforço transverso e momento fletor respetivamente (B.A.4)

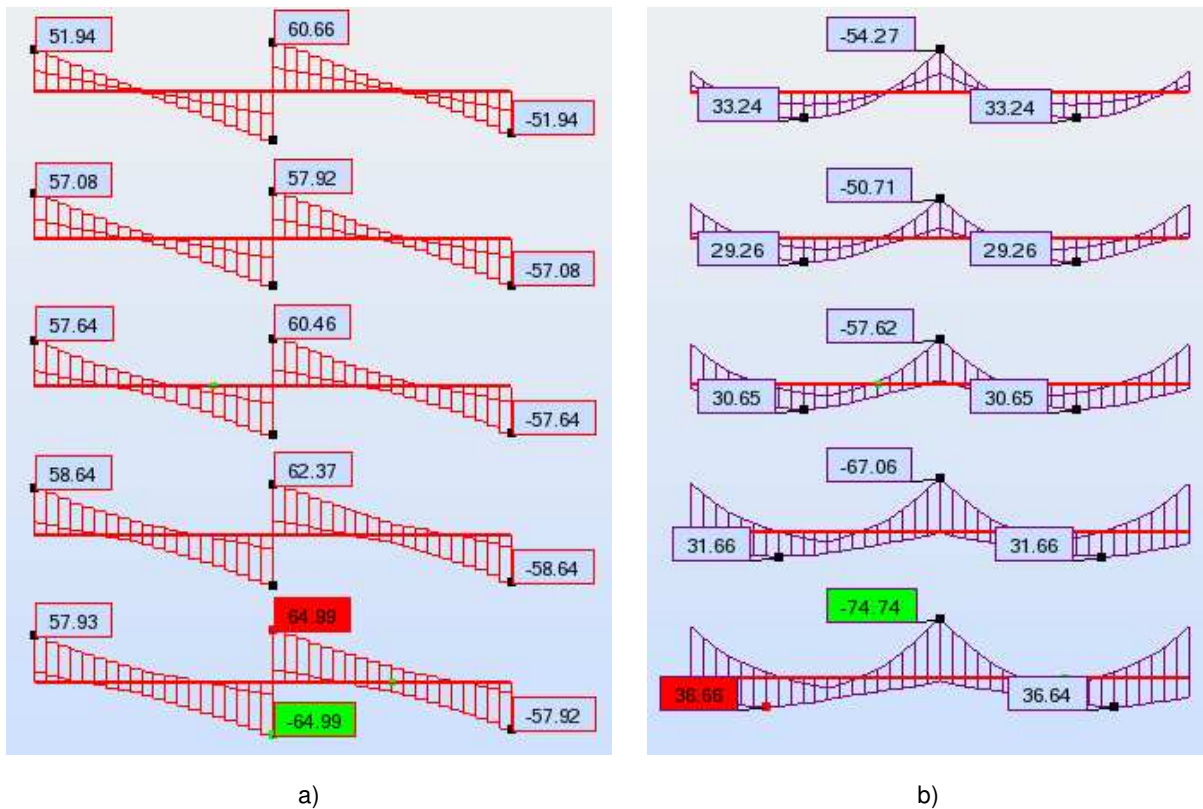


Figura 3 - a) e b) diagramas do esforço transverso e momentos fletores nas vigas (B.A.5)

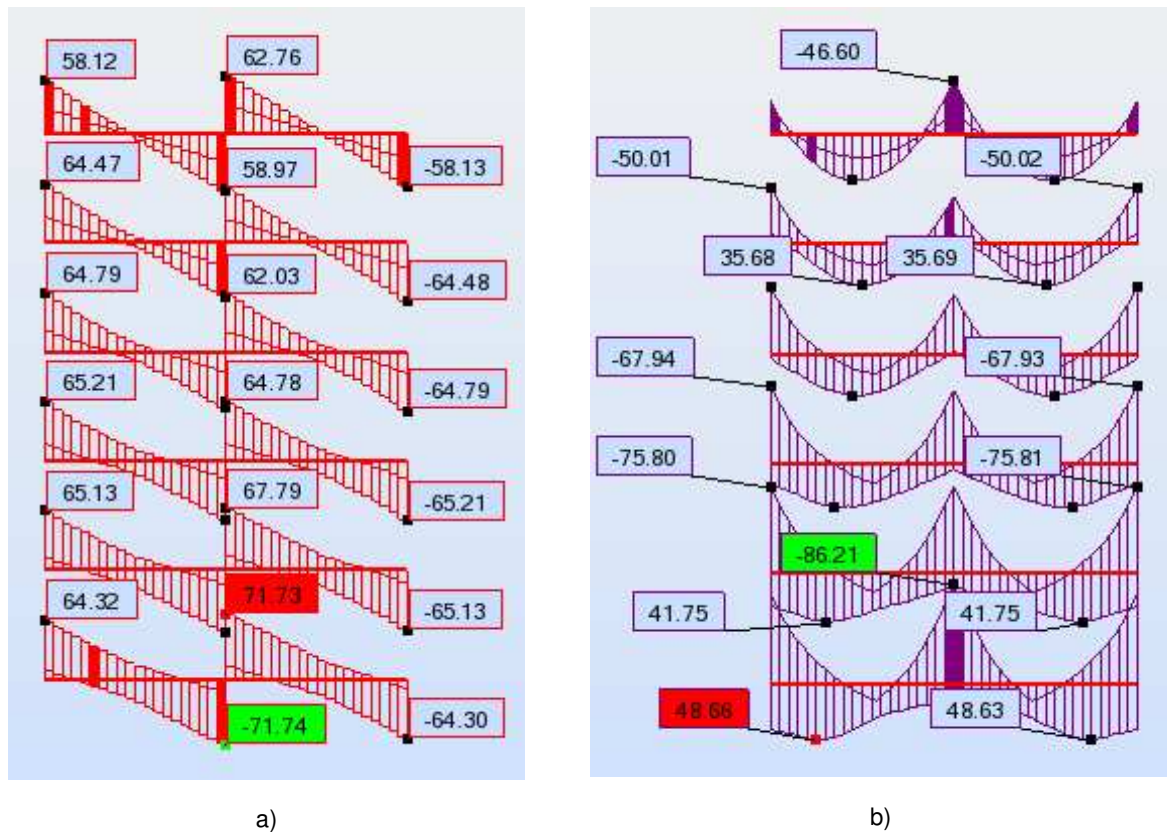


Figura 4 - a) e b) diagramas do esforço transversal e momentos flectores nas vigas (B.A.6)

ANEXO 7

DIMENSIONAMENTO DAS ARMADURAS LONGITUDINAIS DOS PILARES

Tabela 117 - Dimensionamento das armaduras dos pilares (B.A.3)

Tramo	Secção			Coef. Encurvadura		Secção Crítica	Combinação Condicionante	excentricidades		Esforços Condicionantes			Armadura			
	L (m)	H _x (m)	H _y (m)	□ _x	□ _y			e _x (cm)	e _y (cm)	NSd (KN)	MSd _x (KNm)	MSd _y (KNm)	As _{calc} (cm ²)	As _{min} (cm ²)	%	Adoptada
1	3	0.25	0.25	41.6	41.6	Sup	C6	2.0	2.0	148.3	24.66	18.35	4.69	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
						Cri	C6	3.8	3.8	154.5	24.22	11.60	3.06	3.75	0.7	4 ø 12 + 0 ø 10
						Inf	C6	2.0	2.0	154.5	24.22	11.60	3.06	3.75	0.7	4 ø 12 + 0 ø 10
2	3	0.25	0.25	41.6	41.6	Sup	C4	2.0	2.0	111.6	21.63	20.87	5.06	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
						Cri	C4	3.8	3.8	117.8	22.03	25.87	6.25	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
						Inf	C4	2.0	2.0	117.8	22.03	25.87	6.25	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
33	3	0.25	0.25	41.6	41.6	Sup	C4	2.0	2.0	50.4	24.63	45.33	12.47	3.75	2.0	4 ø 20 + 0 ø 16
						Cri	C4	3.8	3.8	56.6	20.38	24.41	6.34	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
						Inf	C4	2.0	2.0	56.6	20.38	24.41	6.34	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
3	3	0.25	0.25	41.6	41.6	Sup	C3	2.0	2.0	385.7	14.32	41.69	6.90	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
						Cri	C5	3.8	3.8	318.2	24.86	19.84	3.24	3.75	0.7	4 ø 12 + 0 ø 10
						Inf	C5	2.0	2.0	318.2	24.86	19.84	3.24	3.75	0.7	4 ø 12 + 0 ø 10
4	3	0.25	0.25	41.6	41.6	Sup	C3	2.0	2.0	255.1	10.20	37.87	5.33	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
						Cri	C3	3.8	3.8	261.3	10.06	46.84	7.74	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
						Inf	C3	2.0	2.0	261.3	10.06	46.84	7.74	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
34	3	0.25	0.25	41.6	41.6	Sup	C4	2.0	2.0	128.0	4.51	76.02	17.20	3.75	3.1	4 ø 25 + 0 ø 20
						Cri	C4	3.8	3.8	134.3	4.27	48.20	9.42	3.75	2.0	4 ø 20 + 0 ø 16
						Inf	C4	2.0	2.0	134.3	4.27	48.20	9.42	3.75	2.0	4 ø 20 + 0 ø 16
5	3	0.25	0.25	41.6	41.6	Sup	C5	2.0	2.0	148.3	24.60	18.13	4.63	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
						Cri	C5	3.8	3.8	154.5	24.14	11.23	2.98	3.75	0.7	4 ø 12 + 0 ø 10
						Inf	C5	2.0	2.0	154.5	24.14	11.23	2.98	3.75	0.7	4 ø 12 + 0 ø 10
6	3	0.25	0.25	41.6	41.6	Sup	C3	2.0	2.0	111.6	21.63	20.85	5.05	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
						Cri	C3	3.8	3.8	117.8	22.03	25.93	6.27	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
						Inf	C3	2.0	2.0	117.8	22.03	25.93	6.27	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
35	3	0.25	0.25	41.6	41.6	Sup	C3	2.0	2.0	50.4	24.64	45.34	12.47	3.75	2.0	4 ø 20 + 0 ø 16
						Cri	C3	3.8	3.8	56.6	20.39	24.44	6.35	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
						Inf	C3	2.0	2.0	56.6	20.39	24.44	6.35	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12

Tabela 118 - Dimensionamento das armaduras dos pilares (B.A.4)

Tramo	Secção			Coef. Encurvadura		Secção Crítica	Combinação Condicionante	excentricidades		Esforços Condicionantes			Armadura			
	L (m)	H _x (m)	H _y (m)	□ _x	□ _y			e _x (cm)	e _y (cm)	NSd (KN)	MSd _x (KNm)	MSd _y (KNm)	As _{calc} (cm ²)	As _{min} (cm ²)	%	Adoptada
1	3	0.25	0.25	41.6	41.6	Sup	C6	2.0	2.0	210.1	30.63	19.59	5.78	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
						Cri	C6	3.8	3.8	216.3	32.52	12.90	4.74	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
						Inf	C6	2.0	2.0	216.3	32.52	12.90	4.74	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
2	3	0.25	0.25	41.6	41.6	Sup	C6	2.0	2.0	152.0	30.60	19.45	6.40	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
						Cri	C4	3.8	3.8	182.0	26.07	26.93	6.69	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
						Inf	C4	2.0	2.0	182.0	26.07	26.93	6.69	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
33	3	0.25	0.25	41.6	41.6	Sup	C4	2.0	2.0	113.1	22.25	20.93	5.19	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
						Cri	C4	3.8	3.8	119.3	21.73	23.79	5.66	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
						Inf	C4	2.0	2.0	119.3	21.73	23.79	5.66	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
45	3	0.25	0.25	41.6	41.6	Sup	C4	2.0	2.0	51.1	26.00	45.31	12.78	3.75	3.1	4 ø 25 + 0 ø 20
						Cri	C4	3.8	3.8	57.3	21.64	24.53	6.64	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
						Inf	C4	2.0	2.0	57.3	21.64	24.53	6.64	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
3	3	0.25	0.25	41.6	41.6	Sup	C3	2.0	2.0	509.5	19.64	43.19	9.66	3.75	2.0	4 ø 20 + 0 ø 16
						Cri	C5	3.8	3.8	418.9	35.13	21.63	6.93	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
						Inf	C5	2.0	2.0	418.9	35.13	21.63	6.93	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
4	3	0.25	0.25	41.6	41.6	Sup	C3	2.0	2.0	379.5	16.19	47.68	9.04	3.75	2.0	4 ø 20 + 0 ø 16
						Cri	C4	3.8	3.8	385.7	16.08	50.75	9.94	3.75	2.0	4 ø 20 + 0 ø 16
						Inf	C4	2.0	2.0	385.7	16.08	50.75	9.94	3.75	2.0	4 ø 20 + 0 ø 16
34	3	0.25	0.25	41.6	41.6	Sup	C3	2.0	2.0	252.2	10.37	36.86	5.11	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
						Cri	C3	3.8	3.8	258.4	10.03	41.70	6.33	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
						Inf	C3	2.0	2.0	258.4	10.03	41.70	6.33	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
46	3	0.25	0.25	41.6	41.6	Sup	C4	2.0	2.0	126.7	4.61	76.05	17.24	3.75	3.1	4 ø 25 + 0 ø 20
						Cri	C4	3.8	3.8	132.9	4.36	48.85	9.63	3.75	2.0	4 ø 20 + 0 ø 16
						Inf	C4	2.0	2.0	132.9	4.36	48.85	9.63	3.75	2.0	4 ø 20 + 0 ø 16
5	3	0.25	0.25	41.6	41.6	Sup	C5	2.0	2.0	210.1	30.56	19.37	5.71	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
						Cri	C5	3.8	3.8	216.3	32.44	12.53	4.64	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
						Inf	C5	2.0	2.0	216.3	32.44	12.53	4.64	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
6	3	0.25	0.25	41.6	41.6	Sup	C5	2.0	2.0	152.0	30.61	19.45	6.40	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
						Cri	C3	3.8	3.8	182.0	26.08	26.99	6.71	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
						Inf	C3	2.0	2.0	182.0	26.08	26.99	6.71	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
35	3	0.25	0.25	41.6	41.6	Sup	C3	2.0	2.0	113.1	22.25	20.91	5.19	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
						Cri	C3	3.8	3.8	119.3	21.73	23.79	5.66	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
						Inf	C3	2.0	2.0	119.3	21.73	23.79	5.66	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
47	3	0.25	0.25	41.6	41.6	Sup	C3	2.0	2.0	51.1	26.01	45.32	12.79	3.75	3.1	4 ø 25 + 0 ø 20
						Cri	C3	3.8	3.8	57.3	21.65	24.56	6.65	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
						Inf	C3	2.0	2.0	57.3	21.65	24.56	6.65	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12

