



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil



Projecto de Execução de um Viaduto Ferroviário em Betão Armado e Pré-Esforçado

JOÃO VASCO GOMES MARTINS
(Licenciado em Engenharia Civil)

Trabalho de Projecto para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil

Orientadores:

Doutor Carlos Jorge Amorim Miragaia Trancoso Vaz
Doutor Luciano Alberto do Carmo Jacinto

Júri:

Presidente: Mestre Cristina Ferreira Xavier Brito Machado
Vogais:

Mestre António Carlos Teles Sousa Gorgulho
Doutor Luciano Alberto do Carmo Jacinto

Dezembro de 2013



PROJECTO DE EXECUÇÃO DE UM VIADUTO FERROVIÁRIO EM BETÃO ARMADO E PRÉ-ESFORÇADO

JOÃO VASCO GOMES MARTINS
(Licenciado em Engenharia Civil)

TRABALHO DE PROJECTO PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM
ENGENHARIA CIVIL NA ÁREA DE ESPECIALIZAÇÃO DE ESTRUTURAS

Orientadores:

Carlos Jorge Amorim Miragaia Trancoso Vaz
(Prof. Coordenador do ISEL, Doutor)

Luciano Alberto do Carmo Jacinto
(Prof. Adjunto do ISEL, Doutor)

Júri:

Presidente: *Cristina Ferreira Xavier Brito Machado*
(Prof. Coordenador do ISEL, Mestre)

Vogais: *António Carlos Teles Sousa Gorgulho*
(Prof. Adjunto do ISEL, Mestre)

Luciano Alberto do Carmo Jacinto
(Prof. Adjunto do ISEL, Doutor)

Aos meus pais, irmãs e Flávia

Imagem da capa: *The AVE on the Jalon Viaduct between Madrid and Barcelona, Spain.*
(Photo: Spanish Rail) – GreenGauge21

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, à minha família, em especial aos meus pais e irmãs, pelo apoio incondicional, pela compreensão nos momentos de maior indisponibilidade minha e por estarem sempre presentes em todos os momentos da minha vida.

À Flávia, por todo o seu apoio permanente, pelos incentivos conferidos e consequente motivação em todos os momentos. Agradeço-lhe com um carinho muito especial a sua presença, a partilha, a compreensão e toda a força, fundamentais no desenvolvimento deste projecto.

Aos meus amigos, pelo apoio, companheirismo e conhecimentos partilhados, que sempre foi demonstrado em todo o meu progresso de vida e académico.

O meu profundo agradecimento ao Engenheiro Carlos Trancoso Vaz, orientador de projecto, por toda a disponibilidade que apresentou para orientar este trabalho, pelos ensinamentos que me transmitiu ao longo do meu percurso académico, que foram essenciais para a resolução de determinados problemas tanto no desenvolvimento deste projecto como em termos académicos. Agradeço-lhe também pela partilha de experiências e ensinamentos adquiridos ao longo da sua carreira profissional, e por me transmitir uma atitude crítica em vários aspectos na área de engenharia civil. Desta forma, deixo-lhe algumas palavras, poucas, mas com um sentido e profundo sentimento de reconhecido agradecimento em sua memória.

Agradeço especialmente ao Engenheiro Luciano Jacinto por toda a sua disponibilidade, apoio, paciência, pelo esclarecimento de dúvidas que me foram surgindo ao longo do trabalho, pela partilha de conhecimentos e experiências na área de projectos de engenharia, tal como pela sua boa vontade em aceitar a continuação da minha orientação neste projecto.

A todos os docentes do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa (I.S.E.L.), que foram importantes na minha formação académica da qual não esquecerei o seu contributo.

A todas as pessoas que, ao longo do meu Mestrado em Engenharia Civil me apoiaram, directa ou indirectamente, a cumprir os meus objectivos e a realizar mais esta etapa da minha formação académica, mas também por terem sido importantes no meu desenvolvimento, enquanto engenheiro e pessoa.

RESUMO

O presente trabalho insere-se no âmbito do Trabalho Final de Mestrado (TFM) em Engenharia Civil do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. Consiste na realização de um Projecto de Execução de um Viaduto Ferroviário com quatro tramos em Betão Armado e Pré-Esforçado, tendo em consideração todos os condicionamentos, tais como a sua topografia, traçado e condições geotécnicas.

O trabalho divide-se em:

- Peças Escritas:
 - Memória Descritiva e Justificativa;
 - Cálculos Justificativos;
 - Anexos de Cálculo.
- Peças Desenhadas.

A regulamentação utilizada para o dimensionamento estrutural de todos os elementos estruturais inerentes ao projecto foram a regulamentação portuguesa e a regulamentação europeia em vigor, designadamente o Regulamento de Segurança e Acções (RSA), o Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado (REBAP), recorrendo também à NP EN1992-1-1 – Projecto de estruturas de Betão e à NP EN1997-1 – Projecto Geotécnico.

A análise estrutural foi realizada com o apoio do programa de cálculo automático SAP2000, e a verificação da segurança da estrutura foi realizada em relação aos Estados Limites Últimos e de Utilização recorrendo a software de cálculo.

Palavras-chave: Viaduto Ferroviário, Pré-Esforço, Análise Estrutural Tabuleiro, Pilares, Encontros

ABSTRACT

The present assignment concerns the Master's Final Project (TFM) in Civil Engineering from the Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.

This assignment regards the accomplishment of the Execution Project of a Railway Viaduct with four spans of Prestressed and Reinforced Concrete, considering all the constraints, such as topography, layout and geotechnical conditions.

The assignment is divided into:

- Written parts:
 - Descriptive Memoir;
 - Calculations;
 - Calculation Attachments.
- Drawn Parts.

The regulation used for the structural design of all structural elements associated with the project were the Portuguese legislation and European regulations in force, in particular Regulamento de Segurança e Acções (RSA), Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado (REBAP) and also using the NP EN1992-1-1 - Design of concrete structures and NP EN1997-1 – Geotechnical design.

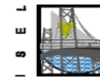
The structural analysis was carried out with the support of the computer software SAP2000, checking that the safety of the structure was carried out in relation to Ultimate limit states and Utilization using calculation software.

Keywords: Railway Viaduct, Pre-Stress, Structural Analysis Deck Bridge, Piers, Abutments.

ÍNDICE

MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	1
1. INTRODUÇÃO	1
2. CONDICIONAMENTOS DE PROJECTO	1
2.1 Condicionamentos Gerais	2
2.2 Localização e Principais Características da Obra de Arte	2
2.3 Condições Geológicas	3
2.4 Condições das Fundações	4
2.5 Zona Sísmica	4
3. CARACTERÍSTICAS GERAIS DA OBRA DE ARTE	4
3.1 Características da Solução Adoptada	4
3.1.1 Materiais	5
3.1.2 Tabuleiro	5
3.1.3 Pilares.....	8
3.1.4 Encontros.....	8
3.1.5 Fundações	8
4. CRITÉRIOS DE VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA.....	9
4.1 Acções.....	9
4.2 Verificação da Segurança.....	10
4.2.1 Verificação da Segurança em relação aos Estados Limite de Utilização	10
<i>Combinações Efectuadas – EL. Utilização.....</i>	<i>12</i>
a) Combinação Quase Permanente – Estado Limite de Descompressão.....	12
b) Combinação Frequente – Estado Limite de Largura de Fendas.....	12
c) Combinação Rara de Acções.....	13
4.2.2 Verificação da Segurança em relação aos Estados Limites Últimos.....	13
<i>Combinações Efectuadas – EL. Últimos.....</i>	<i>15</i>
a) Estado Limite Último de Resistência à Flexão	15
b) Estado Limite Último de Resistência ao Esforço Transverso	15
4.2.3 Coeficientes Parciais de Segurança (γ) e Coeficientes de Redução (ψ) utilizados.....	16
5. MODELO DE CÁLCULO UTILIZADO	17
6. PROCESSO CONSTRUTIVO ADOPTADO.....	18

CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	20
1. VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA DO VIADUTO	20
1.1 Considerações Gerais	20
1.2 Propriedades Geométricas das Secções do Tabuleiro	20
1.3 Acções de Projecto	23
1.3.1 Critérios de Cálculo e Acções	23
1.3.2 Acções Consideradas	23
<i>Acções Permanentes</i>	23
i. Peso Próprio da Estrutura.....	23
ii. Restante Carga Permanente.....	24
iii. Pré-Esforço.....	25
iv. Retracção.....	26
v. Fluência.....	26
vi. Impulsos do solo.....	27
<i>Acções Variáveis</i>	27
i. Comboio Tipo	27
ii. Acções Sísmicas	29
iii. Sobrecarga no Passeio.....	29
iv. Força Centrífuga.....	29
v. Força de Arranque e Força de Frenagem.....	31
vi. Variações Uniformes de Temperatura.....	31
vii. Variações Diferenciais de Temperatura.....	32
viii. Sobrecarga nos Terraplenos.....	32
ix. Acção do Vento.....	32
2. ANÁLISE LONGITUDINAL DO TABULEIRO	33
2.1 Esforços	33
a) Esforços devidos ao Peso Próprio (PP) – Curto Prazo.....	33
b) Esforços devidos à Restante Carga Permanente (RCP).....	34
c) Esforços devidos à Retracção.....	34
d) Esforços devidos ao Comboio Tipo (CTipo).....	35
e) Esforços devidos à Força Centrífuga (Fcent).....	36
f) Esforços devidos à Força de Frenagem (Fre).....	36
g) Esforços devidos às Variações Uniformes de Temperatura (VUT).....	37
h) Esforços devidos às Variações Diferenciais de Temperatura (VDT).....	38
2.2 Traçado do Pré-Esforço.....	39
2.3 Cálculo das Perdas Instantâneas de Pré-Esforço	40
2.4 Cálculo das Perdas Diferidas	47
2.5 Cargas Equivalentes e Diagramas de Esforços resultantes	50



3.	VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA DO TABULEIRO NA DIRECÇÃO LONGITUDINAL.....	52
3.1	Verificação da Segurança em relação aos Estados Limite de Utilização	52
3.1.1	Verificação da segurança ao Estado Limite de Fendilhação	52
3.1.2	Verificação da segurança ao Estado Limite de Descompressão	53
3.1.3	Verificação da segurança ao Estado Limite de Largura de Fendas	57
3.1.4	Verificação da segurança ao Estado Limite de Deformação.....	59
3.2	Verificação da Segurança em relação aos Estados Limites Últimos	60
3.2.1	Combinações Efectuadas	60
3.2.2	Verificação do Estado Limite Último de Resistência à Flexão.....	60
3.2.3	Verificação do Estado Limite Último de Resistência ao Esforço Transverso com Torção....	61
3.2.4	Verificação do Estado Limite Último de Resistência à Torção associada a Flexão e a Esforço Transverso.....	64
4.	VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA DO TABULEIRO NA DIRECÇÃO TRANSVERSAL.....	66
4.1	Verificação da Segurança em relação aos Estados Limites Últimos das Consolas Laterais do Tabuleiro	66
4.2	Verificação da Segurança em relação aos Estados Limites Últimos das Carlingas de Apoio	71
4.3	Verificação da Segurança em relação aos Estados Limites Últimos do Muro Guarda Balastro	74
5.	VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA DOS PILARES E SUAS FUNDAÇÕES	76
5.1	Considerações Gerais	76
5.2	Análise dos Esforços Actuantes nos Pilares	77
5.2.1	Combinações e Modelo de Cálculo utilizados.....	77
5.2.2	Acções Actuantes	77
5.2.3	Esforços Actuantes	78
5.3	Verificação da Segurança ao Estado Limite Último de Encurvadura	79
5.3.1	Verificação da Segurança dos Pilares à Flexão.....	79
5.4	Verificação da Segurança ao Estado Limite Último de Esforço Transverso	81
5.5	Verificação da Segurança das Fundações dos Pilares	83
5.5.1	Verificação da Segurança do Solo de Fundação	83
5.5.2	Verificação da segurança aos Estados Limites Últimos.....	85
	<i>Armaduras Superiores (Método das Consolas).....</i>	<i>86</i>
	<i>Armaduras Inferiores (Método das Bielas)</i>	<i>88</i>
6.	VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA DOS ENCONTROS.....	93
6.1	Considerações Gerais	93
6.2	Acções.....	94
6.2.1	Acções Actuantes	94
6.2.2	Coefficiente Sísmico.....	94

6.2.3	Coeficientes de Impulso	94
	<i>Coeficiente de Impulso em Repouso (T. Rankine)</i>	94
	<i>Coeficiente de Impulso Activo (T. Coulomb)</i>	94
	<i>Coeficiente de Impulso Sísmico (Método de Mononobe-Okabe)</i>	95
6.2.4	Impulso de Terras	95
6.2.5	Acções transmitidas pelo Tabuleiro	95
6.3	Verificação da Estabilidade Global	96
6.3.1	Estado Limite Último de Deslizamento	97
6.3.2	Estado Limite Último de Derrubamento	98
6.4	Verificação da Segurança do Solo de Fundação dos Encontros	99
6.5	Dimensionamento dos Elementos dos Encontros	100
6.5.1	Espelho	100
6.5.2	Viga de Estribo	101
6.5.3	Gigantes	103
	<i>Direcção Transversal</i>	104
	<i>Direcção Longitudinal</i>	106
6.5.4	Muro de Avenida	108
6.6	Sapatas de Fundação	110
6.6.1	Considerações Gerais	110
6.6.2	Geometria e Modelo de Cálculo	111
6.6.3	Esforços Actuantes	111
6.6.4	Verificação da Segurança das Fundações	112
7.	APARELHOS DE APOIO E JUNTAS DE DILATAÇÃO	114
7.1	Aparelhos de Apoio a instalar nos Encontros	114
7.1.1	Considerações Gerais	114
7.1.2	Esforços Actuantes	114
7.1.3	Dimensionamento dos Aparelhos de Apoio	115
7.2	Juntas de Dilatação	117
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	118
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	119
	ANEXOS DE CÁLCULO	120
	Anexo 1 – Esforços devidos ao Pré-Esforço	120
	Anexo 2 – Coeficientes de Fluência	123
	Anexo 3 – Cálculo da Variação Uniforme de Temperatura Equivalente aos Efeitos Diferidos (ΔT_{eq})	124
	Anexo 4 – Perdas Diferidas	126
	Anexo 5 A – E.L. Descompressão (Curto Prazo)	129
	Anexo 5 B – E.L. Descompressão (Fases Construtivas)	132