Tabela 119 - Dimensionamento da armadura dos pilares (B.A.5)

Tramo	Secção			Coef. Encurvadura		Secção Crítica	Combinação Condicionante	excentricidades		Esforços Condicionantes			Armadura			
	L (m)	H _x (m)	H _y (m)	λ_x	λ_y			e _x (cm)	e _y (cm)	NSd (KN)	MSd _x (KNm)	MSd _y (KNm)	As _{calc} (cm ²)	As _{min} (cm ²)	%	Adoptada
1	3	0.25	0.25	41.6	41.6	Sup	C6	2.0	2.0	278.8	37.38	20.96	7.39	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
						Cri	C6	3.8	3.8	285.0	41.83	14.27	7.09	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
						Inf	C6	2.0	2.0	285.0	41.83	14.27	7.09	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
2	3	0.25	0.25	41.6	41.6	Sup	C6	2.0	2.0	216.6	37.96	20.74	7.99	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
						Cri	C6	3.8	3.8	222.8	36.65	22.29	7.95	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
						Inf	C6	2.0	2.0	222.8	36.65	22.29	7.95	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
33	3	0.25	0.25	41.6	41.6	Sup	C6	2.0	2.0	155.3	32.38	19.54	6.84	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
						Cri	C4	3.8	3.8	185.1	26.24	24.88	6.18	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
						Inf	C4	2.0	2.0	185.1	26.24	24.88	6.18	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
45	3	0.25	0.25	41.6	41.6	Sup	C4	2.0	2.0	115.1	23.76	20.96	5.53	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
						Cri	C4	3.8	3.8	121.3	23.30	23.94	6.04	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
						Inf	C4	2.0	2.0	121.3	23.30	23.94	6.04	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
57	3	0.25	0.25	41.6	41.6	Sup	C4	2.0	2.0	51.9	27.55	45.33	13.15	3.75	3.1	4 ø 25 + 0 ø 20
						Cri	C4	3.8	3.8	58.1	22.88	24.53	6.92	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
						Inf	C4	2.0	2.0	58.1	22.88	24.53	6.92	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
3	3	0.25	0.25	41.6	41.6	Sup	C5	2.0	2.0	510.7	41.76	35.73	13.61	3.75	3.1	4 ø 25 + 0 ø 20
						Cri	C5	3.5	3.5	516.9	46.31	23.61	11.73	3.75	2.0	4 ø 20 + 0 ø 16
						Inf	C5	2.0	2.0	516.9	46.31	23.61	11.73	3.75	2.0	4 ø 20 + 0 ø 16
4	3	0.25	0.25	41.6	41.6	Sup	C6	2.0	2.0	405.4	39.30	38.23	12.62	3.75	3.1	4 ø 25 + 0 ø 20
						Cri	C6	3.8	3.8	411.6	39.08	41.23	13.42	3.75	3.1	4 ø 25 + 0 ø 20
						Inf	C6	2.0	2.0	411.6	39.08	41.23	13.42	3.75	3.1	4 ø 25 + 0 ø 20
34	3	0.25	0.25	41.6	41.6	Sup	C5	2.0	2.0	302.7	29.17	36.13	8.85	3.75	2.0	4 ø 20 + 0 ø 16
						Cri	C3	3.8	3.8	380.3	16.37	45.51	8.47	3.75	2.0	4 ø 20 + 0 ø 16
						Inf	C3	2.0	2.0	380.3	16.37	45.51	8.47	3.75	2.0	4 ø 20 + 0 ø 16
46	3	0.25	0.25	41.6	41.6	Sup	C3	2.0	2.0	248.6	10.86	36.91	5.25	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
						Cri	C3	3.8	3.8	254.9	10.49	42.33	6.62	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
						Inf	C3	2.0	2.0	254.9	10.49	42.33	6.62	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
58	3	0.25	0.25	41.6	41.6	Sup	C4	2.0	2.0	125.2	4.76	76.02	17.27	3.75	3.1	4 ø 25 + 0 ø 20
						Cri	C4	3.8	3.8	131.4	4.47	48.75	9.64	3.75	2.0	4 ø 20 + 0 ø 16
						Inf	C4	2.0	2.0	131.4	4.47	48.75	9.64	3.75	2.0	4 ø 20 + 0 ø 16
5	3	0.25	0.25	41.6	41.6	Sup	C5	2.0	2.0	278.8	37.31	20.74	7.32	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
						Cri	C5	3.8	3.8	285.0	41.75	13.90	6.99	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
						Inf	C5	2.0	2.0	285.0	41.75	13.90	6.99	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12

Tramo	Secção			Coef. Encurvadura		Secção Crítica	Combinação Condicionante	excentricidades		Esforços Condicionantes			Armadura			
	L (m)	H _x (m)	H _y (m)	λ _x	λ _y			e _x (cm)	e _y (cm)	NSd (KN)	MSd _x (KNm)	MSd _y (KNm)	As _{calc} (cm ²)	As _{min} (cm ²)	%	Adoptada
6	3	0.25	0.25	41.6	41.6	Sup	C5	2.0	2.0	216.6	37.97	20.74	7.99	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
						Cri	C5	3.8	3.8	222.8	36.67	22.44	7.99	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
						Inf	C5	2.0	2.0	222.8	36.67	22.44	7.99	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
35	3	0.25	0.25	41.6	41.6	Sup	C5	2.0	2.0	155.3	32.38	19.55	6.84	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
						Cri	C3	3.8	3.8	185.1	26.24	24.88	6.18	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
						Inf	C3	2.0	2.0	185.1	26.24	24.88	6.18	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
47	3	0.25	0.25	41.6	41.6	Sup	C3	2.0	2.0	115.1	23.76	20.93	5.53	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
						Cri	C3	3.8	3.8	121.3	23.29	23.93	6.04	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
						Inf	C3	2.0	2.0	121.3	23.29	23.93	6.04	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
59	3	0.25	0.25	41.6	41.6	Sup	C3	2.0	2.0	51.9	27.56	45.34	13.15	3.75	3.1	4 ø 25 + 0 ø 20
						Cri	C3	3.8	3.8	58.1	22.89	24.57	6.93	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12
						Inf	C3	2.0	2.0	58.1	22.89	24.57	6.93	3.75	1.3	4 ø 16 + 0 ø 12

Tabela 120 - Dimensionamento da armadura dos pilares (B.A.6)

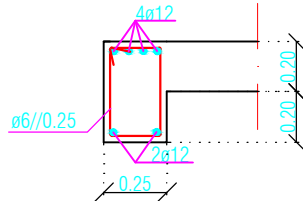
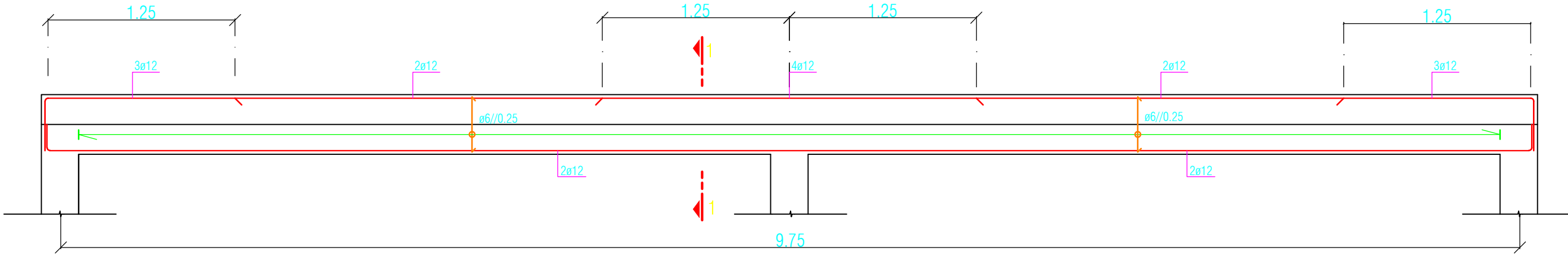
Tramo	Secção			Coef. Encurvadura		Secção Crítica	Combinação Condicionante	excentricidades		Esforços Condicionantes			Armadura			
	L (m)	H _x (m)	H _y (m)	λ_x	λ_y			e _x (cm)	e _y (cm)	NSd (KN)	MSd _x (KNm)	MSd _y (KNm)	As _{calc} (cm ²)	As _{min} (cm ²)	%	Adoptada
1	3	0.30	0.30	34.6	34.6	Sup	C6	2.0	2.0	354.2	44.42	22.46	3.44	5.40	0.9	4 Ø 16 + 0 Ø 12
						Cri	C1	2.0	2.0	127.5	17.04	6.04	0.12	5.40	0.9	4 Ø 16 + 0 Ø 12
						Inf	C1	2.0	2.0	127.5	38.77	6.98	4.57	5.40	0.9	4 Ø 16 + 0 Ø 12
2	3	0.30	0.30	34.6	34.6	Sup	C6	2.0	2.0	287.6	45.76	22.14	4.39	5.40	0.9	4 Ø 16 + 0 Ø 12
						Cri	C1	2.0	2.0	115.2	9.08	6.64	0.00	5.40	0.9	4 Ø 16 + 0 Ø 12
						Inf	C6	2.0	2.0	293.8	44.51	23.71	4.31	5.40	0.9	4 Ø 16 + 0 Ø 12
33	3	0.30	0.30	34.6	34.6	Sup	C6	2.0	2.0	221.6	40.20	20.85	3.86	5.40	0.9	4 Ø 16 + 0 Ø 12
						Cri	C1	2.0	2.0	100.0	6.86	5.90	0.00	5.40	0.9	4 Ø 16 + 0 Ø 12
						Inf	C6	2.0	2.0	227.8	37.87	20.89	3.34	5.40	0.9	4 Ø 16 + 0 Ø 12
45	3	0.30	0.30	34.6	34.6	Sup	C6	2.0	2.0	158.7	34.65	19.61	3.73	5.40	0.9	4 Ø 16 + 0 Ø 12
						Cri	C1	2.0	2.0	80.8	4.28	5.50	0.00	5.40	0.9	4 Ø 16 + 0 Ø 12
						Inf	C6	2.0	2.0	164.9	32.12	19.69	3.14	5.40	0.9	4 Ø 16 + 0 Ø 12
57	3	0.30	0.30	34.6	34.6	Sup	C6	2.0	2.0	99.3	27.38	16.38	3.24	5.40	0.9	4 Ø 16 + 0 Ø 12
						Cri	C7	2.0	2.0	69.1	9.26	5.30	0.02	5.40	0.9	4 Ø 16 + 0 Ø 12
						Inf	C4	2.0	2.0	123.4	24.62	23.97	3.03	5.40	0.9	4 Ø 16 + 0 Ø 12
69	3	0.30	0.30	34.6	34.6	Sup	C4	2.0	2.0	52.8	29.25	45.35	8.47	5.40	1.4	4 Ø 20 + 0 Ø 16
						Cri	C4	2.0	2.0	59.0	12.46	18.90	2.27	5.40	0.9	4 Ø 16 + 0 Ø 12
						Inf	C4	2.0	2.0	59.0	24.30	24.56	4.09	5.40	0.9	4 Ø 16 + 0 Ø 12
3	3	0.30	0.30	34.6	34.6	Sup	C5	2.0	2.0	606.0	51.91	37.63	6.99	5.40	0.9	4 Ø 16 + 0 Ø 12
						Cri	C1	2.0	2.0	383.6	25.90	13.74	0.00	5.40	0.9	4 Ø 16 + 0 Ø 12
						Inf	C5	2.0	2.0	612.2	57.80	25.51	6.02	5.40	0.9	4 Ø 16 + 0 Ø 12
4	3	0.30	0.30	34.6	34.6	Sup	C5	2.0	2.0	500.9	51.29	40.20	7.08	5.40	0.9	4 Ø 16 + 0 Ø 12
						Cri	C1	2.0	2.0	317.8	22.86	14.16	0.00	5.40	0.9	4 Ø 16 + 0 Ø 12
						Inf	C6	2.0	2.0	507.1	51.29	43.15	7.65	5.40	0.9	4 Ø 16 + 0 Ø 12
34	3	0.30	0.30	34.6	34.6	Sup	C5	2.0	2.0	398.8	41.20	37.35	5.03	5.40	0.9	4 Ø 16 + 0 Ø 12
						Cri	C1	2.0	2.0	253.8	18.36	12.04	0.00	5.40	0.9	4 Ø 16 + 0 Ø 12
						Inf	C5	2.0	2.0	405.0	40.12	37.13	4.70	5.40	0.9	4 Ø 16 + 0 Ø 12
46	3	0.30	0.30	34.6	34.6	Sup	C5	2.0	2.0	297.8	30.87	36.14	3.79	5.40	0.9	4 Ø 16 + 0 Ø 12
						Cri	C1	2.0	2.0	190.5	13.77	10.96	0.00	5.40	0.9	4 Ø 16 + 0 Ø 12
						Inf	C5	2.0	2.0	304.0	29.71	35.76	3.43	5.40	0.9	4 Ø 16 + 0 Ø 12
58	3	0.30	0.30	34.6	34.6	Sup	C3	2.0	2.0	244.7	11.08	36.81	1.98	5.40	0.9	4 Ø 16 + 0 Ø 12
						Cri	C1	2.0	2.0	127.7	8.75	9.33	0.00	5.40	0.9	4 Ø 16 + 0 Ø 12
						Inf	C3	2.0	2.0	250.9	10.68	42.17	2.95	5.40	0.9	4 Ø 16 + 0 Ø 12