Anexo 5 C – E.L. Descompressão (Longo Prazo)	142
Anexo 6 A – E.L. Largura de Fendas (Curto Prazo)	153
Anexo 6 B – E.L. Largura de Fendas (Longo Prazo)	159
Anexo 7 A – E.L. Último de Flexão (Curto Prazo).....	170
Anexo 7 B – E.L. Último de Flexão (Longo Prazo).....	182
Anexo 8 – E.L. Último de Esforço Transverso	188
Anexo 9 – E.L. Último de Resistência à Torção.....	194
Anexo 10 A – Esforços Actuantes nos Pilares: Combinação Fundamental.....	200
Anexo 10 B – Esforços Actuantes nos Pilares: Combinação Sísmica	201
Anexo 11 – Espectros de Resposta (R.S.A): AS1 e AS2	202
Anexo 12 – Encontro E1: Esforços Actuantes	205
PEÇAS DESENHADAS	206

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 – PERFIL TRANSVERSAL TIPO DO VIADUTO FERROVIÁRIO	3
FIGURA 2 – SECÇÃO TRANSVERSAL 1 DO VIADUTO FERROVIÁRIO (SECÇÃO MACIÇA)	6
FIGURA 3 – SECÇÃO TRANSVERSAL 2 DO VIADUTO FERROVIÁRIO (SECÇÃO ALIGEIRADA)	6
FIGURA 4 – REPRESENTAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DAS SECÇÕES NO TABULEIRO.....	7
FIGURA 5 – MODELO DE CÁLCULO DE PÓRTICO TRIDIMENSIONAL.....	17
FIGURA 6 – SECÇÃO TRANSVERSAL DO TABULEIRO NA SECÇÃO DE APOIO (SECÇÃO MACIÇA)....	21
FIGURA 7 – SECÇÃO TRANSVERSAL DO TABULEIRO NA SECÇÃO DE MEIO VÃO (SECÇÃO ALIGEIRADA)	21
FIGURA 8 – SOBRECARGAS FERROVIÁRIAS – COMBOIO TIPO SEGUNDO O RSA.....	27
FIGURA 9 – DIAGRAMA DE MOMENTO FLECTOR DEVIDO AO PESO PRÓPRIO (PP) A CURTO PRAZO	33
FIGURA 10 – DIAGRAMA DE ESFORÇO TRANSVERSO DEVIDO AO PESO PRÓPRIO (PP) A CURTO PRAZO	33

FIGURA 11 - DIAGRAMA DE MOMENTO FLECTOR DEVIDO À RESTANTE CARGA PERMANENTE (PP).....	34
FIGURA 12 - DIAGRAMA DE ESFORÇO TRANSVERSO DEVIDO À RESTANTE CARGA PERMANENTE (RCP)	34
FIGURA 13 - DIAGRAMA DE MOMENTO FLECTOR DEVIDO À RETRACÇÃO DO TABULEIRO	34
FIGURA 14 - DIAGRAMA DE ESFORÇO TRANSVERSO DEVIDO À RETRACÇÃO DO TABULEIRO.....	35
FIGURA 15 - DIAGRAMA DE MOMENTO FLECTOR DEVIDO AO COMBOIO TIPO (CTIPO)	35
FIGURA 16 - DIAGRAMA DE ESFORÇO TRANSVERSO DEVIDO AO COMBOIO TIPO (CTIPO).....	35
FIGURA 17 - DIAGRAMA DE MOMENTO FLECTOR DEVIDO À FORÇA CENTRÍFUGA (FCENT)	36
FIGURA 18 - DIAGRAMA DE ESFORÇOS TRANSVERSOS DEVIDOS À FORÇA CENTRÍFUGA (FCENT)	36
FIGURA 19 - DIAGRAMA DE MOMENTO FLECTOR DEVIDO À FORÇA DE FRENAGEM (FRE).....	36
FIGURA 20 - DIAGRAMA DE ESFORÇO TRANSVERSO DEVIDO À FORÇA DE FRENAGEM (FRE)	37
FIGURA 21 - DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES DEVIDOS À VARIAÇÃO UNIFORME DE TEMPERATURA (VUT).....	37
FIGURA 22 - DIAGRAMA DE ESFORÇOS TRANSVERSOS DEVIDOS À VARIAÇÃO UNIFORME DE TEMPERATURA (VUT).....	37
FIGURA 23 - DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES DEVIDOS À VARIAÇÃO DIFERENCIAL DE TEMPERATURA (VDT).....	38
FIGURA 24 - DIAGRAMA DE ESFORÇOS TRANSVERSOS DEVIDOS À VARIAÇÃO DIFERENCIAL DE TEMPERATURA (VUT).....	38
FIGURA 25 - DESENVOLVIMENTO DO TRAÇADO DOS CABOS DE PRÉ-ESFORÇO	39
FIGURA 26 - DIAGRAMA DE TENSÕES DE PRÉ-ESFORÇO NA FASE CONSTRUTIVA 1	42
FIGURA 27 - DIAGRAMA DE TENSÕES DE PRÉ-ESFORÇO NA FASE CONSTRUTIVA 2	44
FIGURA 28 - DIAGRAMA DE TENSÕES DE PRÉ-ESFORÇO NA FASE CONSTRUTIVA 3	45
FIGURA 29 - DIAGRAMA DE TENSÕES DE PRÉ-ESFORÇO NA FASE CONSTRUTIVA 4	46
FIGURA 30 - CARGAS EQUIVALENTES	51
FIGURA 31 - DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES DEVIDOS AO PRÉ-ESFORÇO	51
FIGURA 32 - DIAGRAMA DE ESFORÇO TRANSVERSO DEVIDO AO PRÉ-ESFORÇO	52

FIGURA 33 – DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES REDISTRIBUÍDOS (P.P.)	53
FIGURA 34 – DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES REDISTRIBUÍDOS (P.E)	53
FIGURA 35 – DIAGRAMA DE TENSÕES NA FIBRA SUPERIOR A CURTO PRAZO	54
FIGURA 36 – DIAGRAMA DE TENSÕES NA FIBRA INFERIOR A CURTO PRAZO	54
FIGURA 37 – DIAGRAMA DE TENSÕES NAS FIBRAS FASE 1.....	54
FIGURA 38 – DIAGRAMA DE TENSÕES NAS FIBRAS FASE 2.....	55
FIGURA 39 – DIAGRAMA DE TENSÕES NAS FIBRAS FASE 3.....	55
FIGURA 40 – DIAGRAMA DE TENSÕES NAS FIBRAS FASE 4.....	55
FIGURA 41 – DIAGRAMA DE TENSÕES NA FIBRA SUPERIOR A LONGO PRAZO	56
FIGURA 42 – DIAGRAMA DE TENSÕES NA FIBRA INFERIOR A LONGO PRAZO	56
FIGURA 43 – DIAGRAMA DE TENSÕES NA FIBRA SUPERIOR A CURTO PRAZO	57
FIGURA 44 – DIAGRAMA DE TENSÕES NA FIBRA INFERIOR A CURTO PRAZO	58
FIGURA 45 – DIAGRAMA DE TENSÕES NA FIBRA SUPERIOR A LONGO PRAZO	58
FIGURA 46 – DIAGRAMA DE TENSÕES NA FIBRA INFERIOR A LONGO PRAZO	58
FIGURA 47 – DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES ACTUANTE E RESISTENTES A CURTO PRAZO	60
FIGURA 48 – DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES ACTUANTE E RESISTENTES A LONGO PRAZO	61
FIGURA 49 – DIAGRAMA DE ESFORÇO TRANSVERSO ACTUANTE MÁXIMO E MÍNIMO	61
FIGURA 50 – DIAGRAMA DE ESFORÇOS TRANSVERSOS ACTUANTE E RESISTENTES.....	63
FIGURA 51 – DIAGRAMA DE MOMENTO TORSOR ACTUANTE	64
FIGURA 52 – DIAGRAMA DE MOMENTO TORSOR ACTUANTE E RESISTENTE	65
FIGURA 53 – MODELO DE CÁLCULO PARA A VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA AOS ELULT. DAS CONSOLAS LATERAIS	67
FIGURA 54 – MODELO DE CÁLCULO PARA A ACÇÃO DO PESO PRÓPRIO NA CONSOLA.....	68
FIGURA 55 – MODELO DE CÁLCULO PARA A ACÇÃO DA RESTANTE CARGA PERMANENTE	68
FIGURA 56 – MODELO DE CÁLCULO PARA A ACÇÃO DA SOBRECARGA (HIPÓTESE 1).....	69
FIGURA 57 – MODELO DE CÁLCULO PARA A ACÇÃO DA SOBRECARGA (HIPÓTESE 2).....	69

FIGURA 58 – SECÇÃO TRANSVERSAL DO TABULEIRO SOBRE OS ENCONTROS	71
FIGURA 59 – SECÇÃO TRANSVERSAL DAS CARLINGAS DE APOIO	72
FIGURA 60 – MODELO DE CÁLCULO ADOPTADO PARA A ANÁLISE DAS CARLINGAS DE APOIO	72
FIGURA 61 – MODELO DE CÁLCULO ADOPTADO PARA OS MUROS GUARDA BALASTRO	74
FIGURA 62 – DIAGRAMA DE INTERACÇÃO MOMENTO FLECTOR-ESFORÇO AXIAL M-N (ACTUANTE E RESISTENTE)	80
FIGURA 63 – REPRESENTAÇÃO DA SECÇÃO RECTANGULAR EQUIVALENTE DOS PILARES.....	82
FIGURA 64 – REPRESENTAÇÃO DOS ESFORÇOS ACTUANTES NA BASE DA SAPATA	84
FIGURA 65 – REPRESENTAÇÃO DA GEOMETRIA DA SAPATA E MODELOS DE CÁLCULO DAS ARMADURAS SUPERIORES.....	85
FIGURA 66 – REPRESENTAÇÃO DA ÁREA ACTIVA DA FUNDAÇÃO (A').....	86
FIGURA 67 – REPRESENTAÇÃO DO ESQUEMA DE CÁLCULO PARA O DIMENSIONAMENTO NA DIRECÇÃO X.....	88
FIGURA 68 – REPRESENTAÇÃO DO ESQUEMA DE CÁLCULO PARA O DIMENSIONAMENTO NA DIRECÇÃO Y.....	90
FIGURA 69 – REPRESENTAÇÃO DAS CONDIÇÕES DO TERRENO, IMPULSOS DE TERRA E PRINCIPAIS DIMENSÕES DO ENCONTRO E1	96
FIGURA 70 – VIGA DE ESTRIBO	101
FIGURA 71 – IMPULSOS DE TERRA ACTUANTES NA VIGA DE ESTRIBO	101
FIGURA 72 – MODELO DE CÁLCULO DOS GIGANTES NA DIRECÇÃO TRANSVERSAL.....	104
FIGURA 73 – MODELO DE CÁLCULO DOS GIGANTES NA DIRECÇÃO LONGITUDINAL E ACÇÕES ACTUANTES	106
FIGURA 74 – GEOMETRIA E MODELO DE CÁLCULO DOS MUROS DE AVENIDA E ACÇÕES ACTUANTES.....	108
FIGURA 75 – GEOMETRIA E MODELO DE CÁLCULO DAS SAPATAS DE FUNDAÇÃO DOS ENCONTROS	111

ÍNDICE DE QUADROS

QUADRO 1 – COEFICIENTES PARCIAIS DE SEGURANÇA (γ)	16
QUADRO 2 – COEFICIENTES DE REDUÇÃO (ψ).....	17
QUADRO 3 – PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS SECÇÃO MACIÇA	22
QUADRO 4 – PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS SECÇÃO ALIGEIRADA	22
QUADRO 5 – PESO PRÓPRIO DO TABULEIRO	23
QUADRO 6 – PERDAS INSTANTÂNEAS FASE 1 (POR ATRITO)	41
QUADRO 7 – PERDAS INSTANTÂNEAS FASE 1 (POR REENTRADA DAS CUNHAS)	42
QUADRO 8 – PERDAS INSTANTÂNEAS FASE 2 (POR ATRITO)	43
QUADRO 9 – PERDAS INSTANTÂNEAS FASE 2 (POR REENTRADA DAS CUNHAS)	43
QUADRO 10 – PERDAS INSTANTÂNEAS FASE 3 (POR ATRITO)	44
QUADRO 11 – PERDAS INSTANTÂNEAS FASE 3 (POR REENTRADA DAS CUNHAS).....	45
QUADRO 12 – PERDAS INSTANTÂNEAS FASE 4 (POR ATRITO)	46
QUADRO 13 – PERDAS INSTANTÂNEAS FASE 4 (POR REENTRADA DAS CUNHAS).....	46
QUADRO 14 – TENSÕES E FORÇAS DE PRÉ-ESFORÇO MÉDIAS A CURTO PRAZO	47
QUADRO 15 – PERDAS DIFERIDAS	49
QUADRO 16 – TENSÕES E FORÇAS DE PRÉ-ESFORÇO MÉDIAS A LONGO PRAZO	49
QUADRO 17 – CARGAS EQUIVALENTES	50
QUADRO 18 – ESFORÇOS ACTUANTES DE CÁLCULO – COMBINAÇÃO SÍSMICA	78
QUADRO 19 – ESFORÇOS ACTUANTES DE CÁLCULO – COMBINAÇÃO FUNDAMENTAL	78
QUADRO 20 – PARÂMETROS PARA CÁLCULO DOS MOMENTOS DE 2º ORDEM	79
QUADRO 21 – CÁLCULO DOS MOMENTOS TOTAIS NOS PILARES	80
QUADRO 22 – ESFORÇOS TRANSVERSOS ACTUANTES MÁXIMOS E DE CÁLCULO	81
QUADRO 23 – ESFORÇOS DE ACTUANTES MÁXIMOS DE CÁLCULO NA BASE DO PILAR P2	83

QUADRO 24 - ESFORÇOS DE ACTUANTES MÁXIMOS NA BASE DA SAPATA	84
QUADRO 25 - ESFORÇOS ACTUANTES NA BASE DA SAPATA DO ENCONTRO E1 PARA AS COMBINAÇÕES EFECTUADAS	99
QUADRO 26 - ESFORÇOS ACTUANTES NA BASE DO GIGANTE DO ENCONTRO E1 (COMBINAÇÃO 1)	106
QUADRO 27 - ESFORÇOS ACTUANTES NA BASE DO GIGANTE DO ENCONTRO E1 (COMBINAÇÃO 2)	107
QUADRO 28 - ESFORÇOS ACTUANTES NOS APARELHOS DE APOIO	114
QUADRO 29 - CARACTERÍSTICAS DOS APARELHOS DE APOIO	117

LISTA DE SÍMBOLOS E SIGLAS

SÍMBOLOS:

LETRAS MAIÚSCULAS LATINAS

A	área da secção transversal
A_c	área da secção transversal de betão
A_p	área da secção de uma armadura ou de cabos de pré-esforço
A_s	área da secção de uma armadura para betão armado
$A_{s,min}$	área da secção mínima de armaduras
A_{sl}	área total da secção da armadura longitudinal de torção
A_{st}	área da secção das cintas da armadura transversal de torção
A_{sw}	área da secção das armaduras de esforço transverso
CG	centro de gravidade

CR	centro de rigidez
D	diâmetro de uma secção
E_{cm}	módulo de elasticidade secante do betão
E_d	valor de cálculo de um esforço actuante
E_p	valor de cálculo do módulo de elasticidade do aço de uma armadura de pré-esforço
E_s	valor de cálculo do módulo de elasticidade do aço de uma armadura para betão armado
EQU	equilíbrio estático
G_k	valor característico de uma acção permanente
I	momento de inércia da secção de betão
L	comprimento; vão
M	momento flector
M_{Ed}	valor de cálculo do momento flector actuante
M_{el}	momento elástico
M_{Rd}	valor de cálculo do momento flector resistente
N	esforço normal
N_{Ed}	valor de cálculo do esforço normal actuante (tracção ou compressão)
P	pré-esforço
P_0	valor de pré-esforço inicial
P_∞	valor de pré-esforço a longo prazo
Q	sobrecarga
Q_k	valor característico de uma acção variável

R_d	valor de cálculo de um esforço resistente
T	momento torsor
T_{Ed}	valor de cálculo do momento torsor actuante
T_{Rd}	valor de cálculo do momento torsor resistente
V	esforço transverso
V_{Ed}	valor de cálculo do esforço transverso actuante
V_{Rd}	valor de cálculo do esforço transverso resistente

LETRAS MINÚSCULAS LATINAS

b	largura total de uma secção transversal
b_w	largura da alma de uma secção
cg	centro de gravidade
d	diâmetro
d	altura útil de uma secção transversal
e	excentricidade
f	flecha
f_{cd}	valor de cálculo da tensão de rotura do betão à compressão
f_{ck}	valor característico da tensão de rotura do betão à compressão aos 28 dias de idade
f_{cm}	valor médio da tensão de rotura do betão à compressão
f_{ctm}	valor médio da tensão de rotura do betão à tracção simples
f_{pk}	valor característico da tensão de rotura à tracção do aço das armaduras de pré-esforço

f_{yd}	valor de cálculo da tensão de cedência à tracção do aço das armaduras para betão armado
f_{yk}	valor característico da tensão de cedência à tracção do aço das armaduras para betão armado
h	altura
h	altura total de uma secção transversal
h_{ef}	espessura da secção oca eficaz (torção)
i	raio de giração
k	coeficiente; factor
k	desvio angular unitário
l ou ℓ	comprimento; vão
q	sobrecarga
r	raio
$1/r$	curvatura numa determinada secção
t	tempo considerado
u	perímetro da secção transversal de betão cuja área é A_c
v_i	distância da fibra inferior de uma secção ao seu centro de gravidade
v_s	distância da fibra superior de uma secção ao seu centro de gravidade

LETRAS GREGAS

β	ângulo; relação; coeficiente
γ_G	coeficiente parcial relativo às acções permanentes, G
γ_P	coeficiente parcial relativo às acções associadas com pré-esforço, P

γ_Q	coeficiente parcial relativo às acções variáveis, Q
$\Delta\sigma_{pt,c}$	perdas de tensão devidas à fluência
$\Delta\sigma_{pt,r}$	perdas de tensão devidas à relaxação
$\Delta\sigma_{pt,s}$	perdas de tensão devidas à retracção
$\Delta\sigma_{pt,s+c+r}$	perdas de tensão devidas à retracção, à fluência e à relaxação (perdas diferidas)
δ	valor de deslocamento
δr	valor da reentrada das cunhas
ε_{cs}	deformação por de retracção e fluência do betão
λ	coeficiente de esbelteza
λ	alcance das perdas por reentrada das cunhas
μ	coeficiente de atrito entre os cabos e as bainhas
ξ	coeficiente de amortecimento
ρ_{1000}	valor da perda por relaxação (em %), 1000 h após a aplicação do pré-esforço e a uma temperatura média de 20 °C
σ_c	tensão de compressão no betão
σ_P	tensão na armadura de pré-esforço
ϕ	diâmetro de um varão ou de uma bainha de pré-esforço
φ	coeficiente de fluência
ψ	coeficiente de redução
τ_1, τ_2	tensões relacionadas com os valores de cálculo do esforço transversal e do momento torsor resistente
τ_T	tensão correspondente ao valor de cálculo do momento torsor actuante
τ_V	tensão correspondente ao valor de cálculo do esforço transversal actuante

SIGLAS:

CTipo	comboio tipo
D.M.F	diagrama de momento flector
D.E.T	diagrama de esforço transverso
EC	Eurocódigo
ELU	estado limite de utilização
ELUlt	estado limite último
Fcent	força centrífuga
Fre	força de frenagem
Máx.	máximo
Mín.	mínimo
P.E	pré-esforço
P.P ou PP	peso próprio
RCP	restante carga permanente
REBAP	regulamento de estruturas de betão armado e pré-esforçado
RSA	regulamento de segurança e acções para estruturas de edifícios e pontes
VDT	variação diferencial de temperatura
VUT	variação uniforme de temperatura

MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

1. INTRODUÇÃO

O presente documento diz respeito à memória descritiva e justificativa relativa a um Projecto de Execução de um Viaduto Ferroviário, que constitui a parte integrante do projecto de remodelação do troço Santo Tirso – Lordelo, da Linha Ferroviária de Guimarães.

Na definição e escolha de soluções estruturais foram considerados todos os condicionalismos presentes na obra de arte, através dos elementos fornecidos ao projecto tais como a topografia local, o traçado a respeitar pela obra de arte e os estudos geotécnicos, assim como as acções actuantes na estrutura e as propriedades dos materiais utilizados.

Nos capítulos seguintes, apresentam-se as soluções estruturais adoptadas para a concretização da obra, os materiais definidos, as acções e combinações consideradas no dimensionamento e verificação da segurança, descrevem-se os critérios de cálculo tidos em conta, os modelos de cálculo utilizados, o processo construtivo adoptado, e por fim apresentam-se os cálculos justificativos, os anexos de cálculo e as peças desenhadas.

2. CONDICIONAMENTOS DE PROJECTO

O presente capítulo tem como objectivo mencionar todas as condicionantes à modelação da estrutura do viaduto ferroviário. Essas condicionantes têm implicações principalmente na distribuição dos vãos do viaduto, na localização dos encontros e dos pilares.

2.1 Condicionamentos Gerais

Os condicionamentos intrínsecos ao projecto são a sua localização e implantação, as características do traçado da via ferroviária na qual a obra se inscreve, as características físicas das estruturas, o zonamento sísmico e as características topográficas e geotécnicas locais importantes.

Para além dos condicionamentos mencionados, é também de referir a necessidade de envolver no tabuleiro o perfil transversal da via-férrea, tal como todos os elementos inseridos no mesmo: balastro, travessas, carris, sistema de impermeabilização do tabuleiro, muros guarda balastro, passeios e as guardas de segurança.

2.2 Localização e Principais Características da Obra de Arte

O Viaduto Ferroviário em projecto localiza-se à entrada da estação de Caniços e os seus pontos de início e fim, considerados como sendo a intersecção do eixo da via com o eixo dos aparelhos de apoio nos encontros, situam-se aos kms 37+896.8 e 37+986.8 da via-férrea e têm as respectivas coordenadas $M=-25810.222$, $P=188274.302$ e $M=-25722.856$, $P=188294.001$.

A directriz da obra inscreve-se, em planta, numa curva de raio 300 m até ao km 37+958.2, e depois numa clotóide de parâmetro 85.001 até ao km 38+043.2.

Em perfil longitudinal, a obra inscreve-se num trainel com 1.426% de inclinação até ao km 37+868.4, depois numa concordância vertical de raio 7500 m até ao km 37+949.1 a por fim num trainel de inclinação 0.345 % até ao seu final.

Longitudinalmente, o tabuleiro acompanha a inclinação da via, mantendo-se constante a distância mínima da face superior do tabuleiro ao carril da fila baixa igual a 0.70 m.

Transversalmente, o tabuleiro apresenta uma plataforma com uma largura constante igual a 8.20 m, contendo a zona destinada à circulação ferroviária (2.20 m para cada lado do eixo da via), para além de comportar em cada um dos lados da via, um passeio com 1.50 m de largura, um muro guarda balastro com 0.15 m de espessura e uma viga de bordadura com 0.25 m de espessura que suporta o guarda-corpos, tal como representado na figura seguinte:

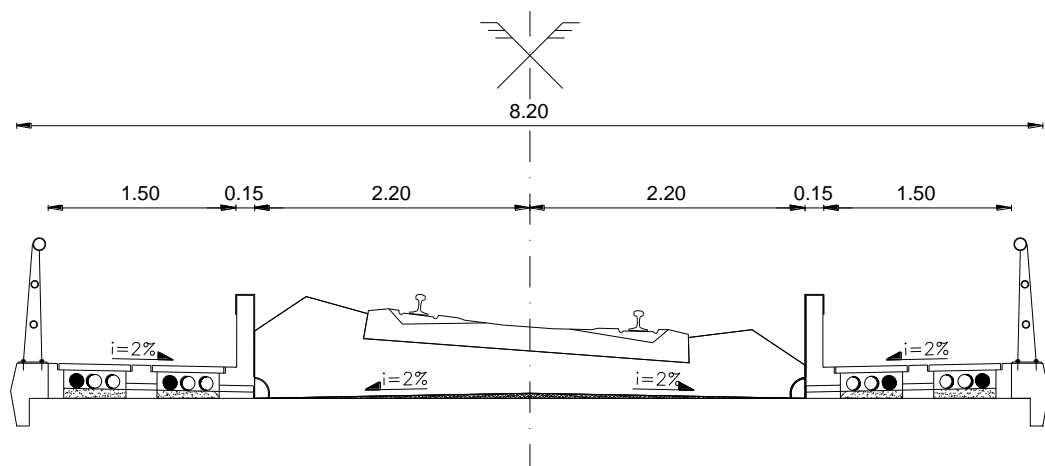


FIGURA 1 – PERFIL TRANSVERSAL TIPO DO VIADUTO FERROVIÁRIO

2.3 Condições Geológicas

Os estudos geotécnicos realizados nas proximidades da zona de implantação do Viaduto Ferroviário, foram efectuados através do reconhecimento geológico de superfície, enquanto que a caracterização geotécnica do local foi assente nos resultados de duas sondagens realizadas um pouco a jusante do viaduto (S20 e S21).

Através da sondagem S20 concluiu-se que o terreno intersectado por esta obra de arte é essencialmente constituído por saibros graníticos muito compactos a 3.0 m de profundidade, dando nega na 1ª fase aos 4.5 m de profundidade correspondendo à transição para rocha. Enquanto que, na sondagem S21 estas condições aparecem 1.5 m mais abaixo.

2.4 Condições das Fundações

Através da análise das condições geotécnicas do terreno intersectado pelo viaduto ferroviário são de prever fundações directas por intermédio de sapatas de betão armado, a profundidades variáveis entre 3.0 e 4.5 m.

Segundo o relatório geotécnico, admite-se tensões de segurança na ordem de 500 kPa no caso de o contacto das fundações ser realizado sobre saibros graníticos muito compactos, e valores substancialmente superiores se a fundação for em rocha.

2.5 Zona Sísmica

Atendendo à localização geográfica do projecto, e segundo o Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes (R.S.A), considerou-se a sua zona sísmica como zona D (Guimarães). Deste modo, o estudo da acção sísmica foi realizada de acordo com os elementos fornecidos pelo R.S.A para a construção dos respectivos espectros de resposta para os dois tipos de acção sísmica – Acção Sísmica Tipo 1 e 2.

Os espectros de resposta para a acção sísmica tipo 1 e 2, respectivamente, encontram-se definidos no ANEXO 11.

3. CARACTERÍSTICAS GERAIS DA OBRA DE ARTE

3.1 Características da Solução Adoptada

O viaduto ferroviário concebido é constituído por quatro tramos, apresentando um comprimento de 20.0 m nos tramos extremos e 25.0 m nos tramos correntes, totalizando um comprimento total de 90.0 m entre os eixos de apoio nos encontros.

Na definição da solução adoptada, procurou-se simplificar a solução estrutural definida nas melhores condições possíveis, por forma a respeitar os condicionamentos impostos e garantir um melhor benefício em termos construtivos e económicos.

Longitudinalmente, o tabuleiro é contínuo e monolítico com os pilares, apresentando aparelhos de apoio apenas nos encontros, guiados na direcção longitudinal. Transversalmente ambos os aparelhos de apoio são fixos.

3.1.1 Materiais

Os materiais adoptados no projecto de execução de toda a estrutura são:

a) Betões:

- Tabuleiro e Pilares..... C35/45 (B40);
- Encontros..... C30/37 (B35);
- Sapatas..... C25/30 (B30);
- Regularização das Fundações..... C12/15 (B15).

b) Aços:

- Aço Passivo A500 NR;
- Aço de Pré-Esforço da classe Y1860S7.

3.1.2 Tabuleiro

O tabuleiro do viaduto em estudo é constituído por uma viga contínua em toda a sua extensão, com juntas de dilatação nos encontros e ligações monolíticas com os pilares. Nos encontros apresentam-se carlingas de apoio, localizadas entre os muros de avenida e sobre as vigas de estribo, tal como definido nas peças desenhadas.

O tabuleiro é constituído por uma única nervura, com altura constante de 1.50 m e uma largura variável entre 2.50 m na base e 2.90 m no topo.

Foram definidas duas secções transversais para o tabuleiro, uma secção maciça e uma secção aligeirada com um vazamento circular no seu interior.