Tramo	Secção			Coef. Encurvadura		Secção Crítica	Combinação Condicionante	excentricidades		Esforços Condicionantes			Armadura			
	L (m)	H _x (m)	H _y (m)	λ _x	λ _y			e _x (cm)	e _y (cm)	NSd (KN)	MSd _x (KNm)	MSd _y (KNm)	As _{,calc} (cm ²)	As _{,min} (cm ²)	%	Adoptada
70	3	0.30	0.30	34.6	34.6	Sup	C3	2.0	2.0	123.5	4.88	75.95	12.47	5.40	1.4	4 ø 20 + 0 ø 16
						Cri	C4	2.0	2.0	129.7	3.56	32.00	3.06	5.40	0.9	4 ø 16 + 0 ø 12
						Inf	C4	2.0	2.0	129.7	4.56	48.72	6.57	5.40	0.9	4 ø 16 + 0 ø 12
5	3	0.30	0.30	34.6	34.6	Sup	C5	2.0	2.0	354.2	44.36	22.23	3.39	5.40	0.9	4 ø 16 + 0 ø 12
						Cri	C7	2.0	2.0	127.5	17.01	6.13	0.12	5.40	0.9	4 ø 16 + 0 ø 12
						Inf	C7	2.0	2.0	127.5	38.69	7.35	4.56	5.40	0.9	4 ø 16 + 0 ø 12
6	3	0.30	0.30	34.6	34.6	Sup	C5	2.0	2.0	287.6	45.76	22.14	4.39	5.40	0.9	4 ø 16 + 0 ø 12
						Cri	C1	2.0	2.0	202.3	17.88	8.30	0.00	5.40	0.9	4 ø 16 + 0 ø 12
						Inf	C5	2.0	2.0	293.8	44.54	23.86	4.34	5.40	0.9	4 ø 16 + 0 ø 12
35	3	0.30	0.30	34.6	34.6	Sup	C5	2.0	2.0	221.6	40.19	20.87	3.86	5.40	0.9	4 ø 16 + 0 ø 12
						Cri	C1	2.0	2.0	154.5	15.17	6.99	0.00	5.40	0.9	4 ø 16 + 0 ø 12
						Inf	C5	2.0	2.0	227.8	37.86	20.89	3.34	5.40	0.9	4 ø 16 + 0 ø 12
47	3	0.30	0.30	34.6	34.6	Sup	C5	2.0	2.0	158.7	34.64	19.59	3.72	5.40	0.9	4 ø 16 + 0 ø 12
						Cri	C1	2.0	2.0	109.9	12.45	6.09	0.00	5.40	0.9	4 ø 16 + 0 ø 12
						Inf	C5	2.0	2.0	164.9	32.11	19.67	3.13	5.40	0.9	4 ø 16 + 0 ø 12
59	3	0.30	0.30	34.6	34.6	Sup	C5	2.0	2.0	99.3	27.37	16.32	3.24	5.40	0.9	4 ø 16 + 0 ø 12
						Cri	C1	2.0	2.0	69.1	9.25	5.30	0.02	5.40	0.9	4 ø 16 + 0 ø 12
						Inf	C3	2.0	2.0	123.4	24.62	23.97	3.03	5.40	0.9	4 ø 16 + 0 ø 12
71	3	0.30		40.0	40.0	Sup	C3	2.0	2.0	52.8	53.97	-	12.83	4.24	2.3	2 ø 32
						Cri	C3	3.5	3.5	59.0	34.58	-	6.82	4.24	1.4	2 ø 25
						Inf	C3	2.0	2.0	59.0	34.58	-	6.82	4.24	1.4	2 ø 25

ANEXO 8

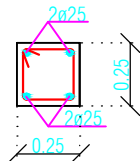
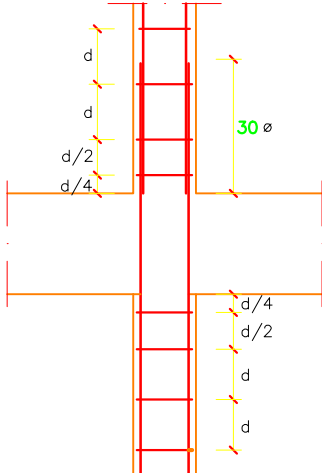
PEÇAS DESENHADAS DA ESTRUTURA B.A.2

VIGAS



PILARES

PORMENOR DE EMENDA DE ARMADURAS



MATERIAI
BETAO:

C 30/37

ACO:

A 500 NR

FEUP - Faculdade de Engenharia Universidade do Porto			
Dissertação Estudo do desempenho de uma estrutura de fachada de um edifício - Comparação entre estrutura de betão armado e estrutura em alvenaria resistente na vertente custo/prazo			
Tipo de estrutura FACHADA EM ESTRUTURA PORTICADA DE BETÃO ARMADO			
Título do desenho VIGAS E PILARES			
Orientando Germano Ribeiro	Orientador Prof. Jorge Chaves	Departamento DEC - Departamento de Engenharia Civil	Especialidade Construções
Data: 2012/06/18	Escalas 1/30		

ANEXO 9

MEDIÇÕES – ALVENARIA RESISTENTE

Apresentam-se no presente anexo o resumo de medições das matérias primas constituintes da construção em alvenaria armada, ou seja, unidades de alvenaria, betão, cofragem e aço para armaduras.

A informação encontra-se organizada a seguinte forma:

- da Tabela 121 à Tabela 125 encontram-se os metros e quilogramas de aço necessários para as estruturas de A.R.2 a A.R.6;
- da Tabela 126 até à Tabela 130 encontram-se as quantidades das restantes matérias primas necessários para as estruturas de A.R.2 a A.R.6;

Tabela 121 – Quantidade de aço necessária para a estrutura de alvenaria A.R.2

Diametros	6	8	10	12	16	20	25
Total (m)	-	-	198.3	-	8.4	-	-
Total (kg)	-	-	122.4	-	13.3	-	-

Tabela 122 – Quantidade de aço necessária para a estrutura de alvenaria A.R.3

Diametros	6	8	10	12	16	20	25
Total (m)	-	-	297.4	-	12.6	-	-
Total (kg)	-	-	183.5	-	19.9	-	-

Tabela 123 – Quantidade de aço necessária para a estrutura de alvenaria A.R.4

Diametros	6	8	10	12	16	20	25
Total (m)	-	-	396.6	-	16.8	-	-
Total (kg)	-	-	244.7	-	26.5	-	-

Tabela 124 – Quantidade de aço necessária para a estrutura de alvenaria A.R.5

Diametros	6	8	10	12	16	20	25
Total (m)	-	35.8	515.1	-	21.0	-	-
Total (kg)	-	14.1	317.8	-	33.2	-	-

Tabela 125 – Quantidade de aço necessária para a estrutura de alvenaria A.R.6

Diametros	6	8	10	12	16	20	25
Total (m)	-	-	691.7	41.7	25.2	-	-
Total (kg)	-	-	426.8	37.0	39.8	-	-

Tabela 126 – Resumo de matérias primas necessárias para a estrutura de alvenaria A.R.2

Designação	UN	P.S.	Dimensões			Quant.
Painéis de blocos de betão	m2	20.00	1.75	2.80	1.00	98.0
Betão C12/15 de enchimento (Parede)	m3	19.00	9.00	0.05	1.00	8.0
Betão C30/37 de laje-parede	m3	20.00	0.07	1.00	1.00	1.4
Cofragem laje/parede	m2	20.00	1.75	0.20	1.00	7.0
Armadura horizontal "Murfor RND/Z"	ml	20.00	6.00	1.75	1.00	210.0
Painéis de blocos de betão	m2	20.00	1.50	0.80	1.00	24.0
Betão C12/15 de enchimento (Parede)	m3	20.00	3.00	0.01	1.00	0.8
Betão C12/15 - Lintel	m3	20.00	0.03	1.00	1.00	0.7
Betão C30/37 de laje-parede	m3	20.00	0.06	1.00	1.00	1.2
Cofragem laje/parede	m2	20.00	1.50	0.20	1.00	6.0
Armadura horizontal "Murfor RND/Z"	ml	20.00	3.00	1.50	1.00	90.0
Painéis de blocos de betão	m2	10.00	3.50	2.80	1.00	98.0
Betão C12/15 de enchimento (Parede)	m3	7.00	18.00	0.05	1.00	5.9
Betão C30/37 de laje-parede	m3	10.00	0.14	1.00	1.00	1.4
Cofragem laje/parede	m2	10.00	3.50	0.20	1.00	7.0
Armadura horizontal "Murfor RND/Z"	ml	10.00	12.00	3.50	1.00	420.0
Betão C12/15 de enchimento (Parede)	m3	4.00	5.00	0.05	1.00	0.9

Tabela 127 – Resumo de matérias primas necessárias para a estrutura de alvenaria A.R.3

Designação	UN	P.S.	Dimensões			Quant.
Painéis de blocos de betão	m2	6.00	1.75	2.80	1.00	29.4
Betão C12/15 de enchimento (Parede)	m3	4.00	9.00	0.05	1.00	1.7
Betão C30/37 de laje-parede	m3	6.00	0.07	1.00	1.00	0.4
Cofragem laje/parede	m2	6.00	1.75	0.20	1.00	2.1
Armadura horizontal "Murfor RND/Z"	ml	6.00	6.00	1.75	1.00	63.0
Painéis de blocos de betão	m2	6.00	1.50	0.80	1.00	7.2
Betão C12/15 de enchimento (Parede)	m3	6.00	3.00	0.01	1.00	0.2
Betão C12/15 - Lintel	m3	6.00	0.03	1.00	1.00	0.2
Betão C30/37 de laje-parede	m3	6.00	0.06	1.00	1.00	0.4
Cofragem laje/parede	m2	6.00	1.50	0.20	1.00	1.8
Armadura horizontal "Murfor RND/Z"	ml	6.00	3.00	1.50	1.00	27.0
Painéis de blocos de betão	m2	3.00	3.50	2.80	1.00	29.4
Betão C12/15 de enchimento (Parede)	m3	1.00	18.00	0.05	1.00	0.8
Betão C30/37 de laje-parede	m3	3.00	0.14	1.00	1.00	0.4
Cofragem laje/parede	m2	3.00	3.50	0.20	1.00	2.1
Armadura horizontal "Murfor RND/Z"	ml	3.00	12.00	3.50	1.00	126.0
Painéis de blocos de betão	m2	6.00	1.75	2.80	1.00	29.4
Betão C12/15 de enchimento (Parede)	m3	4.00	5.00	0.05	1.00	0.9