As secções transversais do tabuleiro, que representam a secção maciça e secção aligeirada respectivamente, apresentam-se nas seguintes figuras:

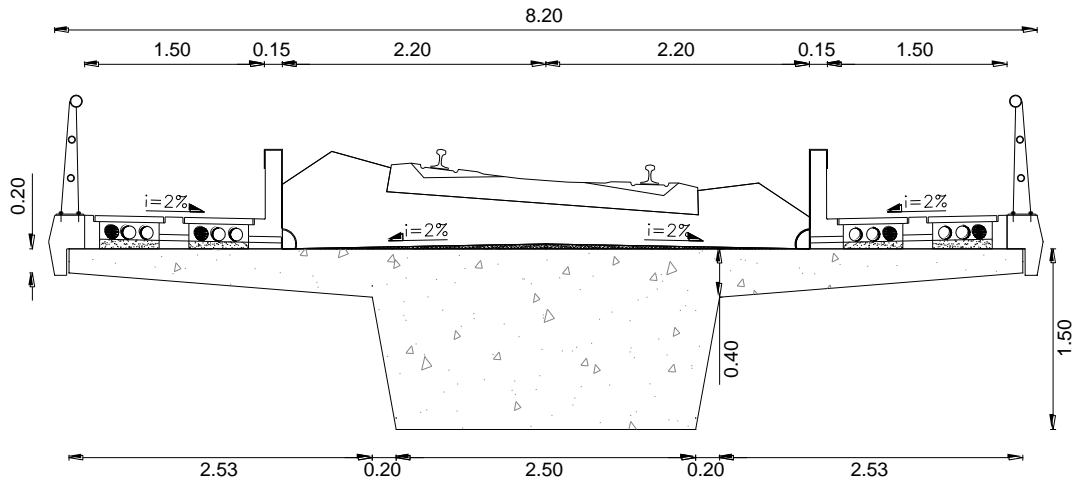


FIGURA 2 – SECÇÃO TRANSVERSAL 1 DO VIADUTO FERROVIÁRIO (SECÇÃO MACIÇA)

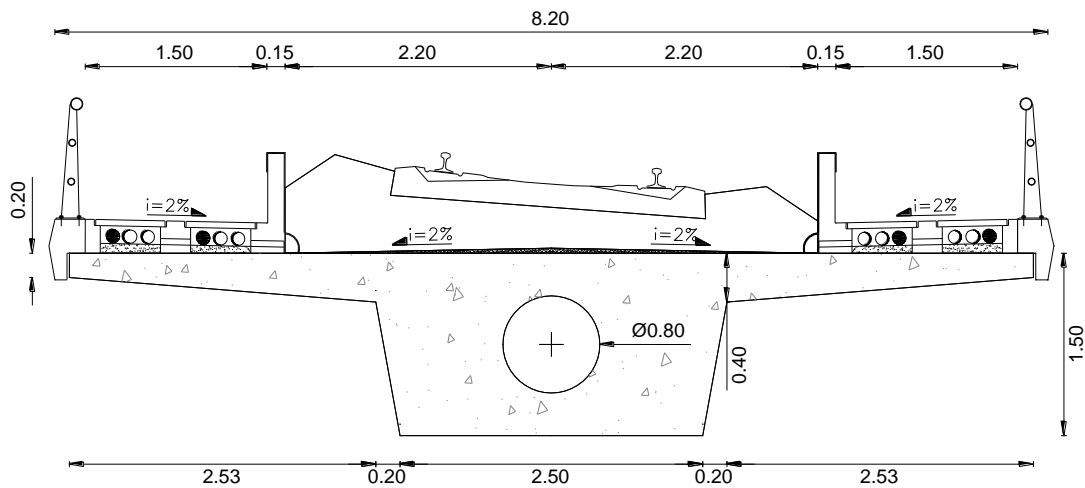


FIGURA 3 – SECÇÃO TRANSVERSAL 2 DO VIADUTO FERROVIÁRIO (SECÇÃO ALIGEIRADA)

A secção transversal 1 – Secção Maciça, trata-se da secção que se localiza nas zonas de apoio de todos os tramos a uma distância de $1/10$ de vão para cada lado do pilar.

A secção transversal 2 – Secção Aligeirada, trata-se da secção adoptada nas zonas centrais dos tramos.

O aligeiramento tem evidentes vantagens para o próprio tabuleiro, uma vez que este torna-se mais leve, necessitando de menores quantidades de betão e de menos pré-esforço, contribuindo para os pilares um efeito do sismo menos gravoso e para as fundações uma menor carga.

A distribuição das secções transversais (Maciça e Aligeirada) representa-se de acordo com a figura seguinte:

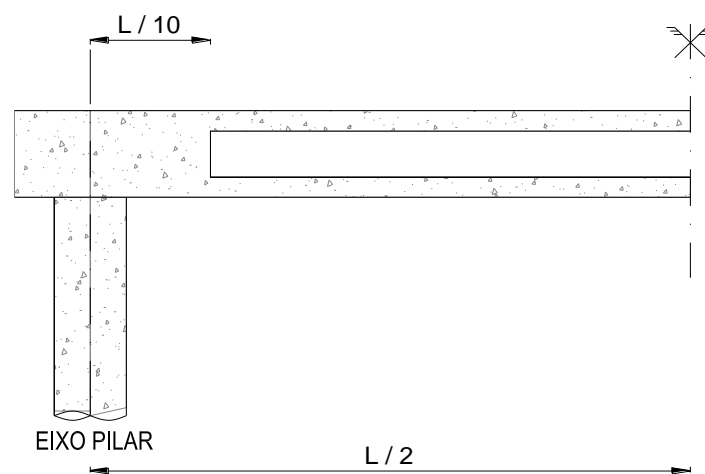


FIGURA 4 – REPRESENTAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DAS SECÇÕES NO TABULEIRO

No aligeiramento da estrutura os vazamentos deverão ser executados com moldes perdidos, que podem ser tubos metálicos ou cilindros maciços de poliestireno expandido. Esta operação apresenta frequentes más execuções, uma vez que estes aligeiramentos são facilmente deformáveis e transtornam o posicionamento das armaduras. Pelo que é necessário conferir uma correcta fixação destes elementos para evitar a sua tendência de flutuação devida ao betão fluído.

Deste modo, as fixações deverão ser pouco espaçadas e fixas ao próprio molde, não à armadura inferior.

A sobrelevação de 2% dos passeios do tabuleiro é conseguida por meio de duas placas pré-fabricadas tipo 2-cp que apoiam em pequenas mesas previstas nos paramentos interiores da viga de bordadura, lancil intermédio e lancil exterior. Deste modo, consegue-se o vazamento completo do espaço compreendido entre as placas e a face superior do tabuleiro, estando

previsto a colocação neste espaço de seis tubos de polietileno (três em cada caleira) com 110 mm de diâmetro, os quais se destinam à eventual passagem de cabos eléctricos, conforme a figura 1.

Estes pormenores e outros de carácter importante, encontram-se descritos nas peças desenhadas relativas aos pormenores do projecto de execução.

3.1.3 Pilares

Os pilares adoptados são em betão armado, com uma secção transversal do tipo circular de diâmetro igual a 1.20 m e com uma altura de 11.0 m.

3.1.4 Encontros

Os encontros servem de apoio ao tabuleiro e simultaneamente servem de estruturas de suporte de terras. Estes são do tipo perdido, em betão armado, constituídos por dois montantes ligados superiormente a uma viga de estribo e encastrados a uma sapata de fundação directa.

Os encontros apresentam também muros de avenida laterais, ligados à viga de estribo, e acrotérios que serão suportados por esses muros de avenida.

A geometria e dimensões dos elementos estruturais que constituem os encontros encontram-se definidos nas peças desenhadas relativas ao dimensionamento dos encontros.

3.1.5 Fundações

As fundações dos encontros e dos pilares são directas por sapatas, com dimensões em planta para os encontros de $6.0 \times 8.0 \text{ m}^2$ e para os pilares de $6.0 \times 7.0 \text{ m}^2$, ambas com uma altura de 1.50 m.

4. CRITÉRIOS DE VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA

4.1 Acções

As acções consideradas na verificação da segurança estrutural foram as seguintes:

a) Acções Permanentes:

- Peso próprio da Estrutura;
- Restante Carga Permanente;
- Pré-Esforço;
- Retracção;
- Fluência;
- Impulsos do Solo.

b) Acções Variáveis:

- Comboio Tipo;
- Acções Sísmicas;
- Sobrecarga no Passeio;
- Força Centrífuga;
- Força de Lacete;
- Força de Arranque;
- Força de Frenagem;
- Variações Uniformes de Temperatura;
- Variações Diferenciais de Temperatura;
- Sobrecarga nos Terraplenos;
- Acção do Vento.

4.2 Verificação da Segurança

Na verificação da segurança, foram tidas em consideração as normas definidas no Regulamento de Segurança e Acções em Estruturas de Edifícios e Pontes (RSA) para a consideração de todas as acções, combinações e critérios a ter em conta na segurança de toda a estrutura da obra de arte em estudo.

Na análise do cálculo estrutural e dimensionamento do projecto foram aplicados os critérios impostos no Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado (REBAP), para além do recurso aos Eurocódigos — EC2:Parte 1 e EC7:Parte 1.

Na análise do tabuleiro foram considerados os condicionamentos mais desfavoráveis para os Estados Limites de Utilização (ELU) e para os Estados Limites Últimos (ELUlt). Para tal, foram considerados todos os esforços condicionantes, resultantes tanto das acções permanentes como das acções variáveis, sendo que para as últimas apenas se considerou quando desfavoráveis. Posteriormente, foram determinadas as suas capacidades resistentes tendo em conta a regulamentação aplicada.

Para os pilares, a sua segurança foi verificada em relação aos ELUlt de Flexão Composta com efeitos de 2ª ordem e de Esforço Transverso, enquanto que para os encontros a segurança dos elementos de betão armado foi verificada em relação aos ELUlt de Resistência, e a sua segurança global aos ELUlt de Equilíbrio.

4.2.1 Verificação da Segurança em relação aos Estados Limite de Utilização

Os estados limites de utilização considerados no regulamento (REBAP) para o tabuleiro são o *Estado Limite de Fendilhação* e o *Estado Limite de Deformação*.

O Estado Limite de Fendilhação subdivide-se nos Estados Limites de Descompressão e de Largura de Fendas, e são definidos em função do tipo de combinação de acções a aplicar, para além da agressividade do meio ambiente em que se encontra a estrutura e a sensibilidade das armaduras à corrosão.

Segundo o regulamento, “ *Salienta-se a importância dos estados limites de fendilhação no dimensionamento das estruturas de betão pré-esforçado, uma vez que, impondo-se sempre para tais estruturas uma verificação de segurança em relação ao estado limite de descompressão, tal condiciona directamente o valor do pré-esforço a aplicar.*” [2]. Deste modo, é de grande importância a consideração deste estado limite no projecto desta obra de arte em betão armado e pré-esforçado.

No projecto em estudo, com vista à durabilidade de toda a estrutura e ao meio ambiente em que esta se encontra exposta, considerado como ambiente moderadamente agressivo, segundo o definido no Art.º 67 do REBAP, e tendo em consideração a elevada sensibilidade das armaduras de pré-esforço à corrosão, este regulamento define no Art.º 68 que a verificação do Estado Limite de Fendilhação é realizada da seguinte forma:

- I. Para a verificação do Estado Limite de Descompressão é aplicada a *Combinação Quase Permanente de Acções*;
- II. Para a verificação do Estado Limite de Largura de Fendas é aplicada a *Combinação Frequente de Acções*;

O Estado Limite de Deformação é verificado através de critérios gerais de cálculo das deformações, e estabelecidos valores para as flechas máximas admissíveis para uma *Combinação Frequente de Acções*, segundo o Art.º 72.2 estipulado no regulamento (REBAP).

Na análise das fundações, equilíbrio dos encontros, dimensionamento dos aparelhos de apoio e juntas de dilatação foi aplicada uma *Combinação Rara de Acções*.

COMBINAÇÕES EFECTUADAS – EL. UTILIZAÇÃO

As combinações de acções foram efectuadas com base no Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes (RSA), para as verificações de segurança anteriormente referidas são:

a) Combinação Quase Permanente – Estado Limite de Descompressão:

$$S_{QP} = \sum_{j=1}^m G_{jk} + \sum_{i=1}^n \psi_{2i} \cdot Q_{ik}$$

Em que:

G_{jk} – Esforço resultante de uma acção permanente, tomada com o seu valor característico;

Q_{ik} – Esforço resultante de uma acção variável, tomada com o seu valor característico;

ψ_{2i} – Coeficiente de redução (ψ_2) correspondentes à acção variável de ordem i .

b) Combinação Freqüente – Estado Limite de Largura de Fendas:

$$S_{Freq} = \sum_{j=1}^m G_{jk} + \psi_{11} \cdot Q_{1k} + \sum_{i=2}^n \psi_{2i} \cdot Q_{ik}$$

Em que:

G_{jk} – Esforço resultante de uma acção permanente, tomada com o seu valor característico;

Q_{1k} – Esforço resultante de uma acção variável considerada como acção de base da combinação, tomada com o seu valor característico;

Q_{ik} – Esforço resultante de uma acção variável acompanhante da acção de base, tomada com o seu valor característico;

ψ_{11} – Coeficiente de redução (ψ_1) de 1ª ordem;

ψ_{2i} – Coeficiente de redução (ψ_2) de 2ª ordem, correspondente à acção variável de ordem i .

c) Combinação Rara de Acções:

$$\sum_{j=1}^m G_{jk} + Q_{1k} + \sum_{i=2}^n \psi_{1i} Q_{ik}$$

Em que:

G_{jk} – Esforço resultante de uma acção permanente, tomada com o seu valor característico;

Q_{1k} – Esforço resultante de uma acção variável considerada como acção de base da combinação, tomada com o seu valor característico;

Q_{ik} – Esforço resultante de uma acção variável acompanhante da acção de base, tomada com o seu valor característico;

ψ_{1i} – Coeficiente de redução (ψ_{1i}) de 1ª ordem, correspondente à acção variável de ordem i .

4.2.2 Verificação da Segurança em relação aos Estados Limites Últimos

O regulamento (REBAP) estabelece a segurança em relação aos Estados Limites Últimos em termos de esforços, e a sua verificação deve satisfazer a seguinte condição:

$$E_d \leq R_d$$

Em que:

E_d – Valor de cálculo dos esforços actuantes;

R_d – Valor de cálculo dos esforços resistentes.

No projecto em estudo, a segurança dos elementos estruturais realizou-se para os Estados Limites Últimos de Resistência, sendo as secções mais condicionantes do projecto sujeitas às seguintes verificações:

i. Na análise à Flexão:

$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

Em que:

M_{Ed} – Valor de cálculo dos momentos flectores actuantes;

M_{Rd} – Valor de cálculo dos momentos flectores resistentes.

ii. Na análise ao Esforço Transverso

$$V_{Ed} \leq V_{Rd}$$

Em que:

V_{Ed} – Valor de cálculo dos esforços transversos actuantes;

V_{Rd} – Valor de cálculo dos esforços transversos resistentes.

COMBINAÇÕES EFECTUADAS – EL. ÚLTIMOS

Para a verificação aos Estados Limites Últimos foram efectuadas combinações de acções com base no Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes (RSA).

Nas verificações de segurança aos Estados Limites Últimos de Flexão e de Esforço Transverso, a combinação utilizada foi segundo uma Combinação Fundamental de Acções:

- | | | |
|--|---|---|
| <p>a) Estado Limite Último de Resistência à Flexão</p> <p>b) Estado Limite Último de Resistência ao Esforço Transverso</p> | } | <p>Combinação
Fundamental de
Acções</p> |
|--|---|---|

$$S_{Fund} = \sum_{j=1}^m \gamma_{Gj} \cdot G_{jk} + \gamma_{Q1} \cdot Q_{1k} + \sum_{i=2}^n \gamma_{Qi} \cdot \psi_{0i} \cdot Q_{ik}$$

Em que:

G_{jk} – Esforço resultante de uma acção permanente, tomada com o seu valor característico;

Q_{1k} – Esforço resultante de uma acção variável considerada como acção de base da combinação, tomada com o seu valor característico;

Q_{ik} – Esforço resultante de uma acção variável acompanhante da acção de base, tomada com o seu valor característico;

γ_{Gj} – Coeficiente de segurança relativo às acções permanentes;

γ_{Q1}, γ_{Qi} – Coeficientes de segurança relativos às acções variáveis;

ψ_{0i} – Coeficiente de redução (ψ_0) correspondentes à acção variável de ordem i .

Na análise estrutural, verificação da segurança e dimensionamento dos pilares foram estudadas duas combinações e considerada a mais condicionante. As combinações estudadas foram a combinação Fundamental e a Combinação Sísmica (para os dois tipos de acção sísmica – Acção Sísmica Tipo 1 e 2).

A Combinação Sísmica estudada apresenta-se na seguinte equação:

$$S_E = \sum_{j=1}^m G_{jk} + \gamma_Q \cdot S_{Ek} + \sum_{i=2}^n \psi_{2i} \cdot Q_{ik}$$

Em que:

- G_{jk} – Esforço resultante de uma acção permanente, tomada com o seu valor característico;
- S_{Ek} – Esforço resultante de uma acção sísmica, considerada como acção de base da combinação, tomada com o seu valor característico;
- Q_{ik} – Esforço resultante de uma acção variável acompanhante da acção de base, tomada com o seu valor característico;
- γ_Q – Coeficientes de segurança relativos às acções variáveis;
- ψ_{2i} – Coeficiente de redução (ψ_2) de 2ª ordem, correspondentes à acção variável de ordem i .

4.2.3 Coeficientes Parciais de Segurança (γ) e Coeficientes de Redução (ψ) utilizados

Os coeficientes parciais de segurança (γ) e os coeficientes de redução (ψ) utilizados nas combinações de acções acima descritas, apresentam-se nos seguintes quadros:

Quadro 1 – Coeficientes Parciais de Segurança (γ)

Tipo de Acções	γ	Efeito Desfavorável	Efeito Favorável
Acções Permanentes	γ_G	1.35 (PP)	1.0
		1.5 (RCP)	
Pré-Esforço	γ_P	1.2	1.0
Acções Variáveis	γ_Q	1.5	0

Quadro 2 – Coeficientes de Redução (ψ)

Acção Variável	ψ_0	ψ_1	ψ_2
VUT	0.6	0.5	0.3
VDT	0.6	0.5	0.3
Sismo	0	0	0
SC Ferroviárias	0.8	0.6	0.4 0 (Acção Base: Sismo)

5. MODELO DE CÁLCULO UTILIZADO

Na modelação do projecto do viaduto ferroviário foi utilizado o modelo de cálculo de pórtico tridimensional representado na figura 5:

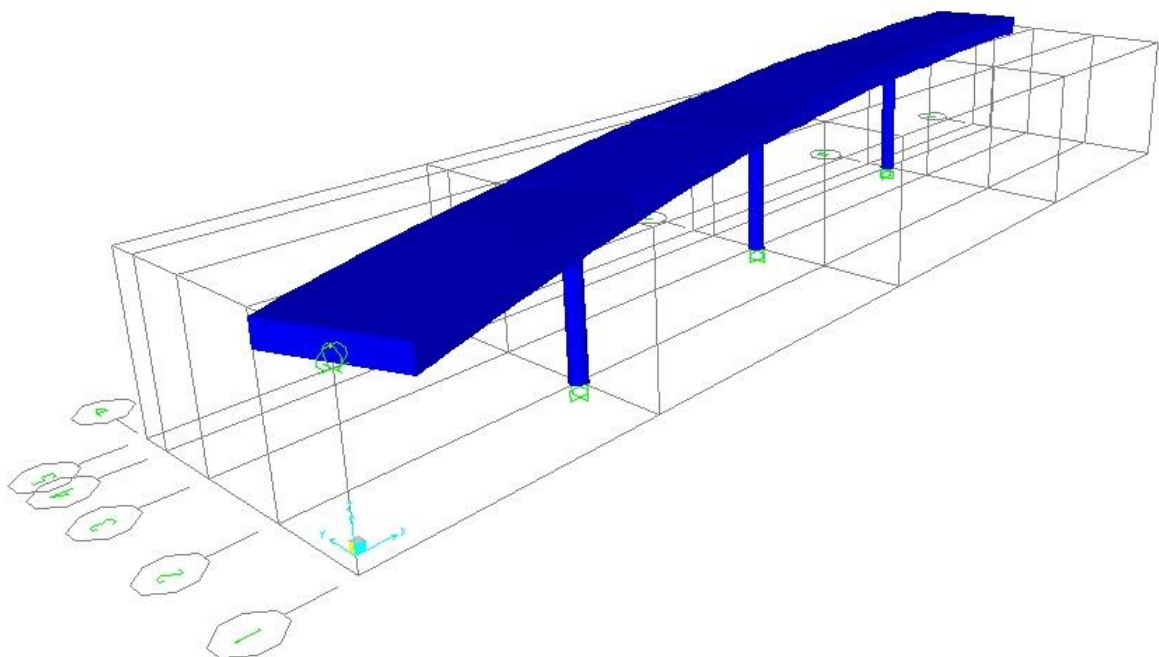


FIGURA 5 – MODELO DE CÁLCULO DE PÓRTICO TRIDIMENSIONAL

A determinação dos valores de cálculo dos esforços resistentes, que demarcam a capacidade resistente dos elementos de betão armado e pré-esforçado da obra de arte em estudo, foram determinados com recurso a programas de cálculo automático.

6. PROCESSO CONSTRUTIVO ADOPTADO

O processo construtivo adoptado será a execução de tabuleiros betonados “*in situ*”, construídos tramo a tramo, realizando a betonagem de cada tramo e do quinto de vão do tramo seguinte, excepto na última fase construtiva, tal como demonstra o desenho “Fases Construtivas – Tabuleiro”, nas peças desenhadas.

Uma vez que se apresentam pequenas alturas do tabuleiro ao solo e insignificantes variações de cotas do terreno, adoptou-se a construção dos tramos através da utilização de cimbra ao solo.

As fases construtivas do tabuleiro foram definidas em quatro fases, sendo que a continuidade de cada tramo é realizada por juntas de betonagem, localizadas a um quinto de vão a partir da zona de apoio. As zonas onde se localizam as juntas de betonagem são geralmente zonas onde os valores dos esforços de momento flector são pouco significativos.

O desenvolvimento das fases construtivas do tabuleiro foi definido da esquerda para a direita, estabelecendo-se assim apenas uma frente de trabalho.

Deste modo, o processo construtivo do projecto divide-se nas seguintes fases:

- FASE I:

- Implantação e definição da obra;
- Desmatação e decapagem do terreno ($\cong 30$ cm);
- Abertura dos caboucos para fundações;
- Aplicação de betão de regularização (C12/15);

- Corte, dobragem e aplicação de armaduras das fundações;
- Cofragem e betonagem das fundações.

- FASE II:

- Armação, cofragem e betonagem dos encontros;
- Armação, cofragem e betonagem dos pilares (por tramos);
- Montagem de aparelhos de apoio nos encontros.

- FASE III: Execução dos tramos do tabuleiro fase a fase:

- Montagem do cimbreiro ao solo;
- Cofragem do tramo do tabuleiro mais $1/5$ de vão do tramo seguinte (excepto na última fase – Fase 4);
- Corte, dobragem e aplicação das armaduras ordinárias e das bainhas de pré-esforço;
- Betonagem do tramo;
- Aplicação do pré-esforço;
- Desmontagem do cimbreiro ao solo e descofragem do tramo;
- Execução do tramo seguinte e repetição do ciclo de actividades.

- FASE IV:

- Execução de acabamentos;
- Montagem de todos os equipamentos, colocação do balastro e a instalação e fixação da linha férrea.

CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

1. VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA DO VIADUTO

1.1 Considerações Gerais

A verificação de segurança do viaduto ferroviário realizou-se, conforme foi referido no capítulo anterior da Memória Descritiva e Justificativa, de acordo com a regulamentação RSA e REBAP e com recurso às normas europeias EC2:Parte 1 e EC7:Parte 1.

Nos seguintes capítulos apresentam-se as propriedades geométricas das secções do tabuleiro, o valor das acções consideradas e dos coeficientes de combinação considerados, os cálculos efectuados e os resultados obtidos.

1.2 Propriedades Geométricas das Secções do Tabuleiro

O tabuleiro apresenta duas secções transversais distintas, a secção maciça e a secção aligeirada, estas secções são distribuídas no seu desenvolvimento, tal como descrito na memória descritiva e justificativa. Para a análise estrutural da obra de arte é necessário conhecer as suas propriedades geométricas das diferentes secções.

Na figura 6 representa-se a secção transversal do tabuleiro nas secções de apoio da obra de arte:

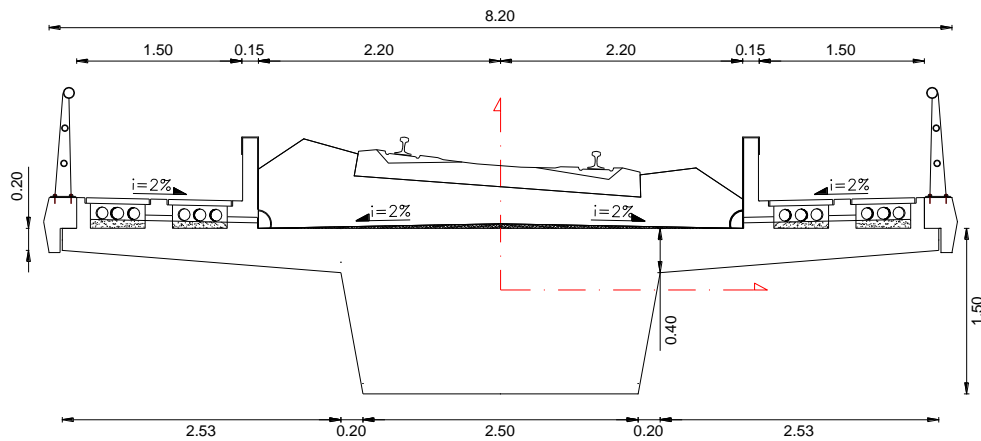


FIGURA 6 – SECÇÃO TRANSVERSAL DO TABULEIRO NA SECÇÃO DE APOIO (SECÇÃO MACIÇA)

Na figura 7 representa-se a secção transversal do tabuleiro nas secções de meio vão da obra de arte:

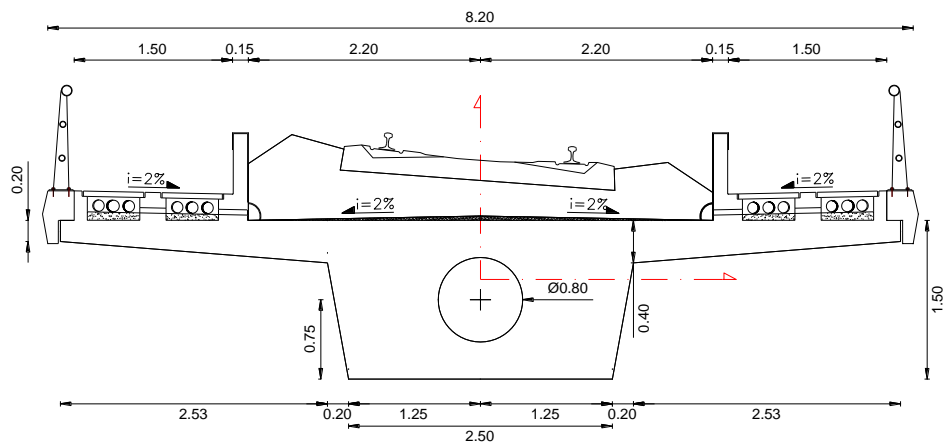


FIGURA 7 – SECÇÃO TRANSVERSAL DO TABULEIRO NA SECÇÃO DE MEIO VÃO (SECÇÃO ALIGEIRADA)

As propriedades geométricas da secção transversal do tabuleiro nas secções de apoio e de meio vão, secções maciça e aligeirada respectivamente, são apresentadas nos quadros seguintes:

Quadro 3 – Propriedades Geométricas Secção Maciça

SECÇÃO MACIÇA	
A (m²)	5.663
I_x (m⁴)	1.154
I_y (m⁴)	13.514
vs (m)	0.576
vi (m)	0.927

Quadro 4 – Propriedades Geométricas Secção Aligeirada

SECÇÃO ALIGEIRADA	
A (m²)	5.160
I_x (m⁴)	1.117
I_y (m⁴)	13.493
vs (m)	0.559
vi (m)	0.944

1.3 Acções de Projecto

1.3.1 Critérios de Cálculo e Acções

Para todas as secções condicionantes foram efectuados os cálculos relativos à verificação da segurança aos estados limites de utilização e aos estados limites últimos de resistência dos elementos de betão armado, de acordo com a regulamentação nacional e europeia mencionada na memória descritiva.

1.3.2 Acções Consideradas

As acções envolvidas que influenciam o comportamento estrutural da obra de arte são:

ACÇÕES PERMANENTES

i. Peso Próprio da Estrutura

O valor do peso próprio estrutural foi determinado de acordo com as características geométricas do tabuleiro, representadas anteriormente nas figuras 2 e 3. Para cada área determinada foi multiplicado o valor do peso específico do betão de 25 kN/m³.