Tabela 128 – Resumo de matérias primas necessárias para a estrutura de alvenaria A.R.4

Designação	UN	P.S.	Dimensões			Quant.
Painéis de blocos de betão	m2	8.00	1.75	2.80	1.00	39.2
Betão C12/15 de enchimento (Parede)	m3	6.00	9.00	0.05	1.00	2.5
Betão C30/37 de laje-parede	m3	8.00	0.07	1.00	1.00	0.6
Cofragem laje/parede	m2	8.00	1.75	0.20	1.00	2.8
Armadura horizontal "Murfor RND/Z"	ml	8.00	6.00	1.75	1.00	84.0
Painéis de blocos de betão	m2	8.00	1.50	0.80	1.00	9.6
Betão C12/15 de enchimento (Parede)	m3	8.00	3.00	0.01	1.00	0.3
Betão C12/15 - Lintel	m3	8.00	0.03	1.00	1.00	0.3
Betão C30/37 de laje-parede	m3	8.00	0.06	1.00	1.00	0.5
Cofragem laje/parede	m2	8.00	1.50	0.20	1.00	2.4
Armadura horizontal "Murfor RND/Z"	ml	8.00	3.00	1.50	1.00	36.0
Painéis de blocos de betão	m2	4.00	3.50	2.80	1.00	39.2
Betão C12/15 de enchimento (Parede)	m3	2.00	18.00	0.05	1.00	1.7
Betão C30/37 de laje-parede	m3	4.00	0.14	1.00	1.00	0.6
Cofragem laje/parede	m2	4.00	3.50	0.20	1.00	2.8
Armadura horizontal "Murfor RND/Z"	ml	4.00	12.00	3.50	1.00	168.0
Betão C12/15 de enchimento (Parede)	m3	4.00	5.00	0.05	1.00	0.9

Tabela 129 – Resumo de matérias primas necessárias para a estrutura de alvenaria A.R.5

Designação	UN	P.S.	Dimensões			Quant.
Painéis de blocos de betão	m2	10.00	1.75	2.80	1.00	49.0
Betão C12/15 de enchimento (Parede)	m3	9.00	9.00	0.05	1.00	3.8
Betão C30/37 de laje-parede	m3	10.00	0.07	1.00	1.00	0.7
Cofragem laje/parede	m2	10.00	1.75	0.20	1.00	3.5
Armadura horizontal "Murfor RND/Z"	ml	10.00	6.00	1.75	1.00	105.0
Painéis de blocos de betão	m2	10.00	1.50	0.80	1.00	12.0
Betão C12/15 de enchimento (Parede)	m3	10.00	3.00	0.01	1.00	0.4
Betão C12/15 - Lintel	m3	10.00	0.03	1.00	1.00	0.3
Betão C30/37 de laje-parede	m3	10.00	0.06	1.00	1.00	0.6
Cofragem laje/parede	m2	10.00	1.50	0.20	1.00	3.0
Armadura horizontal "Murfor RND/Z"	ml	10.00	3.00	1.50	1.00	45.0
Painéis de blocos de betão	m2	5.00	3.50	2.80	1.00	49.0
Betão C12/15 de enchimento (Parede)	m3	2.00	18.00	0.05	1.00	1.7
Betão C30/37 de laje-parede	m3	5.00	0.14	1.00	1.00	0.7
Cofragem laje/parede	m2	5.00	3.50	0.20	1.00	3.5
Armadura horizontal "Murfor RND/Z"	ml	5.00	12.00	3.50	1.00	210.0
Betão C12/15 de enchimento (Parede)	m3	4.00	5.00	0.05	1.00	0.9

Tabela 130 – Resumo de matérias primas necessárias para a estrutura de alvenaria A.R.6

Designação	UN	P.S.	Dimensões			Quant.
Painéis de blocos de betão	m2	12.00	1.75	2.80	1.00	58.8
Betão C12/15 de enchimento (Parede)	m3	11.00	9.00	0.05	1.00	4.7
Betão C30/37 de laje-parede	m3	12.00	0.07	1.00	1.00	0.8
Cofragem laje/parede	m2	12.00	1.75	0.20	1.00	4.2
Armadura horizontal "Murfor RND/Z"	ml	12.00	6.00	1.75	1.00	126.0
Painéis de blocos de betão	m2	12.00	1.50	0.80	1.00	14.4
Betão C12/15 de enchimento (Parede)	m3	12.00	3.00	0.01	1.00	0.5
Betão C12/15 - Lintel	m3	12.00	0.03	1.00	1.00	0.4
Betão C30/37 de laje-parede	m3	12.00	0.06	1.00	1.00	0.7
Cofragem laje/parede	m2	12.00	1.50	0.20	1.00	3.6
Armadura horizontal "Murfor RND/Z"	ml	12.00	3.00	1.50	1.00	54.0
Painéis de blocos de betão	m2	6.00	3.50	2.80	1.00	58.8
Betão C12/15 de enchimento (Parede)	m3	3.00	18.00	0.05	1.00	2.5
Betão C30/37 de laje-parede	m3	6.00	0.14	1.00	1.00	0.8
Cofragem laje/parede	m2	6.00	3.50	0.20	1.00	4.2
Armadura horizontal "Murfor RND/Z"	ml	6.00	12.00	3.50	1.00	252.0
Betão C12/15 de enchimento (Parede)	m3	4.00	5.00	0.05	1.00	0.9

ANEXO 10

EVOLUÇÃO DO CONSUMO DE AÇO E BETÃONAS ESTRUTURAS DE ALVENARIA RESISTENTE

		Quantidade de betão C12/15 [m ³]							Quantidade Armadura [kg]				
		Parede 1	Parede 2	Parede 3	Parede 4	Parede 5			Parede 1	Parede 2	Parede 3	Parede 4	Parede 5
Piso 2 -->		0.24	0.04	0.42	0.04	0.24	Piso 2 -->		14.9	5.5	26.9	5.5	14.9
Piso 1 -->		0.24	0.04	0.42	0.04	0.24	Piso 1 -->		14.9	5.5	26.9	5.5	14.9

Figura 5 - Consumo de aço e betão na estrutura A.R.2

		Quantidade de betão C12/15 [m ³]							Quantidade Armadura [kg]				
		Parede 1	Parede 2	Parede 3	Parede 4	Parede 5			Parede 1	Parede 2	Parede 3	Parede 4	Parede 5
Piso 3 -->		0.24	0.04	0.42	0.04	0.24	Piso 3 -->		14.9	5.5	26.9	5.5	14.9
Piso 2 -->		0.24	0.04	0.42	0.04	0.24	Piso 2 -->		14.9	5.5	26.9	5.5	14.9
Piso 1 -->		0.42	0.04	0.85	0.04	0.42	Piso 1 -->		14.9	5.5	26.9	5.5	14.9

Figura 6 - Consumo de aço e betão na estrutura A.R.3

Quantidade de betão C12/15 [m ³]						Quantidade Armadura [kg]					
Piso 4 -->	0.24	0.04	0.42	0.04	0.24	Piso 4 -->	14.9	5.5	26.9	5.5	14.9
Piso 3 -->	0.24	0.04	0.42	0.04	0.24	Piso 3 -->	14.9	5.5	26.9	5.5	14.9
Piso 2 -->	0.42	0.04	0.85	0.04	0.42	Piso 2 -->	14.9	5.5	26.9	5.5	14.9
Piso 1 -->	0.42	0.04	0.85	0.04	0.42	Piso 1 -->	14.9	5.5	26.9	5.5	14.9
Parede 1 -->						Parede 1 -->					
Parede 2 -->						Parede 2 -->					
Parede 3 -->						Parede 3 -->					
Parede 4 -->						Parede 4 -->					
Parede 5 -->						Parede 5 -->					

Figura 7 - Consumo de aço e betão na estrutura A.R.4

Quantidade de betão C12/15 [m ³]						Quantidade Armadura [kg]					
Piso 5 -->	0.24	0.04	0.42	0.04	0.24	Piso 5 -->	14.9	5.5	26.9	5.5	14.9
Piso 4 -->	0.24	0.04	0.42	0.04	0.24	Piso 4 -->	14.9	5.5	26.9	5.5	14.9
Piso 3 -->	0.42	0.04	0.42	0.04	0.42	Piso 3 -->	14.9	5.5	26.9	5.5	14.9
Piso 2 -->	0.42	0.04	0.85	0.04	0.42	Piso 2 -->	14.9	5.5	26.9	5.5	14.9
Piso 1 -->	0.42	0.04	0.85	0.04	0.42	Piso 1 -->	22.0	5.5	38.8	5.5	22.0
Parede 1 -->						Parede 1 -->					
Parede 2 -->						Parede 2 -->					
Parede 3 -->						Parede 3 -->					
Parede 4 -->						Parede 4 -->					
Parede 5 -->						Parede 5 -->					

Figura 8 - Consumo de aço e betão na estrutura A.R.5

ANEXO 11

MEDIÇÕES DAS ESTRUTURAS DE FACHADA EM PÓRTICO DE BETÃO ARMADO

Tabela 131 - Medições das armaduras da estrutura de fachada B.A.2

Designação	Nº de partes iguais	Nº de varões iguais em cada parte	Comprimento de cada varão	Comprimentos totais dos varões (m) Peso (Kg/ml)				
				Ø6	Ø8	Ø12	Ø20	Ø25
				0.22	0.40	0.89	2.47	3.88
Vigas Arm. Long. Sup.	2	2	10.4			41.60		
Vigas Arm. Long. Inf.	2	2	10.4			41.60		
Vigas Arm. Long.	2	2	2.5			10.00		
Vigas Arm. Long.	2	2	1.25			5.00		
Vigas Arm. Trans.	2	37	1.16	85.84				
Pilares Arm. Long.	3	4	7.5					90.0
Pilares Arm. Trans.	3	24	0.86		61.92			
Total (Kg)				18.88	24.46	87.40		349.2

Tabela 132 - Medições da estrutura de fachada "B.A.2"

Designação	UN	P.S.	Dimensões			Quantidades	
						Parcial	Total
1. Betão							
1.1 Betão-Pilares	m3	3	0.25	0.25	6	1.13	
1.2 Betão-Vigas	m3	2	0.25	0.4	9.25	1.85	2.98
2. Cofragens							
2.1 Pilares extremos	m2	2	0.25	6	1	3.00	
	m2	2	0.25	6	1	3.00	
	m2	2	0.25	5.2	1	2.60	
	m2	2	0.25	5.6	1	2.80	
2.2 Pilar central	m2	1	0.25	6	1	1.50	
	m2	1	0.25	5.2	1	1.30	
	m2	1	0.25	5.2	1	1.30	
	m2	1	0.25	5.6	1	1.40	16.90
2.3 Vigas	m2	2	9.25	0.4	1	7.40	
	m2	2	9.25	0.25	1	4.63	
	m2	2	0.25	0.4	2	0.40	
	m2	2	9.25	0.2	1	3.70	16.13
3. Alvenaria	m2	2	2.6	9.25	1	48.10	
		-4	2	1.5	1	-12.00	36.10

Tabela 133 - Medições das armaduras da estrutura de fachada B.A.3

Designação	Nº de partes iguais	Nº de varões iguais em cada parte	Comprimento de cada varão	Comprimentos totais dos varões (m)			
				Peso (Kg/ml)			
				Ø6	Ø8	Ø12	Ø25
				0.22	0.40	0.89	3.88
Vigas Arm. Long.	3	4	10.4			124.80	
vigas Arm. Long.	3	2	2.5			15.00	
Vigas Arm. Long.	3	2	1.25			7.50	
Vigas Arm. Trans.	3	37	1.16	128.76			
Pilares Arm. Long.	3	4	11.25				135.0
Pilares Arm. Trans.	3	36	0.86		92.88		
Total (Kg)				28.33	36.69	131.10	523.8

Tabela 134 - Medições da estrutura de fachada B.A.3

Designação	UN	P.S.	Dimensões			Quantidades	
						Parciais	Totais
1. Betão							
1.1 Betão-Pilares	m3	3	0.25	0.25	9	1.69	
1.2 Betão-Vigas	m3	3	0.25	0.4	9.25	2.78	4.46
2. Cofragens							
2.1 Pilares extremos	m2	2	0.25	9	1	4.50	
	m2	2	0.25	9	1	4.50	
	m2	2	0.25	7.8	1	3.90	
	m2	2	0.25	8.4	1	4.20	
2.2 Pilar central	m2	1	0.25	9	1	2.25	
	m2	1	0.25	7.8	1	1.95	
	m2	1	0.25	7.8	1	1.95	
	m2	1	0.25	8.4	1	2.10	25.35
2.3 Vigas	m2	3	9.25	0.4	1	11.10	
	m2	3	9.25	0.25	1	6.94	
	m2	3	0.25	0.4	2	0.60	
	m2	3	9.25	0.2	1	5.55	24.19
3. Alvenaria	m2	3	2.6	9.25	1	72.15	
		-6	2	1.5	1	-18.00	54.15