No quadro seguinte apresenta-se o peso próprio da estrutura considerado:

Quadro 5 – Peso Próprio do Tabuleiro

SECÇÃO	ÁREA (m ²)	P.P (kN/m)	PARCIAIS (kN/m)	P.P TOTAL (kN/m)
1 (MACIÇA)	5.66	141.58	28.32 (20% em Secção Maciça)	131.52
2 (ALIGEIRADA)	5.16	129.00	103.2 (80% em Secção Aligeirada)	

Coeficiente de combinação:

$\gamma_G = 1.0$ ou 1.35 , consoante seja favorável ou desfavorável para a combinação em questão.

ii. Restante Carga Permanente

O valor da restante carga permanente (RCP) nos vários elementos do tabuleiro é igual a:

▪ **Via:**

- Sistema de impermeabilização	$0.091 \times 24 = 2.18$ kN/m
- Balastro	$1.957 \times 15 = 29.36$ kN/m
- Travessas	$2.95/0.6 = 4.92$ kN/m
- Carris	0.60 kN/m
Total	37.06 kN/m

▪ **Passeios:**

- Lancil	$2 \times 0.25 \times 0.25 \times 25 = 3.13$ kN/m
- Muro Guarda Balastro	$2 \times 0.15 \times 0.75 \times 25 = 5.63$ kN/m
- Guarda corpos	$2 \times 1.0 = 2.0$ kN/m
- Passeio (lajetas)	$2 \times 1.0 = 2.0$ kN/m
- Viga de bordadura	$2 \times 0.102 \times 25 = 5.10$ kN/m
Total	17.86 kN/m

Total RCP = 54.92 kN/m. Foi considerada igual a 55.0 kN/m.

Coefficiente de combinação:

$\gamma_G = 1.0$ ou 1.5 , consoante seja favorável ou desfavorável para a combinação em questão.

iii. Pré-Esforço

No que diz respeito ao pré-esforço, considerou-se a actuar na estrutura as cargas equivalentes ao pré-esforço, uma vez que se trata de um traçado de cabo parabólico do 2º grau com excentricidades máximas nas secções de apoio e nas secções de meio vão.

A força de pré-esforço a curto prazo determinado, tendo em conta as perdas instantâneas, por cordão e totais são as seguintes:

$$P_0 = 3531.44 \text{ kN/cabo}$$

$$P_0 = 14\,125.74 \text{ kN}$$

Enquanto que, o valor da força de pré-esforço útil determinado, a longo prazo, através do cálculo das perdas diferidas foi determinado em:

$$P_\infty = 3186.33 \text{ kN/cabo}$$

$$P_\infty = 12\,745.31 \text{ kN}$$

O valor de pré-esforço instalado considerado foi igual a:

$$P_{\text{instalado}} (\text{kN}) = 14\,125.74 \text{ kN}$$

Coefficiente de combinação:

$\gamma_P = 1.0$ ou 1.2 , consoante seja favorável ou desfavorável para a combinação em questão.

Nas peças desenhadas relativas ao pré-esforço apresentam-se o seu traçado e todas as cotas notáveis do cabo resultante relativamente à base da viga do tabuleiro, estas cotas por sua vez serviram para a definição das cargas equivalentes ao pré-esforço.

iv. Retracção

Os efeitos finais da retracção na estrutura foram considerados como equivalentes a uma variação uniforme de temperatura de $-30.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ver ANEXO 3).

Coefficiente de combinação:

$\gamma_G = 1.0$ ou 1.5 , consoante seja favorável ou desfavorável para a combinação em questão.

v. Fluência

Relativamente à fluência consideraram-se dois coeficientes de fluência, um para a secção transversal maciça e outro para a secção aligeirada, estes valores foram calculados segundo o regulamento EC2, e os seus valores são iguais a $\varphi = 2.30$ e $\varphi = 2.33$, respectivamente. A base do seu cálculo encontra-se referido no ANEXO 2.

Coefficiente de combinação:

$\gamma_G = 1.0$ ou 1.5 , consoante seja favorável ou desfavorável para a combinação em questão.

vi. Impulsos do solo

A determinação dos impulsos do solo teve como base as propriedades geotécnicas do solo onde se encontra a obra de arte, cujos seus valores são:

$$\phi_{\text{solo}} = 35^\circ$$

$$\gamma_{\text{solo}} = 18.0 \text{ kN/m}^3$$

Coefficiente de combinação:

$\gamma_G = 1.0$ ou 1.5 , consoante seja favorável ou desfavorável para a combinação em questão.

ACÇÕES VARIÁVEIS

i. Comboio Tipo

O comboio tipo do RSA corresponde a quatro eixos com 250 kN cada e a duas cargas uniformemente distribuídas de 80 kN/m. A figura seguinte representa as sobrecargas ferroviárias preconizadas no RSA, correspondente ao Art.º 50 do mesmo regulamento.

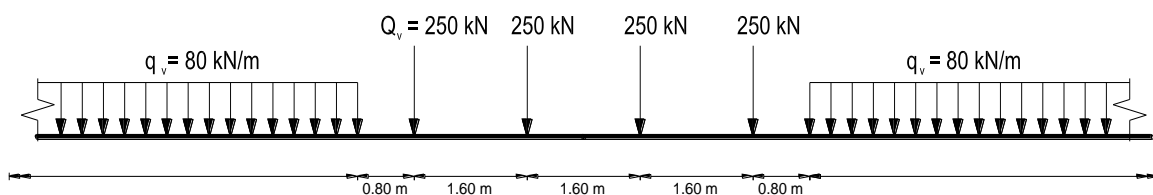


FIGURA 8 – SOBRECARGAS FERROVIÁRIAS – COMBOIO TIPO SEGUNDO O RSA

Na consideração destas sobrecargas ferroviárias deverá ser considerado um coeficiente dinâmico (ϕ), pelo qual deverão ser multiplicadas essas sobrecargas, por forma a serem tidos em conta os seus efeitos dinâmicos [1].

Este coeficiente dinâmico é associado ao modelo estático adoptado, de modo a contabilizar a vibração da estrutura, a condição da via e do material circulante, a ainda a velocidade dos comboios, entre outros factores.

O coeficiente dinâmico (φ) é dado em função das características da obra de arte, que segundo o Art.º 51.1 e 51.2 do RSA, este é determinado para o cálculo dos esforços de momento flector e de esforço transverso de dois modos distintos, tal como se apresentam nas seguintes expressões:

- Momento Flector:

$$\varphi_M = 1 + \left(\frac{2.16}{\sqrt{\ell} - 0.2} - 0.27 \right)$$

- Esforço Transverso:

$$\varphi_V = 1 + \frac{2}{3} \times \left(\frac{2.16}{\sqrt{\ell} - 0.2} - 0.27 \right)$$

Nas expressões anteriores, ℓ corresponde ao comprimento de referência, que para o caso de vigas contínuas deverá ser multiplicado o vão médio do tabuleiro, neste caso 25 m, pelo factor $(1+0.1 \times n)$, em que n é o número de tramos.

No caso do projecto em estudo, os valores de coeficiente dinâmico para esforços de momento flector e transverso foram determinados em 1.10 e 1.06, respectivamente. Sendo que, por motivos de simplificação e por os valores serem aproximados um do outro, admitiu-se o valor mais desfavorável, considerou-se portanto um coeficiente dinâmico igual a 1.10.

Coeficiente de combinação:

$\gamma_Q = 1.5$, para a combinação em questão.

ii. Acções Sísmicas

Considerou-se a obra na zona sísmica D, simulando-se a acção do sismo recorrendo a uma análise dinâmica no modelo tridimensional, recorrendo-se aos espectros de resposta do RSA para determinação dos esforços e deslocamentos.

Coefficiente de combinação:

$\gamma_Q = 1.5$, para combinação em questão.

iii. Sobrecarga no Passeio

A sobrecarga no passeio considerada foi de 2.0 kN/m^2 , segundo o Art.º 55 do RSA.

Coefficiente de combinação:

$\gamma_Q = 0$ ou 1.5 , consoante seja favorável ou desfavorável para a combinação em questão.

iv. Força Centrífuga

Na consideração da força centrífuga são definidas forças horizontais actuando na direcção normal ao eixo da via, aplicadas a 1.80 m acima da cabeça do carril, de acordo com o Art.º 52 do RSA.

O valor da força centrífuga associada ao comboio tipo foi determinada para uma velocidade de circulação de 100 Km/h , para um raio de curvatura igual a 300.0 metros, deste modo tem-se que:

$$v = 100 \text{ Km/h} ;$$

$$r = 300.0 \text{ m} \Rightarrow \alpha = 0.262 , \text{ em que segundo Art.º 52º do RSA:}$$

$$\alpha = \frac{v^2}{127 \cdot r}$$

Deste modo, a força centrífuga será:

$$F_{centrifuga,total} = \alpha \times (\text{Comboio Tipo}) = 0.262 \times (\text{Comboio Tipo})$$

Esta força não é afectada pelo coeficiente dinâmico.

Coeficiente de combinação:

$\gamma_Q = 0$ ou 1.5 , consoante seja favorável ou desfavorável para a combinação em questão.

v. Força de Lacete

Os efeitos laterais devidos ao lacete são estimados através da consideração de uma força horizontal, que actua na direcção normal ao eixo da via, ao nível da cabeça do carril e na posição e no sentido que provoquem os efeitos mais desfavoráveis no viaduto.

A força de lacete é definida, segundo o Art.º 53 do RSA, por uma sobrecarga de valor igual a 100 kN para o tipo viaduto em projecto.

Coeficiente de combinação:

$\gamma_Q = 0$ ou 1.5 , consoante seja favorável ou desfavorável para a combinação em questão.

vi. Força de Arranque e Força de Frenagem

A consideração dos efeitos das forças arranque e frenagem é definida por forças longitudinais actuando na direcção do eixo da via [1].

A força de arranque e a força de frenagem são definidas no Art.º 54 do RSA, da seguinte forma:

$$F_{Arranque} = 0.25 \times \delta \times (Comboio\ Tipo)$$

Em que:

O comprimento carregado (ℓ) encontra-se entre $30\text{m} < \ell \leq 300\text{ m} \Rightarrow \delta = 0.735$

Logo :

$$F_{Arranque} = 0.18 \times (Comboio\ Tipo)$$

$$F_{Frenagem} = 0.20 \times (Comboio\ Tipo) \Rightarrow \text{Condicionante}$$

Pelo que, apenas foi considerada a força de Frenagem como sendo a condicionante. Esta força não é afectada do coeficiente dinâmico.

$\gamma_Q = 0$ ou 1.5 , consoante seja favorável ou desfavorável para a combinação em questão.

vii. Variações Uniformes de Temperatura

As variações uniformes de temperatura consideradas para as secções do tabuleiro e dos pilares foram de $+15\text{ }^\circ\text{C}$ e $-15\text{ }^\circ\text{C}$, de acordo com o artigo 18º do RSA, devido aos efeitos sazonais.

viii. Variações Diferenciais de Temperatura

As variações diferenciais de temperatura adoptadas, segundo o Art.º 19 do RSA, sob a forma de gradientes térmicos das fibras extremas do tabuleiro foram de +10 °C e -5 °C, geralmente utilizado em obras deste tipo em Portugal.

ix. Sobrecarga nos Terraplenos

A sobrecarga nos terraplenos admitida, foi a carga estipulada no RSA, cujo seu valor é igual a:

$$Q = 30.0 \text{ kN/m}^2.$$

x. Acção do Vento

A acção do vento não foi explicitamente considerada visto que a altura da estrutura não é muito significativa e as restantes acções horizontais apresentam valores bastante superiores.

2. ANÁLISE LONGITUDINAL DO TABULEIRO

2.1 Esforços

Os diagramas de esforços resultantes das principais acções actuantes no tabuleiro apresentam-se nas figuras seguintes:

a) Esforços devidos ao Peso Próprio (PP) – Curto Prazo

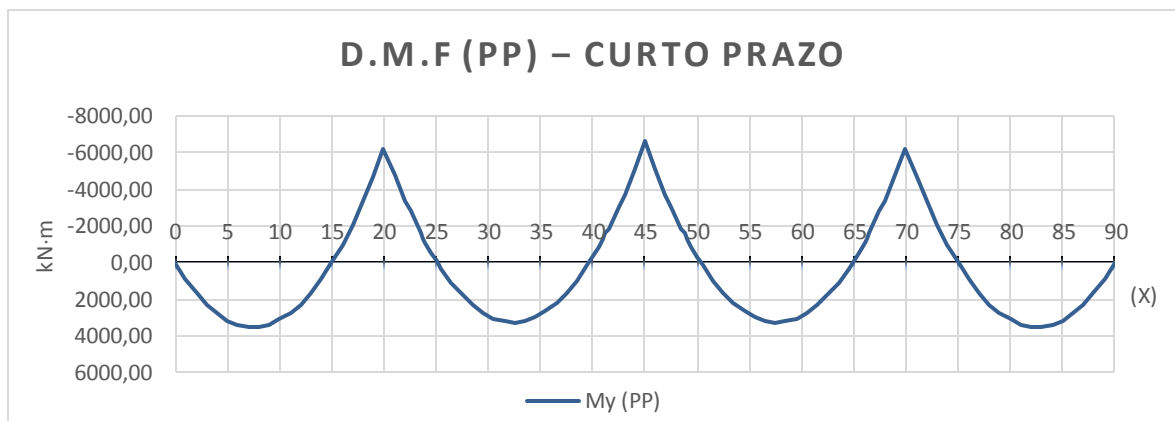


FIGURA 9 – DIAGRAMA DE MOMENTO FLECTOR DEVIDO AO PESO PRÓPRIO (PP) A CURTO PRAZO

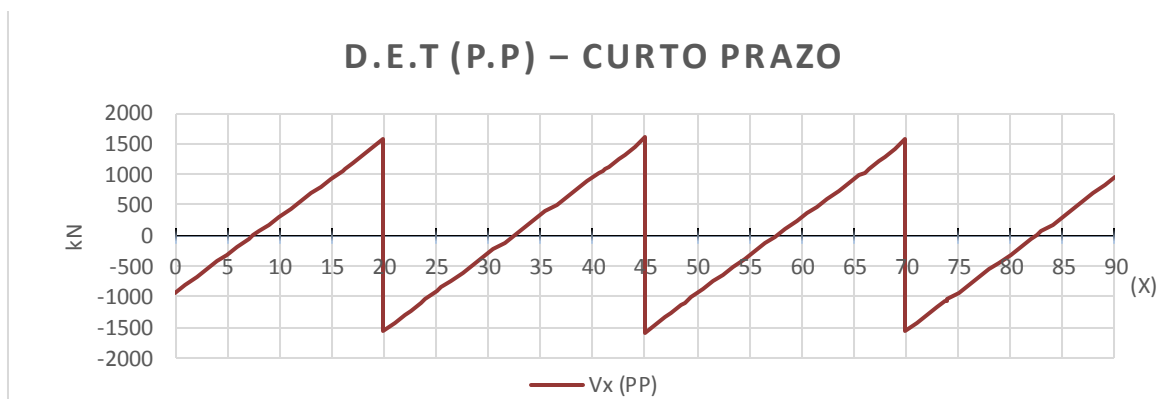


FIGURA 10 – DIAGRAMA DE ESFORÇO TRANSVERSO DEVIDO AO PESO PRÓPRIO (PP) A CURTO PRAZO

b) Esforços devidos à Restante Carga Permanente (RCP)