Tabela 135 - Medições das armaduras da estrutura de fachada B.A.4

Designação	Nº de partes iguais	Nº de varões iguais em cada parte	Comprimento de cada varão	Comprimentos totais dos varões (m)			
				Peso (Kg/ml)			
				Ø6	Ø8	Ø12	Ø25
				0.22	0.40	0.89	3.88
Vigas Arm. Long.	4	5	10.4			208.00	
vigas Arm. Long.	4	2	2.5			20.00	
vigas Arm. Long.	4	2	1.25			10.00	
vigas Arm. Long.	4	2	1.25			10.00	
vigas Arm. Trans.	4	37	1.16	171.68			
Pilares Arm. Long.	3	4	15				180.0
Pilares Arm. Trans.	3	48	0.86		123.84		
Total (Kg)				37.77	48.92	220.72	698.4

Tabela 136 - Medições da estrutura de fachada B.A.4

Designação	UN	P.S.	Dimensões			Quantidades	
						Parciais	Totais
1. Betão							
1.1 Betão-Pilares	m3	3	0.25	0.25	12	2.25	
1.2 Betão-Vigas	m3	4	0.25	0.4	9.25	3.7	
2. Cofragens							
2.1 Pilares extremos	m2	2	0.25	12	1	6	
	m2	2	0.25	12	1	6	
	m2	2	0.25	10.4	1	5.2	
	m2	2	0.25	11.2	1	5.6	
2.2 Pilar central	m2	1	0.25	12	1	3	
	m2	1	0.25	10.4	1	2.6	
	m2	1	0.25	10.4	1	2.6	
	m2	1	0.25	11.2	1	2.8	33.8
2.3 Vigas	m2	4	9.25	0.4	1	14.8	
	m2	4	9.25	0.25	1	9.25	
	m2	4	0.4	0.25	2	0.8	
	m2	4	9.25	0.2	1	7.4	32.25
3. Alvenaria	m2	4	2.6	9.25	1	96.2	
		-8	2	1.5	1	-24	72.2

Tabela 137 - Medições da armadura da estrutura de fachada B.A5

Designação	Nº de partes iguais	Nº de varões iguais em cada parte	Comprimento de cada varão	Comprimentos totais dos varões (m)			
				Peso (Kg/ml)			
				Ø6	Ø8	Ø12	Ø25
				0.22	0.40	0.89	3.88
Vigas Arm. Long.	5	5	10.4			260.00	
Vigas Arm. Long.	5	3	2.5			37.50	
Vigas Arm. Long.	5	2	1.25			12.50	
Vigas Arm. Long.	5	2	1.25			12.50	
Vigas Arm. Trans.	5	37	1.16	214.60			
Pilares Arm. Long.	3	4	18.75				225.0
Pilares Arm. Trans.	3	60	0.86		154.80		
Total (Kg)				47.21	61.15	287.03	873.0

Tabela 138 - Medições da estrutura de fachada B.A.5

Designação	UN	P.S.	Dimensões			Quantidades	
						Parciais	Totais
1. Betão							
1.1 Betão-Pilares	m3	3	0.25	0.25	15	2.81	
1.2 Betão-Vigas	m3	5	0.25	0.4	9.25	4.63	7.44
2. Cofragens							
2.1 Pilares extremos	m2	2	0.25	15	1	7.50	
	m2	2	0.25	15	1	7.50	
	m2	2	0.25	13	1	6.50	
	m2	2	0.25	14	1	7.00	
2.2 Pilar central	m2	1	0.25	15	1	3.75	
	m2	1	0.25	13	1	3.25	
	m2	1	0.25	13	1	3.25	
	m2	1	0.25	14	1	3.50	42.25
2.3 Vigas	m2	5	9.25	0.4	1	18.50	
	m2	5	9.25	0.25	1	11.56	
	m2	5	0.25	0.4	2	1.00	
	m2	5	9.25	0.2	1	9.25	40.31
3. Alvenaria	m2	5	2.6	9.25	1	120.25	
		-10	2	1.5	1	-30.00	90.25

Tabela 139 - Medições da estrutura de fachada B.A.6

Designação	Nº de partes iguais	Nº de varões iguais em cada parte	Comprimento de cada varão	Comprimentos totais dos varões (m)			
				Peso (Kg/ml)			
				Ø6	Ø8	Ø12	Ø20
				0.22	0.40	0.89	2.47
Vigas Arm. Long.	6	5	10.4			312.00	
Vigas Arm. Long.	6	3	2.5			45.00	
Vigas Arm. Long.	6	2	1.25			15.00	
Vigas Arm. Long.	6	2	1.25			15.00	
Vigas Arm. Trans.	6	46	1.46	405.15			
Pilares Arm. Long.	3	4	22.5				270
Pilares Arm. Trans.	3	72	1.06		228.96		
Total (Kg)				89.13	90.44	344.43	666.90

Tabela 140 - Medições da estrutura de fachada B.A.6

Designação	UN	P.S.	Dimensões			Quantidades	
						Parciais	Totais
1. Betão							
1.1 Betão-Pilares	m3	3	0.3	0.3	18	4.86	
1.2 Betão-Vigas	m3	6	0.3	0.5	9.25	8.33	13.19
2. Cofragens							
2.1 Pilares extremos	m2	2	0.3	18	1	10.80	
	m2	2	0.3	18	1	10.80	
	m2	2	0.3	15	1	9.00	
	m2	2	0.3	16.8	1	10.08	
2.2 Pilar central	m2	1	0.3	18	1	5.40	
	m2	1	0.3	15	1	4.50	
	m2	1	0.3	15	1	4.50	
	m2	1	0.3	16.8	1	5.04	60.12
2.3 Vigas	m2	6	9.25	0.5	1	27.75	
	m2	6	9.25	0.3	1	16.65	
	m2	6	0.3	0.5	2	1.80	
	m2	6	9.25	0.3	1	16.65	62.85
3. Alvenaria	m2	6	2.5	9.25	1	138.75	
		-12	2	1.5	1	-36.00	102.75

ANEXO 12

PRAZOS DE EXECUÇÃO DAS ESTRUTURAS DE FACHADA EM ALVENARIA RESISTENTE

ESTRUTURA A.R.3

Tabela 141 - Mapa de tarefas da estrutura A.R.3

ID	Nome da Tarefa	Duração	Início	Conclusão	Predecessoras
1	Prazo de conclusão da estrutura de fachada "Alvenaria 3-5-5"	62.15 dias	Ter 19-06-12	Qui 13-09-12	
2	Paredes em alvenaria armada (Rês-do-Chão)	18.7 hrs	Ter 19-06-12	Qui 21-06-12	
3	Cofragem mais escoramento para a laje (1º Pavimento)	47.7 hrs	Qui 21-06-12	Sex 29-06-12	2
4	Armaduras (corte, dobragem e montagem) (1º Pavimento)	33 hrs	Sex 29-06-12	Qui 05-07-12	3
5	Betonagem da laje (1º Pavimento)	19 hrs	Qui 05-07-12	Seg 09-07-12	4
6	Tempo de espera até descofragem (1º Pavimento)	504 hrs	Seg 09-07-12	Seg 30-07-12	5
7	Paredes em alvenaria armada (1º Piso)	18.7 hrs	Ter 10-07-12	Sex 13-07-12	5Cl+1 dia
8	Cofragem mais escoramento para a laje (2º Pavimento)	47.7 hrs	Sex 13-07-12	Seg 23-07-12	7
9	Armaduras (corte, dobragem e montagem) (2º Pavimento)	33 hrs	Seg 23-07-12	Sex 27-07-12	8
10	Betonagem da laje (2º Pavimento)	19 hrs	Sex 27-07-12	Ter 31-07-12	9
11	Tempo de espera até descofragem (2º Pavimento)	504 hrs	Ter 31-07-12	Ter 21-08-12	10
12	Paredes em alvenaria armada (2º Piso)	18.7 hrs	Qua 01-08-12	Sex 03-08-12	10Cl+1 dia
13	Cofragem mais escoramento para a laje (3º Pavimento)	47.7 hrs	Sex 03-08-12	Seg 13-08-12	12
14	Armaduras (corte, dobragem e montagem) (3º Pavimento)	33 hrs	Seg 13-08-12	Seg 20-08-12	13
15	Betonagem da laje (3º Pavimento)	19 hrs	Seg 20-08-12	Qua 22-08-12	14
16	Tempo de espera até descofragem (3º Pavimento)	504 hrs	Qua 22-08-12	Qua 12-09-12	15
17	Descofragem de laje (1º Pavimento)	5.63 hrs	Seg 30-07-12	Ter 31-07-12	6
18	Descofragem de laje (2º Pavimento)	5.63 hrs	Ter 21-08-12	Qua 22-08-12	11
19	Descofragem de laje (3º Pavimento)	5.63 hrs	Qua 12-09-12	Qui 13-09-12	16