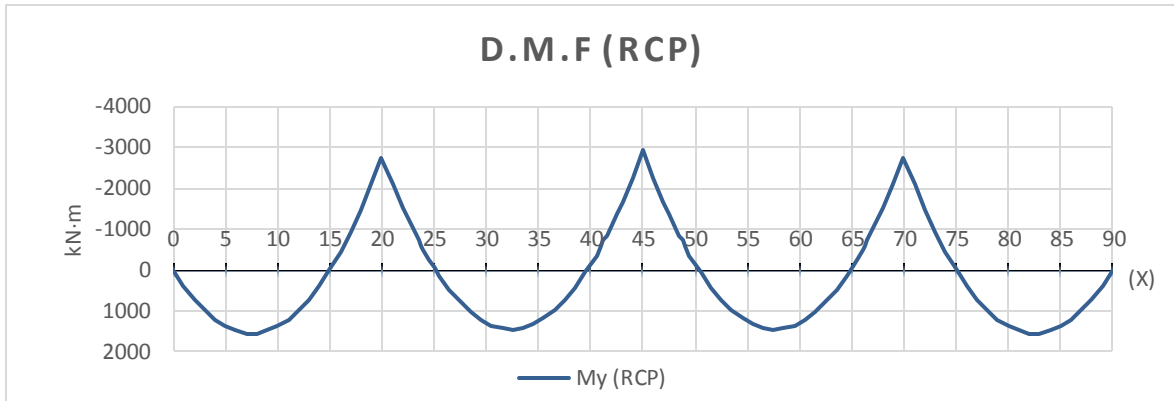


FIGURA 11 – DIAGRAMA DE MOMENTO FLECTOR DEVIDO À RESTANTE CARGA PERMANENTE (PP)

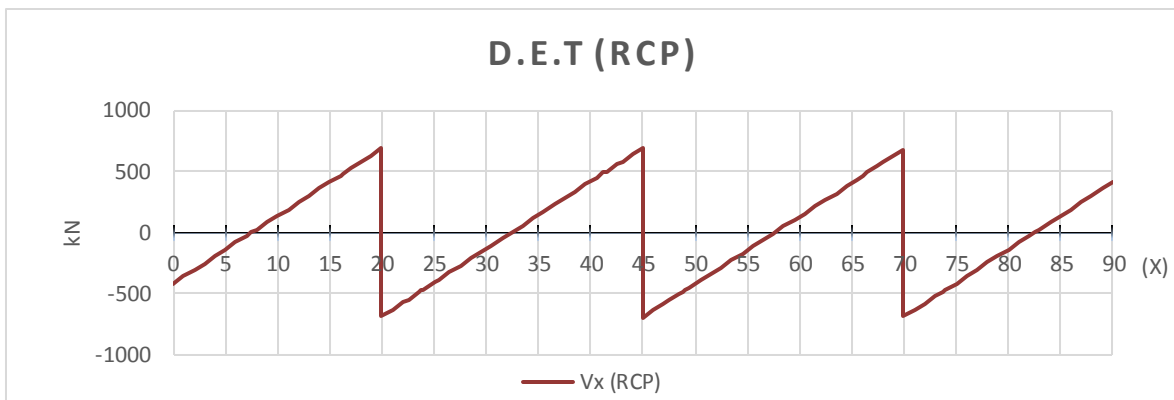


FIGURA 12 – DIAGRAMA DE ESFORÇO TRANSVERSO DEVIDO À RESTANTE CARGA PERMANENTE (RCP)

c) Esforços devidos à Retracção

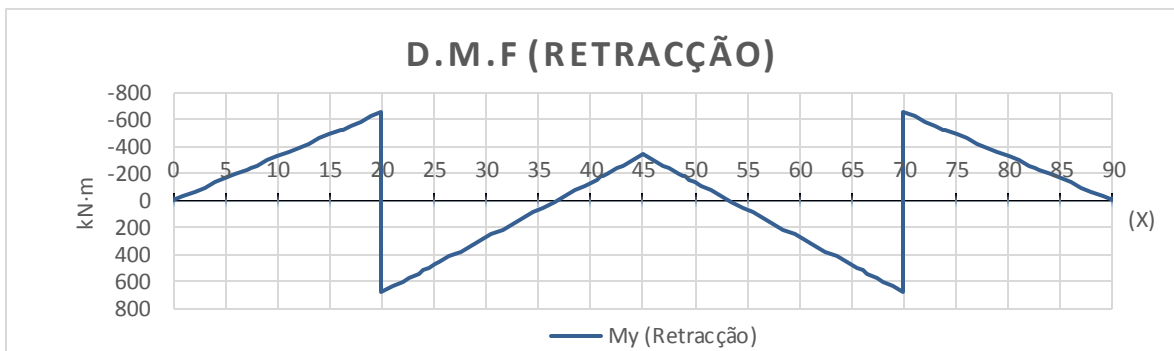


FIGURA 13 – DIAGRAMA DE MOMENTO FLECTOR DEVIDO À RETRACÇÃO DO TABULEIRO

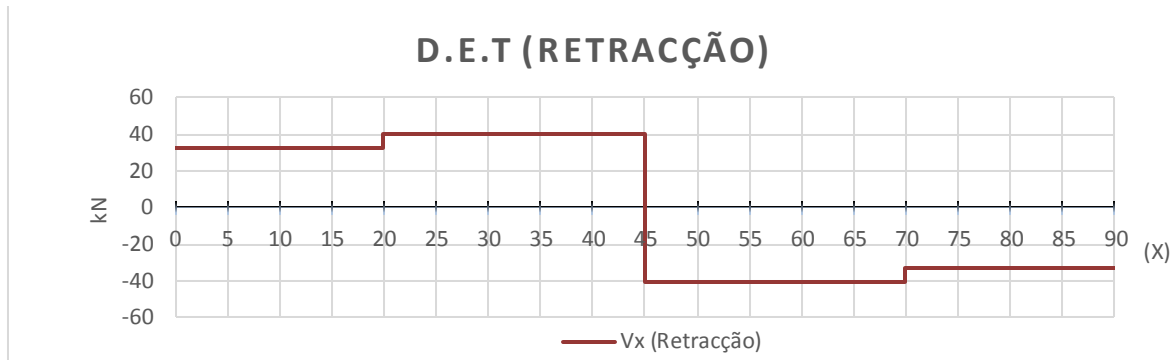


FIGURA 14 – DIAGRAMA DE ESFORÇO TRANSVERSO DEVIDO À RETRACÇÃO DO TABULEIRO

d) Esforços devidos ao Comboio Tipo (CTipo)

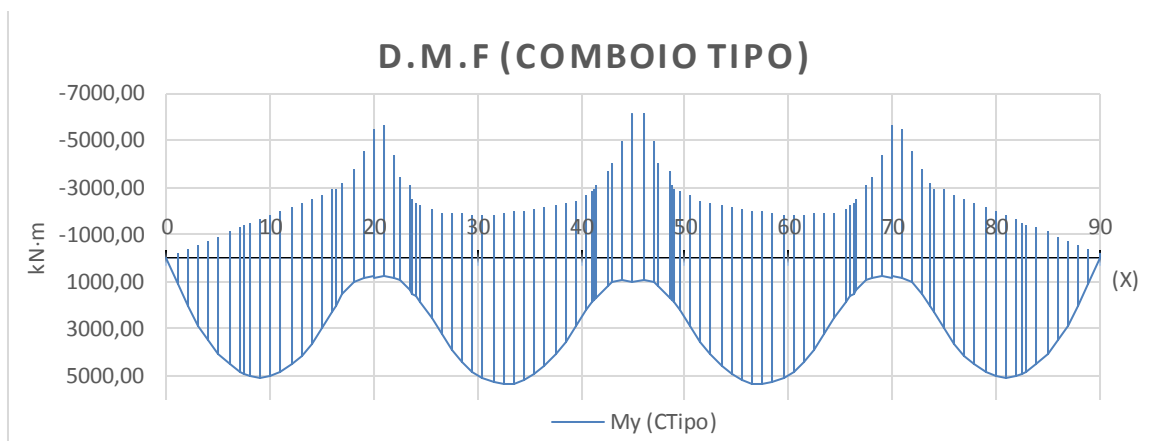


FIGURA 15 – DIAGRAMA DE MOMENTO FLECTOR DEVIDO AO COMBOIO TIPO (CTIPO)

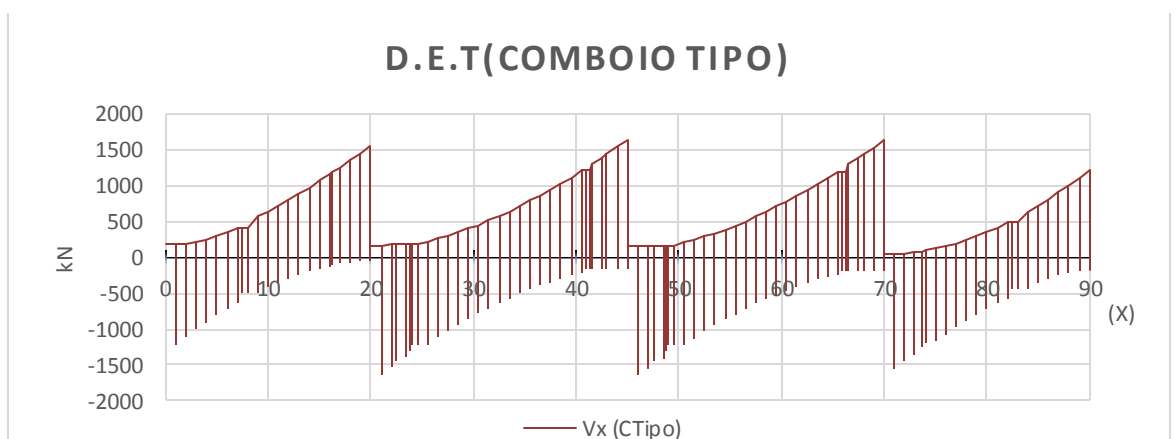


FIGURA 16 – DIAGRAMA DE ESFORÇO TRANSVERSO DEVIDO AO COMBOIO TIPO (CTIPO)

e) Esforços devidos à Força Centrífuga (Fcent)

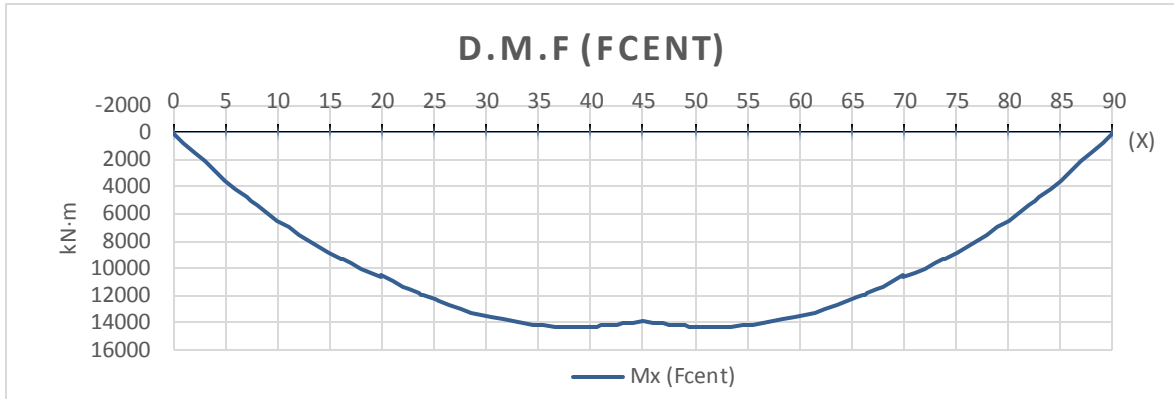


FIGURA 17 – DIAGRAMA DE MOMENTO FLECTOR DEVIDO À FORÇA CENTRÍFUGA (FCENT)

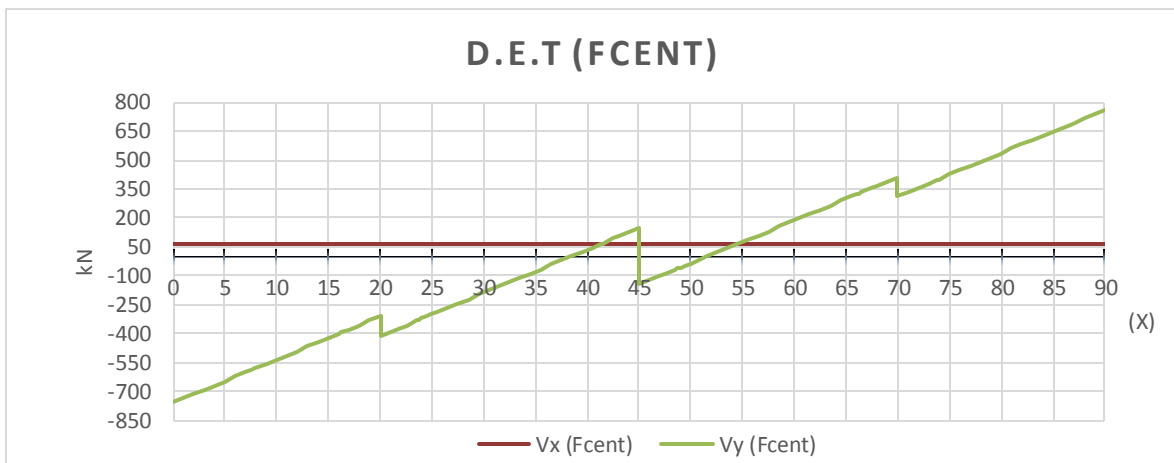


FIGURA 18 – DIAGRAMA DE ESFORÇOS TRANSVERSOS DEVIDOS À FORÇA CENTRÍFUGA (FCENT)

f) Esforços devidos à Força de Frenagem (Fre)