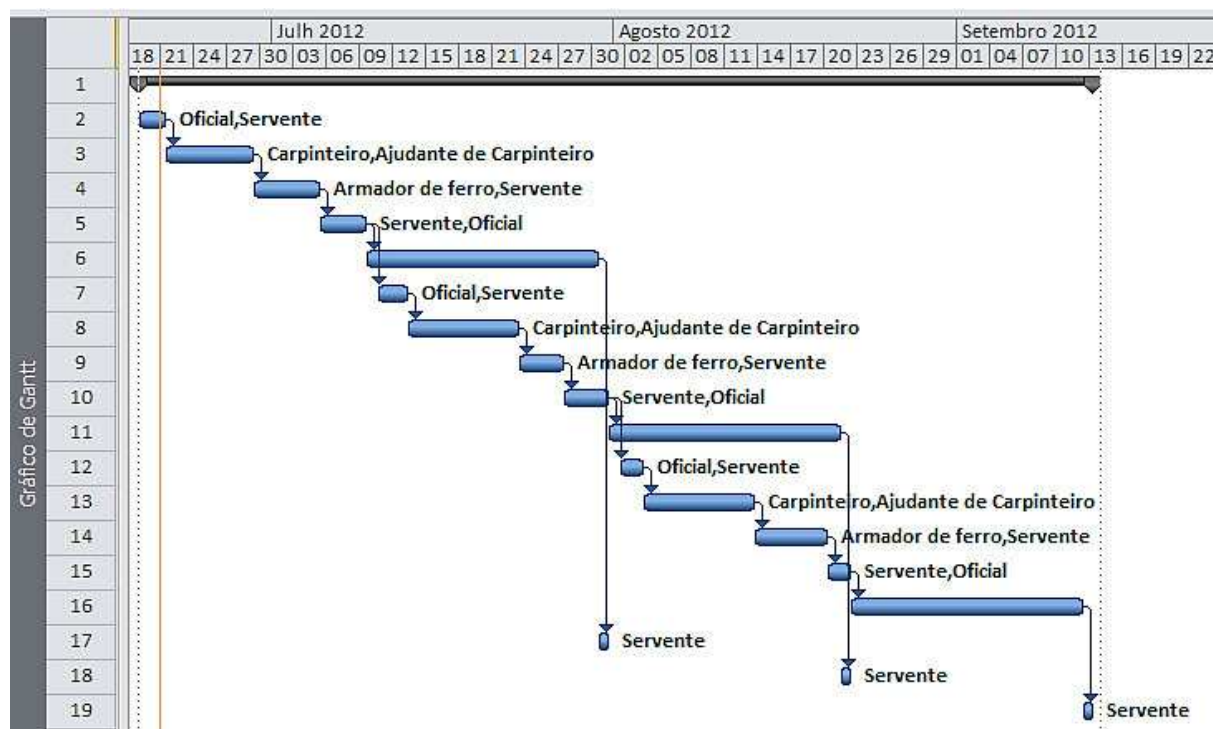


Figura 9 - Gráfico de Gantt da estrutura A.R.3

ESTRUTURA A.R.5

Tabela 143 - Mapa de tarefas da estrutura A.R.5

ID	Nome da Tarefa	Duração	Início	Conclusão	Predecessoras
1	Prazo de conclusão da estrutura de fachada "Alvenaria 5-5-5"	93.7 dias	Ter 19-06-12	Sex 26-10-12	
2	Paredes em alvenaria armada (Rês-do-Chão)	18.7 hrs	Ter 19-06-12	Qui 21-06-12	
3	Cofragem mais escoramento para a laje (1º Pavimento)	47.7 hrs	Qui 21-06-12	Sex 29-06-12	2
4	Armaduras (corte, dobragem e montagem) (1º Pavimento)	33 hrs	Sex 29-06-12	Qui 05-07-12	3
5	Betonagem da laje (1º Pavimento)	19 hrs	Qui 05-07-12	Seg 09-07-12	4
6	Tempo de espera até descofragem (1º Pavimento)	504 hrs	Seg 09-07-12	Seg 30-07-12	5
7	Paredes em alvenaria armada (1º Piso)	18.7 hrs	Ter 10-07-12	Sex 13-07-12	5CI+1 dia
8	Cofragem mais escoramento para a laje (2º Pavimento)	47.7 hrs	Sex 13-07-12	Seg 23-07-12	7
9	Armaduras (corte, dobragem e montagem) (2º Pavimento)	33 hrs	Seg 23-07-12	Sex 27-07-12	8
10	Betonagem da laje (2º Pavimento)	19 hrs	Seg 27-07-12	Ter 31-07-12	9
11	Tempo de espera até descofragem (2º Pavimento)	16 dias	Ter 31-07-12	Qua 22-08-12	10
12	Paredes em alvenaria armada (2º Piso)	18.7 hrs	Qua 01-08-12	Sex 03-08-12	10CI+1 dia
13	Cofragem mais escoramento para a laje (3º Pavimento)	47.7 hrs	Sex 03-08-12	Seg 13-08-12	12
14	Armaduras (corte, dobragem e montagem) (3º Pavimento)	33 hrs	Seg 13-08-12	Seg 20-08-12	13
15	Betonagem da laje (3º Pavimento)	19 hrs	Seg 20-08-12	Qua 22-08-12	14
16	Tempo de espera até descofragem (3º Pavimento)	504 hrs	Qua 22-08-12	Qua 12-09-12	15
17	Paredes em alvenaria armada (3º Piso)	18.7 hrs	Qui 23-08-12	Seg 27-08-12	15CI+1 dia
18	Cofragem mais escoramento para a laje (4º Pavimento)	47.7 hrs	Seg 27-08-12	Ter 04-09-12	17
19	Armaduras (corte, dobragem e montagem) (4º Pavimento)	33 hrs	Ter 04-09-12	Seg 10-09-12	18
20	Betonagem da laje (4º Pavimento)	19 hrs	Seg 10-09-12	Qui 13-09-12	19
21	Tempo de espera até descofragem (4º Pavimento)	504 hrs	Qui 13-09-12	Qui 04-10-12	20
22	Paredes em alvenaria armada (4º Piso)	18.7 hrs	Sex 14-09-12	Ter 18-09-12	20CI+1 dia
23	Cofragem mais escoramento para a laje (5º Pavimento)	47.7 hrs	Ter 18-09-12	Qua 26-09-12	22
24	Armaduras (corte, dobragem e montagem) (5º Pavimento)	33 hrs	Qua 26-09-12	Ter 02-10-12	23
25	Betonagem da laje (5º Pavimento)	19 hrs	Ter 02-10-12	Qui 04-10-12	24
26	Tempo de espera até descofragem (5º Pavimento)	504 hrs	Qui 04-10-12	Qui 25-10-12	25
27	Descofragem de laje (1º Pavimento)	5.63 hrs	Seg 30-07-12	Ter 31-07-12	6
28	Descofragem de laje (2º Pavimento)	5.63 hrs	Qua 22-08-12	Qui 23-08-12	11
29	Descofragem de laje (3º Pavimento)	5.63 hrs	Qua 12-09-12	Qui 13-09-12	16
30	Descofragem de laje (4º Pavimento)	5.63 hrs	Qui 04-10-12	Qui 04-10-12	21
31	Descofragem de laje (5º Pavimento)	5.63 hrs	Sex 26-10-12	Sex 26-10-12	26

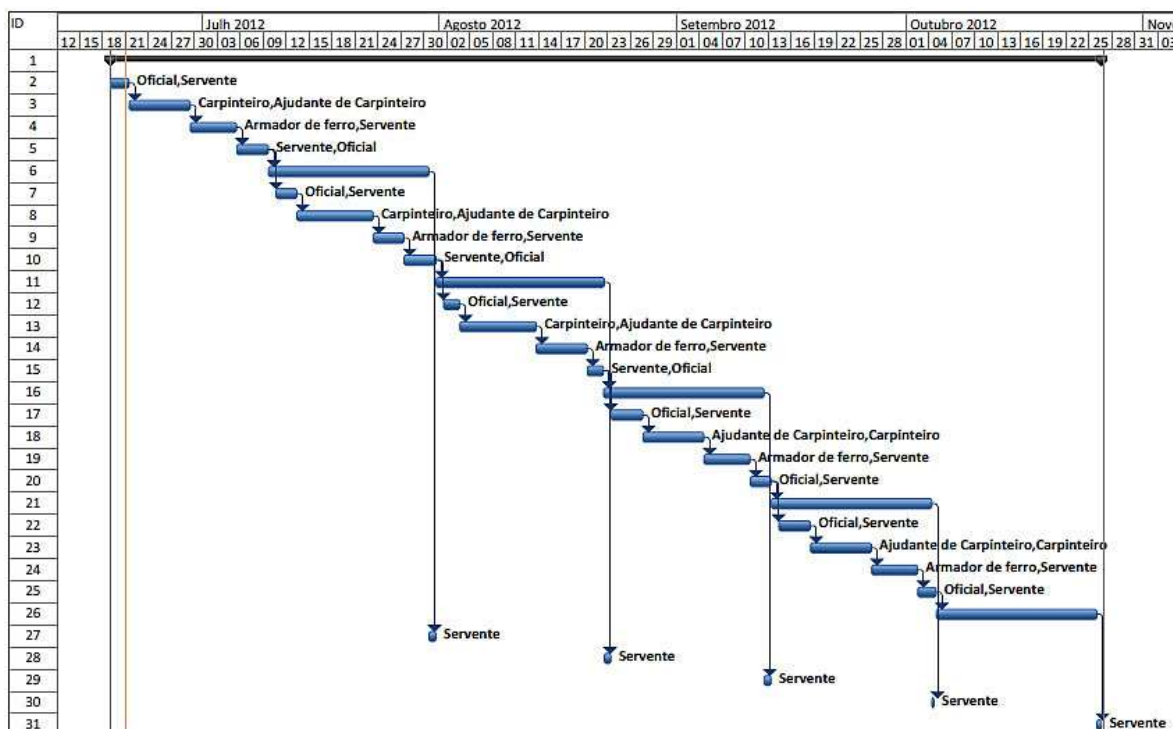


Figura 11 - Diagrama de Gantt da estrutura A.R.5

ANEXO 13

PRAZOS DE EXECUÇÃO DAS ESTRUTURAS DE FACHADA PORTICADA DE BETÃO ARMADO

ESTRUTURA B.A.2

Tabela 144 - Mapa de tarefas da estrutura B.A.2

ID	Nome da Tarefa	Duração	Início	Conclusão	Predecessoras
1	Prazo de execução da estrutura B.A. 2-5-5	51.76 dias	Ter 19-06-12	Qui 30-08-12	
2	Armaduras (corte, dobragem e montagem) (Pilares do Rés-do-Chão)	5.6 hrs	Ter 19-06-12	Ter 19-06-12	
3	Cofragem (Pilares do Rés-do-chão)	11.83 hrs	Qua 20-06-12	Qui 21-06-12	2
4	Betonagem (Pilares do Rés-do-chão)	0.6 hrs	Qui 21-06-12	Qui 21-06-12	3
5	Tempo de espera até descofragem (Pilares do Rés-do-chão)	16 hrs	Qui 21-06-12	Sex 22-06-12	4
6	Cofragem mais escoramento para laje e viga (1º Pavimento)	59.7 hrs	Qui 21-06-12	Ter 03-07-12	4
7	Armaduras (corte, dobragem e montagem) para laje e viga (1º Pavimento)	34.6 hrs	Ter 03-07-12	Seg 09-07-12	6
8	Betonagem de laje e viga (1º Pavimento)	21.45 hrs	Seg 09-07-12	Qui 12-07-12	7
9	Tempo de espera até descofragem de laje e viga (1º Pavimento)	504 hrs	Qui 12-07-12	Qui 02-08-12	8
10	Armaduras (corte, dobragem e montagem) (pilares do 1º Piso)	5.6 hrs	Sex 13-07-12	Sex 13-07-12	8CI+1 dia
11	Cofragem (Pilares do 1º Piso)	11.83 hrs	Sex 13-07-12	Ter 17-07-12	10
12	Betonagem (Pilares do 1º Piso)	0.6 hrs	Ter 17-07-12	Ter 17-07-12	11
13	Tempo de espera até descofragem (pilares do 1º Piso)	16 hrs	Ter 17-07-12	Qua 18-07-12	12
14	Cofragem mais escoramento para laje e viga (2º Pavimento)	59.7 hrs	Ter 17-07-12	Qui 26-07-12	12
15	Armadura (corte, dobragem e montagem) para laje e viga (2º Pavimento)	34.6 hrs	Qui 26-07-12	Qui 02-08-12	14
16	Betonagem de laje e viga (2º Pavimento)	21.45 hrs	Qui 02-08-12	Seg 06-08-12	15
17	Tempo de espera até descofragem de laje e viga (2º Pavimento)	504 hrs	Seg 06-08-12	Seg 27-08-12	16
18	Descofragem (Pilares do Rés-do-Chão)	1.69 hrs	Sex 22-06-12	Sex 22-06-12	5
19	Descofragem (Pilares do 1º Piso)	1.69 hrs	Qua 18-07-12	Qua 18-07-12	13
20	Descofragem de laje e viga (1º Pavimento)	7.31 hrs	Qui 02-08-12	Qui 02-08-12	9
21	Descofragem de laje e viga (2º Pavimento)	7.31 hrs	Seg 27-08-12	Ter 28-08-12	17
22	Assetamento de alvenarias no piso do Rés-do-Chão	10.83 hrs	Qui 02-08-12	Seg 06-08-12	20
23	Assentamento de alvenarias no 1º Piso	10.83 hrs	Ter 28-08-12	Qui 30-08-12	21

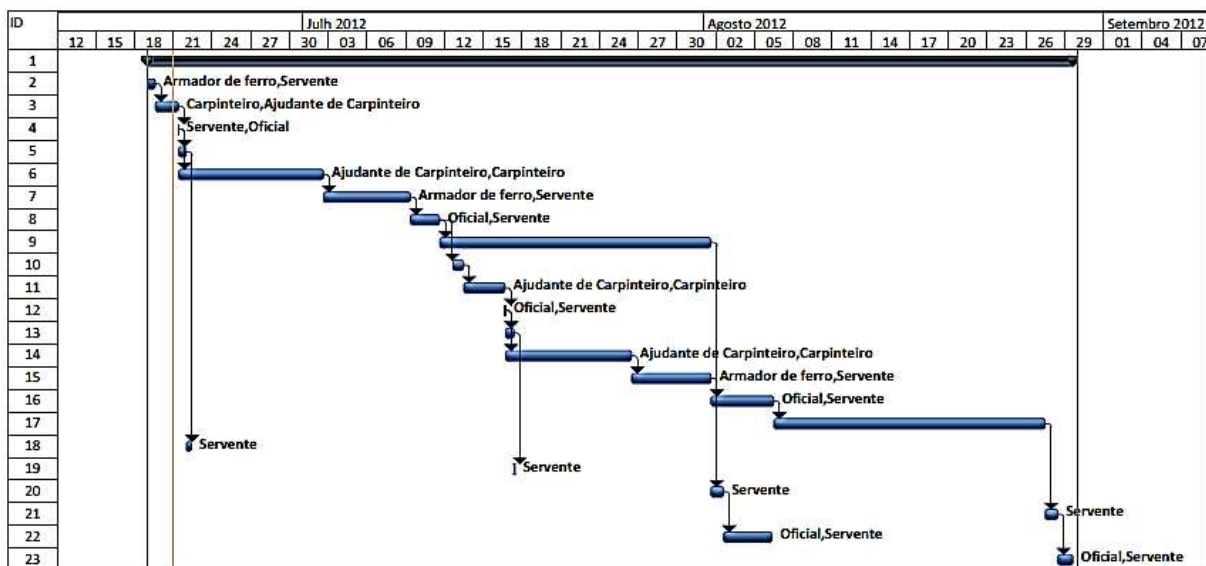


Figura 12 - Diagrama de Gantt da estrutura B.A. 2

ESTRUTURA B.A.3

Tabela 145 - Mapa de tarefas da estrutura B.A.3

ID	Nome da Tarefa	Duração	Início	Conclusão	Predecessoras
1	Prazo de execução da estrutura B.A. 3-5-5	69.48 dias	Ter 19-06-12	Seg 24-09-12	
2	Armaduras (corte, dobragem e montagem) (Pilares do Rés-do-Chão)	5.6 hrs	Ter 19-06-12	Ter 19-06-12	
3	Cofragem (Pilares do Rés-do-chão)	11.83 hrs	Ter 19-06-12	Qui 21-06-12	2
4	Betonagem (Pilares do Rés-do-chão)	0.6 hrs	Qui 21-06-12	Qui 21-06-12	3
5	Tempo de espera até descofragem (Pilares do Rés-do-chão)	16 hrs	Qui 21-06-12	Sex 22-06-12	4
6	Cofragem mais escoramento para laje e viga (1º Pavimento)	59.7 hrs	Qui 21-06-12	Seg 02-07-12	4
7	Armaduras (corte, dobragem e montagem) para laje e viga (1º Pavimento)	34.6 hrs	Seg 02-07-12	Seg 09-07-12	6
8	Betonagem de laje e viga (1º Pavimento)	21.45 hrs	Seg 09-07-12	Qua 11-07-12	7
9	Tempo de espera até descofragem de laje e viga (1º Pavimento)	504 hrs	Qua 11-07-12	Qua 01-08-12	8
10	Armaduras (corte, dobragem e montagem) (pilares do 1º Piso)	5.6 hrs	Qui 12-07-12	Sex 13-07-12	8Cl+1 dia
11	Cofragem (Pilares do 1º Piso)	11.83 hrs	Sex 13-07-12	Seg 16-07-12	10
12	Betonagem (Pilares do 1º Piso)	0.6 hrs	Seg 16-07-12	Seg 16-07-12	11
13	Tempo de espera até descofragem (pilares do 1º Piso)	16 hrs	Seg 16-07-12	Ter 17-07-12	12
14	Cofragem mais escoramento para laje e viga (2º Pavimento)	59.7 hrs	Seg 16-07-12	Qui 26-07-12	12
15	Armadura (corte, dobragem e montagem) para laje e viga (2º Pavimento)	34.6 hrs	Qui 26-07-12	Qua 01-08-12	14
16	Betonagem de laje e viga (2º Pavimento)	21.45 hrs	Qua 01-08-12	Seg 06-08-12	15
17	Tempo de espera até descofragem de laje e viga (2º Pavimento)	504 hrs	Seg 06-08-12	Seg 27-08-12	16
18	Armaduras (corte, dobragem e montagem) (pilares do 2º Piso)	5.6 hrs	Ter 07-08-12	Qua 08-08-12	16Cl+1 dia
19	Cofragem (Pilares do 2º Piso)	11.83 hrs	Qua 08-08-12	Qui 09-08-12	18
20	Betonagem (Pilares do 2º Piso)	0.6 hrs	Qui 09-08-12	Qui 09-08-12	19
21	Tempo de espera até descofragem (Pilares do 2º Piso)	16 hrs	Qui 09-08-12	Sex 10-08-12	20
22	Cofragem mais escoramento para laje e viga (3º Pavimento)	59.7 hrs	Qui 09-08-12	Ter 21-08-12	20
23	Armadura (corte, dobragem e montagem) para laje e viga (3º Pavimento)	34.6 hrs	Ter 21-08-12	Seg 27-08-12	22
24	Betonagem de laje e viga (3º Pavimento)	21.45 hrs	Seg 27-08-12	Qui 30-08-12	23
25	Tempo de espera até descofragem de laje e viga (3º Pavimento)	504 hrs	Qui 30-08-12	Qui 20-09-12	24
26	Descofragem (Pilares Rés-do-chão)	1.69 hrs	Sex 22-06-12	Sex 22-06-12	5
27	Descofragem (Pilares do 1º Piso)	1.69 hrs	Ter 17-07-12	Ter 17-07-12	13
28	Descofragem (Pilares do 2º Piso)	1.69 hrs	Sex 10-08-12	Sex 10-08-12	21
29	Descofragem de viga e laje (1º Pavimento)	7.31 hrs	Qua 01-08-12	Qui 02-08-12	9
30	Descofragem de viga e laje (2º Pavimento)	7.31 hrs	Seg 27-08-12	Ter 28-08-12	17
31	Descofragem de viga e laje (3º Pavimento)	7.31 hrs	Qui 20-09-12	Sex 21-09-12	25
32	Assentamento de alvenarias (Piso do Rés-do-Chão)	10.83 hrs	Qui 02-08-12	Seg 06-08-12	29

ESTRUTURA B.A. 4

Tabela 146 - Mapa de tarefas da estrutura B.A.4

ID	Nome da Tarefa	Duração	Início	Conclusão	Predecessoras
1	Prazo de execução da estrutura B.A. 4-5-5	87.2 dias	Ter 19-06-12	Qui 18-10-12	
2	Armaduras (corte, dobragem e montagem) (Pilares do Rés-do-Chão)	5.6 hrs	Ter 19-06-12	Ter 19-06-12	
3	Cofragem (Pilares do Rés-do-chão)	11.83 hrs	Ter 19-06-12	Qui 21-06-12	2
4	Betonagem (Pilares do Rés-do-chão)	0.6 hrs	Qui 21-06-12	Qui 21-06-12	3
5	Tempo de espera até descofragem (Pilares do Rés-do-chão)	16 hrs	Qui 21-06-12	Sex 22-06-12	4
6	Cofragem mais escoramento para laje e viga (1º Pavimento)	59.7 hrs	Qui 21-06-12	Seg 02-07-12	4
7	Armaduras (corte, dobragem e montagem) para laje e viga (1º Pavimento)	34.6 hrs	Seg 02-07-12	Seg 09-07-12	6
8	Betonagem de laje e viga (1º Pavimento)	21.45 hrs	Seg 09-07-12	Qua 11-07-12	7
9	Tempo de espera até descofragem de laje e viga (1º Pavimento)	504 hrs	Qua 11-07-12	Qua 01-08-12	8
10	Armaduras (corte, dobragem e montagem) (pilares do 1º Piso)	5.6 hrs	Qui 12-07-12	Sex 13-07-12	8Ct+1 dia
11	Cofragem (Pilares do 1º Piso)	11.83 hrs	Sex 13-07-12	Seg 16-07-12	10
12	Betonagem (Pilares do 1º Piso)	0.6 hrs	Seg 16-07-12	Seg 16-07-12	11
13	Tempo de espera até descofragem (pilares do 1º Piso)	16 hrs	Seg 16-07-12	Ter 17-07-12	12
14	Cofragem mais escoramento para laje e viga (2º Pavimento)	59.7 hrs	Seg 16-07-12	Qui 26-07-12	12
15	Armadura (corte, dobragem e montagem) para laje e viga (2º Pavimento)	34.6 hrs	Qui 26-07-12	Qua 01-08-12	14
16	Betonagem de laje e viga (2º Pavimento)	21.45 hrs	Qua 01-08-12	Seg 06-08-12	15
17	Tempo de espera até descofragem de laje e viga (2º Pavimento)	504 hrs	Seg 06-08-12	Seg 27-08-12	16
18	Armaduras (corte, dobragem e montagem) (pilares do 2º Piso)	5.6 hrs	Ter 07-08-12	Qua 08-08-12	16Ct+1 dia
19	Cofragem (Pilares do 2º Piso)	11.83 hrs	Qua 08-08-12	Qui 09-08-12	18
20	Betonagem (Pilares do 2º Piso)	0.6 hrs	Qui 09-08-12	Qui 09-08-12	19
21	Tempo de espera até descofragem (Pilares do 2º Piso)	16 hrs	Qui 09-08-12	Sex 10-08-12	20
22	Cofragem mais escoramento para laje e viga (3º Pavimento)	59.7 hrs	Qui 09-08-12	Ter 21-08-12	20
23	Armadura (corte, dobragem e montagem) para laje e viga (3º Pavimento)	34.6 hrs	Ter 21-08-12	Seg 27-08-12	22
24	Betonagem de laje e viga (3º Pavimento)	21.45 hrs	Seg 27-08-12	Qui 30-08-12	23
25	Tempo de espera até descofragem de laje e viga (3º Pavimento)	504 hrs	Qui 30-08-12	Qui 20-09-12	24
26	Armaduras (corte, dobragem e montagem) (pilares do 3º Piso)	5.6 hrs	Sex 31-08-12	Sex 31-08-12	24Ct+1 dia
27	Cofragem (Pilares do 3º Piso)	11.83 hrs	Sex 31-08-12	Ter 04-09-12	26
28	Betonagem (Pilares do 3º Piso)	0.6 hrs	Ter 04-09-12	Ter 04-09-12	27
29	Tempo de espera até descofragem (Pilares do 3º Piso)	16 hrs	Ter 04-09-12	Qua 05-09-12	28
30	Cofragem mais escoramento para laje e viga (4º Pavimento)	59.7 hrs	Ter 04-09-12	Qui 13-09-12	28
31	Armadura (corte, dobragem e montagem) para laje e viga (4º Pavimento)	34.6 hrs	Qui 13-09-12	Qui 20-09-12	30
32	Betonagem de laje e viga (4º Pavimento)	21.45 hrs	Qui 20-09-12	Seg 24-09-12	31
33	Tempo de espera até descofragem de laje e viga (4º Pavimento)	504 hrs	Seg 24-09-12	Seg 15-10-12	32
34	Descofragem (Pilares Rés-do-chão)	1.69 hrs	Sex 22-06-12	Sex 22-06-12	5
35	Descofragem (Pilares do 1º Piso)	1.69 hrs	Ter 17-07-12	Ter 17-07-12	13
36	Descofragem (Pilares do 2º Piso)	1.69 hrs	Sex 10-08-12	Sex 10-08-12	21
37	Descofragem (Pilares do 3º Piso)	1.69 hrs	Qua 05-09-12	Qua 05-09-12	29
38	Descofragem de viga e laje (1º Pavimento)	7.31 hrs	Qua 01-08-12	Qui 02-08-12	9
39	Descofragem de viga e laje (2º Pavimento)	7.31 hrs	Seg 27-08-12	Ter 28-08-12	17
40	Descofragem de viga e laje (3º Pavimento)	7.31 hrs	Qui 20-09-12	Sex 21-09-12	25
41	Descofragem de viga e laje (4º Pavimento)	7.31 hrs	Seg 15-10-12	Ter 16-10-12	33
42	Assentamento de alvenarias (Piso do Rés-do-Chão)	10.83 hrs	Qui 02-08-12	Seg 06-08-12	38
43	Assentamento de alvenarias (1º Piso)	10.83 hrs	Ter 28-08-12	Qua 29-08-12	39
44	Assentamento de alvenarias (2º Piso)	10.83 hrs	Sex 21-09-12	Seg 24-09-12	40
45	Assentamento de alvenarias (3º Piso)	10.83 hrs	Ter 16-10-12	Qui 18-10-12	41

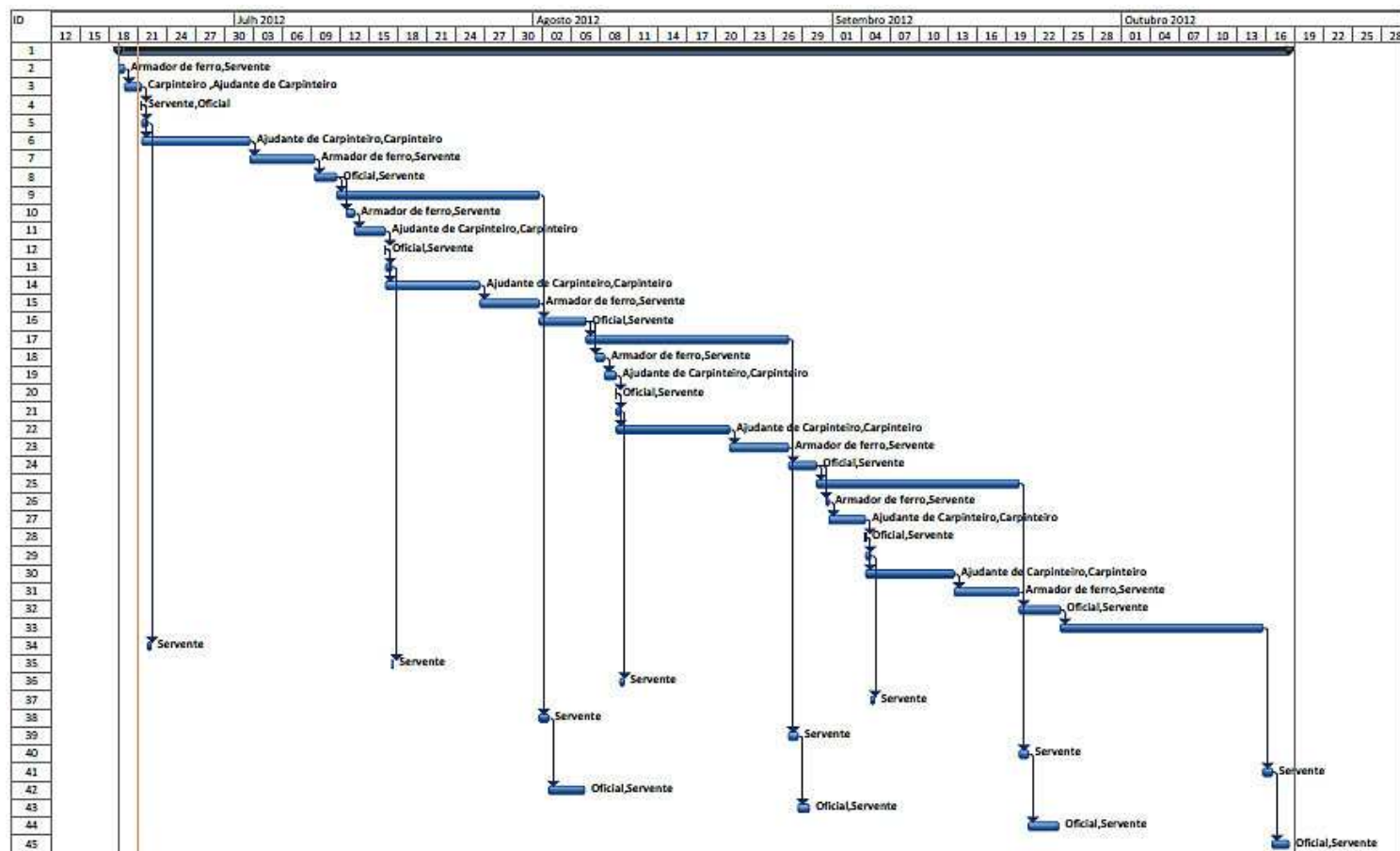


Figura 14 - Diagrama de Gantt da estrutura B.A.4

ESTRUTURA B.A.5

Tabela 147 - Mapa de tarefas da estrutura B.A.5

ID	Nome da Tarefa	Duração	Início	Conclusão	Predecessoras
1	Prazo de execução da estrutura B.A. 5-5-5	104.92 dias	Ter 19-06-12	Seg 12-11-12	
2	Armaduras (corte, dobragem e montagem) (Pilares do Rés-do-Chão)	5.6 hrs	Ter 19-06-12	Ter 19-06-12	
3	Cofragem (Pilares do Rés-do-chão)	11.83 hrs	Ter 19-06-12	Qui 21-06-12	2
4	Betonagem (Pilares do Rés-do-chão)	0.6 hrs	Qui 21-06-12	Qui 21-06-12	3
5	Tempo de espera até descofragem (Pilares do Rés-do-chão)	16 hrs	Qui 21-06-12	Sex 22-06-12	4
6	Cofragem mais escoramento para laje e viga (1º Pavimento)	59.7 hrs	Qui 21-06-12	Seg 02-07-12	4
7	Armaduras (corte, dobragem e montagem) para laje e viga (1º Pavimento)	34.6 hrs	Seg 02-07-12	Seg 09-07-12	6
8	Betonagem de laje e viga (1º Pavimento)	21.45 hrs	Seg 09-07-12	Qua 11-07-12	7
9	Tempo de espera até descofragem de laje e viga (1º Pavimento)	504 hrs	Qua 11-07-12	Qua 01-08-12	8
10	Armaduras (corte, dobragem e montagem) (pilares do 1º Piso)	5.6 hrs	Qui 12-07-12	Sex 13-07-12	8CI+1 dia
11	Cofragem (Pilares do 1º Piso)	11.83 hrs	Sex 13-07-12	Seg 16-07-12	10
12	Betonagem (Pilares do 1º Piso)	0.6 hrs	Seg 16-07-12	Seg 16-07-12	11
13	Tempo de espera até descofragem (pilares do 1º Piso)	16 hrs	Seg 16-07-12	Ter 17-07-12	12
14	Cofragem mais escoramento para laje e viga (2º Pavimento)	59.7 hrs	Seg 16-07-12	Qui 26-07-12	12
15	Armadura (corte, dobragem e montagem) para laje e viga (2º Pavimento)	34.6 hrs	Qui 26-07-12	Qua 01-08-12	14
16	Betonagem de laje e viga (2º Pavimento)	21.45 hrs	Qua 01-08-12	Seg 06-08-12	15
17	Tempo de espera até descofragem de laje e viga (2º Pavimento)	504 hrs	Seg 06-08-12	Seg 27-08-12	16
18	Armaduras (corte, dobragem e montagem) (pilares do 2º Piso)	5.6 hrs	Ter 07-08-12	Qua 08-08-12	16CI+1 dia
19	Cofragem (Pilares do 2º Piso)	11.83 hrs	Qua 08-08-12	Qui 09-08-12	18
20	Betonagem (Pilares do 2º Piso)	0.6 hrs	Qui 09-08-12	Qui 09-08-12	19
21	Tempo de espera até descofragem (Pilares do 2º Piso)	16 hrs	Qui 09-08-12	Sex 10-08-12	20
22	Cofragem mais escoramento para laje e viga (3º Pavimento)	59.7 hrs	Qui 09-08-12	Ter 21-08-12	20
23	Armadura (corte, dobragem e montagem) para laje e viga (3º Pavimento)	34.6 hrs	Ter 21-08-12	Seg 27-08-12	22
24	Betonagem de laje e viga (3º Pavimento)	21.45 hrs	Seg 27-08-12	Qui 30-08-12	23
25	Tempo de espera até descofragem de laje e viga (3º Pavimento)	504 hrs	Qui 30-08-12	Qui 20-09-12	24
26	Armaduras (corte, dobragem e montagem) (pilares do 3º Piso)	5.6 hrs	Sex 31-08-12	Sex 31-08-12	24CI+1 dia
27	Cofragem (Pilares do 3º Piso)	11.83 hrs	Sex 31-08-12	Ter 04-09-12	26
28	Betonagem (Pilares do 3º Piso)	0.6 hrs	Ter 04-09-12	Ter 04-09-12	27
29	Tempo de espera até descofragem (Pilares do 3º Piso)	16 hrs	Ter 04-09-12	Qua 05-09-12	28
30	Cofragem mais escoramento para laje e viga (4º Pavimento)	59.7 hrs	Ter 04-09-12	Qui 13-09-12	28
31	Armadura (corte, dobragem e montagem) para laje e viga (4º Pavimento)	34.6 hrs	Qui 13-09-12	Qui 20-09-12	30
32	Betonagem de laje e viga (4º Pavimento)	21.45 hrs	Qui 20-09-12	Seg 24-09-12	31
33	Tempo de espera até descofragem de laje e viga (4º Pavimento)	504 hrs	Seg 24-09-12	Seg 15-10-12	32
34	Armaduras (corte, dobragem e montagem) (pilares do 4º Piso)	5.6 hrs	Ter 25-09-12	Qua 26-09-12	32CI+1 dia
35	Cofragem (Pilares do 4º Piso)	11.83 hrs	Qua 26-09-12	Sex 28-09-12	34
36	Betonagem (Pilares do 4º Piso)	0.6 hrs	Sex 28-09-12	Sex 28-09-12	35
37	Tempo de espera até descofragem (Pilares do 4º Piso)	16 hrs	Sex 28-09-12	Sáb 29-09-12	36
38	Cofragem mais escoramento para laje e viga (5º Pavimento)	59.7 hrs	Sex 28-09-12	Ter 09-10-12	36
39	Armadura (corte, dobragem e montagem) para laje e viga (5º Pavimento)	34.6 hrs	Ter 09-10-12	Seg 15-10-12	38
40	Betonagem de laje e viga (5º Pavimento)	21.45 hrs	Seg 15-10-12	Qui 18-10-12	39
41	Tempo de espera até descofragem de laje e viga (5º Pavimento)	504 hrs	Qui 18-10-12	Qui 08-11-12	40
42	Descofragem (Pilares Rés-do-chão)	1.69 hrs	Sex 22-06-12	Sex 22-06-12	5
43	Descofragem (Pilares do 1º Piso)	1.69 hrs	Ter 17-07-12	Ter 17-07-12	13
44	Descofragem (Pilares do 2º Piso)	1.69 hrs	Sex 10-08-12	Sex 10-08-12	21
45	Descofragem (Pilares do 3º Piso)	1.69 hrs	Qua 05-09-12	Qua 05-09-12	29
46	Descofragem (Pilares do 4º Piso)	1.69 hrs	Seg 01-10-12	Seg 01-10-12	37
47	Descofragem de viga e laje (1º Pavimento)	7.31 hrs	Qua 01-08-12	Qui 02-08-12	9
48	Descofragem de viga e laje (2º Pavimento)	7.31 hrs	Seg 27-08-12	Ter 28-08-12	17
49	Descofragem de viga e laje (3º Pavimento)	7.31 hrs	Qui 20-09-12	Sex 21-09-12	25
50	Descofragem de viga e laje (4º Pavimento)	7.31 hrs	Seg 15-10-12	Ter 16-10-12	33
51	Descofragem de viga e laje (5º Pavimento)	7.31 hrs	Qui 08-11-12	Sex 09-11-12	41
52	Assentamento de alvenarias (Piso do Rés-do-Chão)	10.83 hrs	Qui 02-08-12	Seg 06-08-12	47
53	Assentamento de alvenarias (1º Piso)	10.83 hrs	Ter 28-08-12	Qua 29-08-12	48
54	Assentamento de alvenarias (2º Piso)	10.83 hrs	Sex 21-09-12	Seg 24-09-12	49
55	Assentamento de alvenarias (3º Piso)	10.83 hrs	Ter 16-10-12	Qui 18-10-12	50
56	Assentamento de alvenarias (4º Piso)	10.83 hrs	Sex 09-11-12	Seg 12-11-12	51

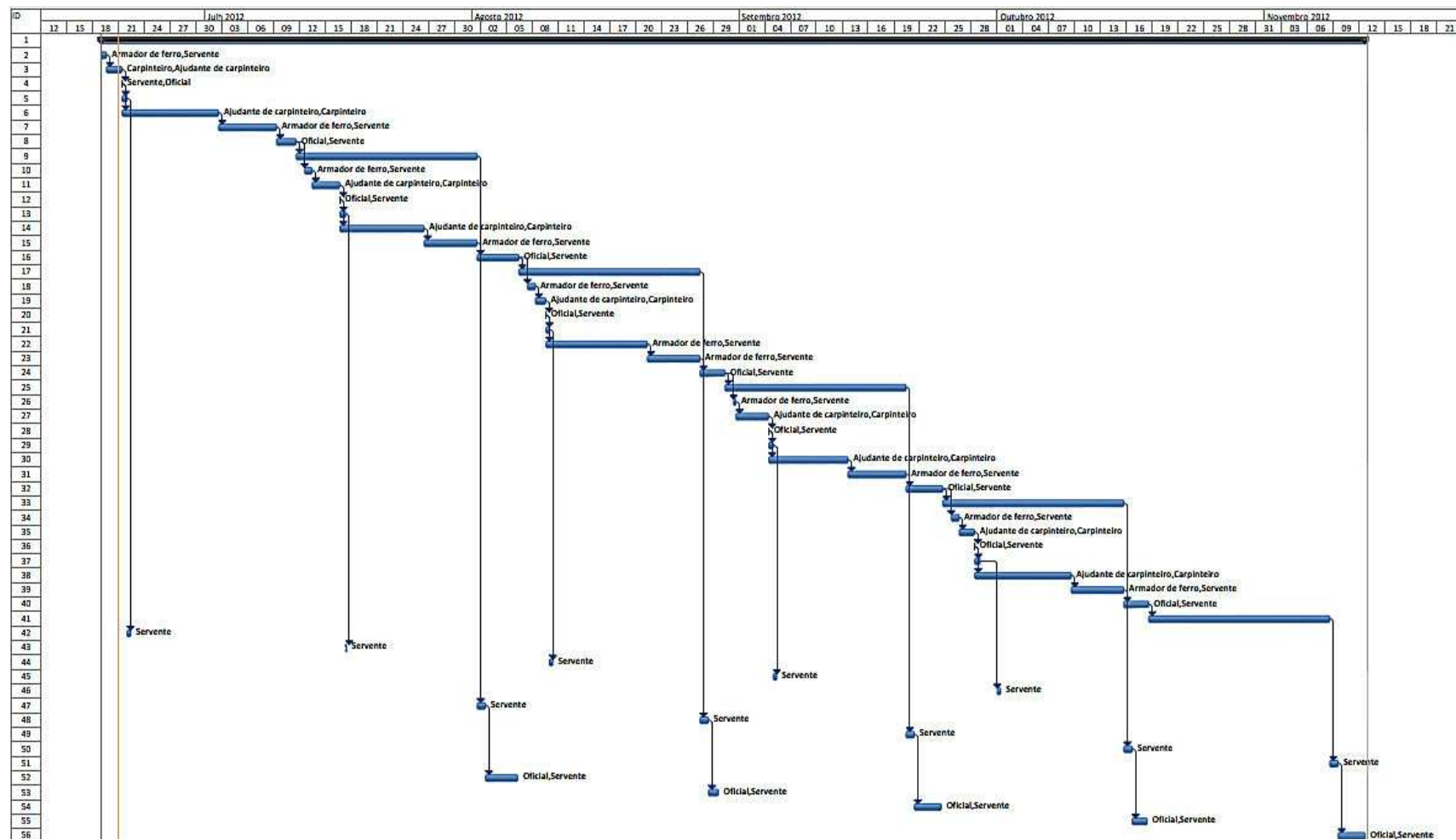


Figura 15 - Diagrama de Gantt da estrutura B.A.5