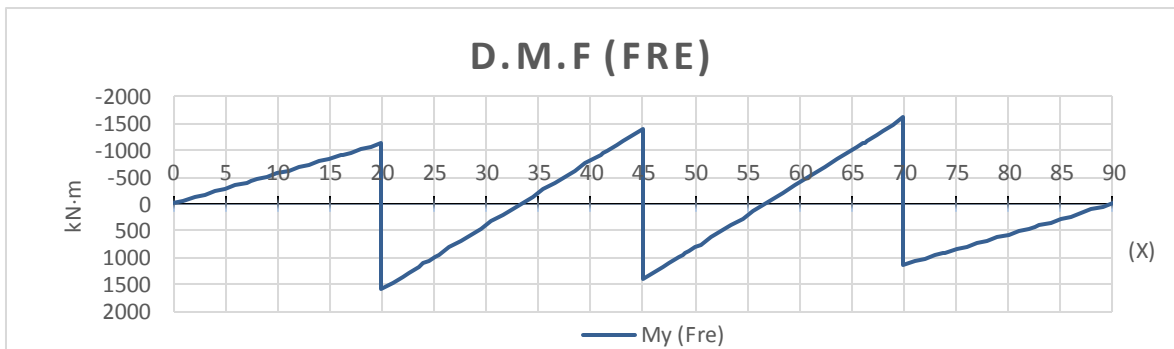


FIGURA 19 – DIAGRAMA DE MOMENTO FLECTOR DEVIDO À FORÇA DE FRENAGEM (FRE)

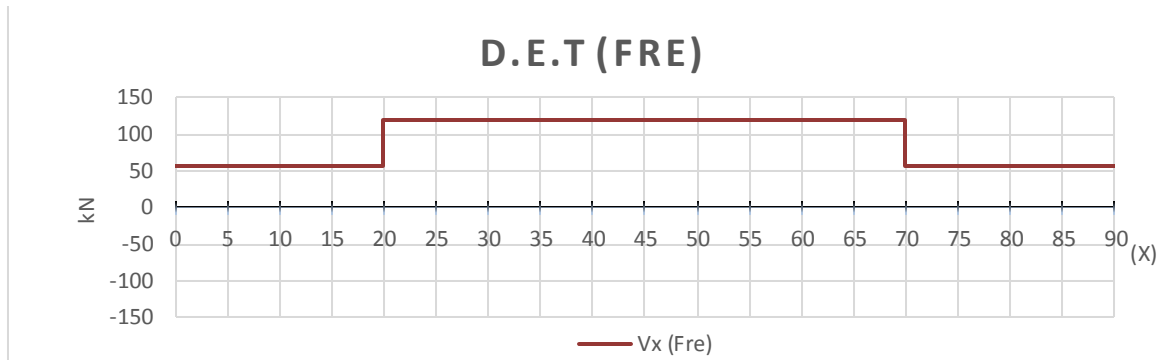


FIGURA 20 – DIAGRAMA DE ESFORÇO TRANSVERSO DEVIDO À FORÇA DE FRENAGEM (FRE)

g) Esforços devidos às Variações Uniformes de Temperatura (VUT)

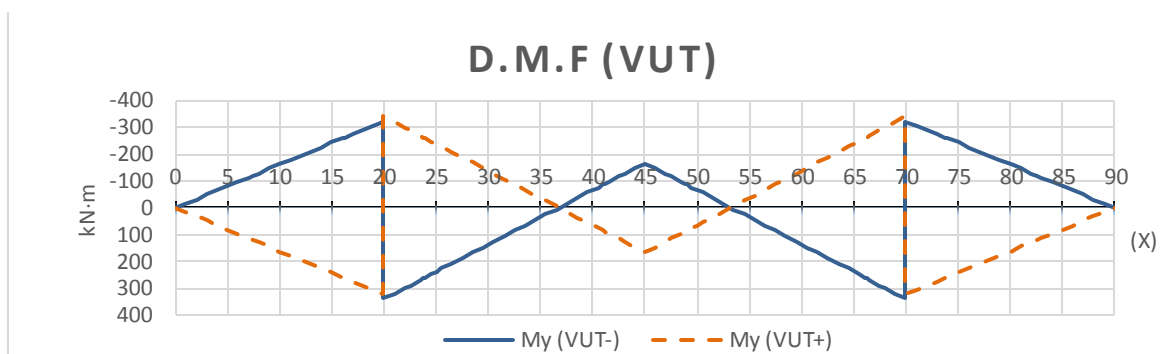


FIGURA 21 – DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES DEVIDOS À VARIAÇÃO UNIFORME DE TEMPERATURA (VUT)

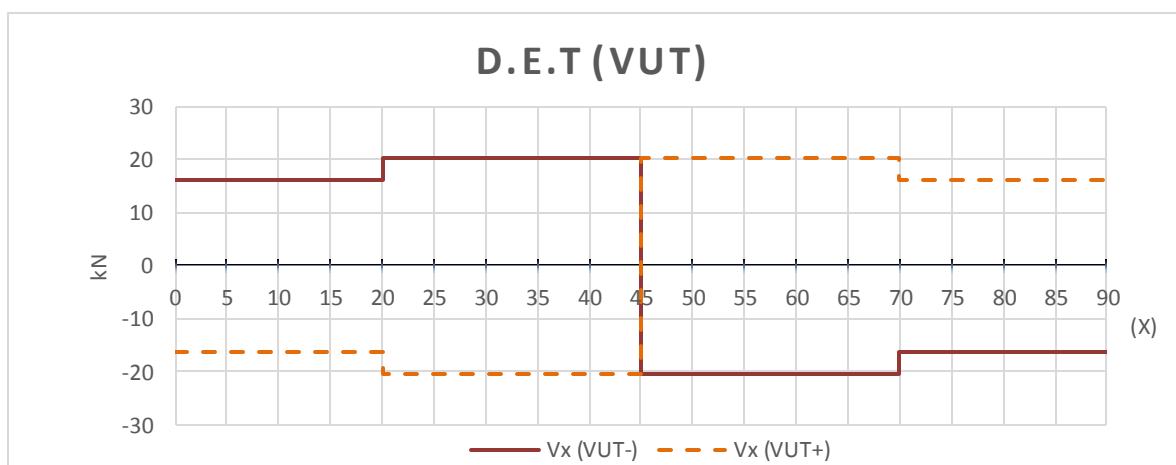


FIGURA 22 – DIAGRAMA DE ESFORÇOS TRANSVERSOS DEVIDOS À VARIAÇÃO UNIFORME DE TEMPERATURA (VUT)

h) Esforços devidos às Variações Diferenciais de Temperatura (VDT)

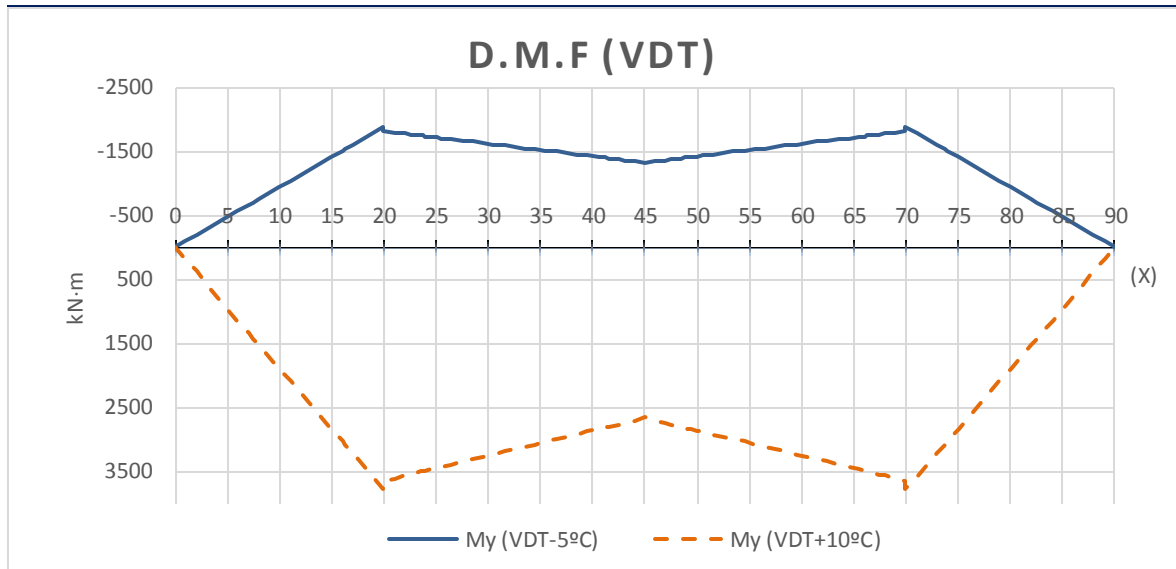


FIGURA 23 – DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES DEVIDOS À VARIAÇÃO DIFERENCIAL DE TEMPERATURA (VDT)

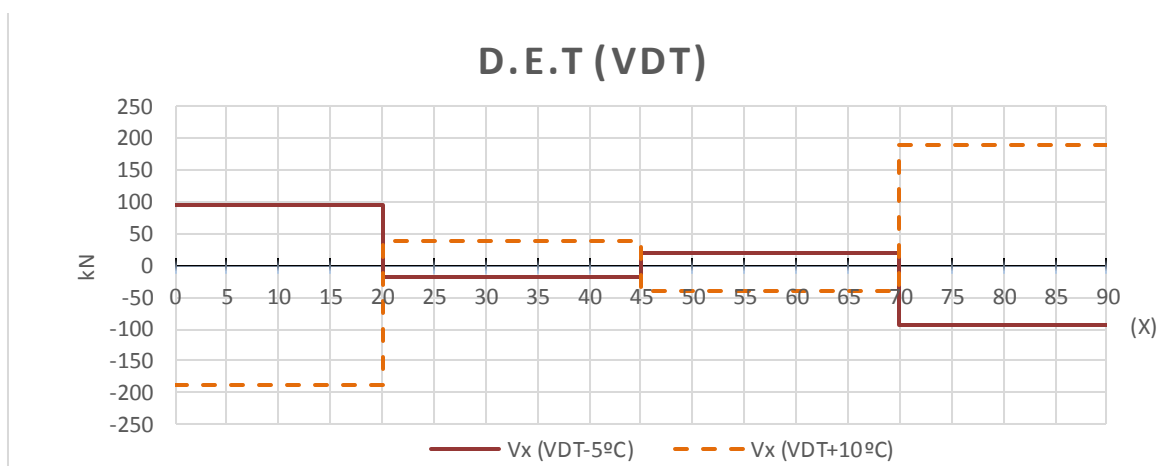


FIGURA 24 – DIAGRAMA DE ESFORÇOS TRANSVERSOS DEVIDOS À VARIAÇÃO DIFERENCIAL DE TEMPERATURA (VDT)

Os restantes diagramas de esforços apresentam-se nos restantes capítulos do presente documento.

2.2 Traçado do Pré-Esforço

Para a determinação do valor da força de pré-esforço a aplicar, foi considerado que o mesmo deverá equilibrar 95% das cargas permanentes, isto é, peso próprio e restante carga permanente, e admitiu-se que a tensão a longo prazo $\sigma_{P\infty}$ seria de 1100 MPa.

Deste modo, definiu-se que a constituição dos cabos de pré-esforço da classe Y1860S7, seria de 4 cabos com 19 cordões de 1.4 cm² de área.

Segundo o catálogo da marca “Freyssinet” utilizado, o tipo de ancoragens de pré-esforço adoptado foi - 4 × 19C15, resultando uma área de pré-esforço igual a 106.4 cm².

A figura 25 representa o desenvolvimento do traçado dos cabos de pré-esforço ao longo do tabuleiro do viaduto ferroviário:

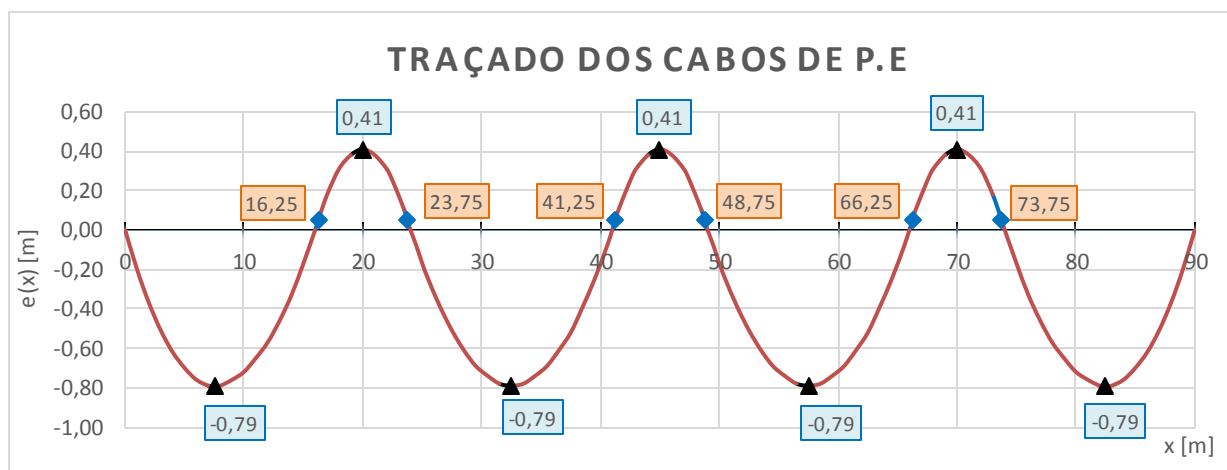


FIGURA 25 – DESENVOLVIMENTO DO TRAÇADO DOS CABOS DE PRÉ-ESFORÇO

Legenda:

- Cotas notáveis dos cabos de Pré-Esforço
- Localização dos Pontos de Inflexão do traçado dos cabos de Pré-Esforço

A figura anterior apresenta todas cotas notáveis dos cabos relativamente ao centro de gravidade da secção do tabuleiro, assim como a localização dos pontos de inflexão do traçado dos cabos de pré-esforço.

2.3 Cálculo das Perdas Instantâneas de Pré-Esforço

O faseamento construtivo do tabuleiro realiza-se em quatro fases, pelo que é necessário determinar as perdas instantâneas de pré-esforço.

Para o cálculo das perdas instantâneas admitiu-se uma tensão σ_0' , que corresponde a 75% f_{pk} (sendo que $f_{pk} = 1860$ MPa), resultando uma tensão inicial, ou seja, uma tensão de puxe dos cabos de pré-esforço, igual a 1395 MPa.

Neste cálculo consideraram-se as seguintes condições:

- $E_p = 195$ GPa;
- $\delta r = 0.006$ m;
- $E_{cm} = 34$ GPa;
- $k = 0.005$ rad/m;
- $\mu = 0.2$;
- N^o de Cordões = 19 cordões;
- N^o Cabos = 4 cabos;
- $A_p = 1.4$ cm²/cordão.

As perdas por atrito foram determinadas, tendo em consideração o traçado parabólico dos cabos de pré-esforço, segundo a seguinte equação [5]:

$$\sigma(x) = \sigma_0' \cdot e^{-mx}$$

Em que:

$$m = \mu \cdot (2 \cdot a + k)$$

$$\lambda = -\frac{1}{m} \times \ln \left(1 - \sqrt{\frac{m \times E_p \times \delta_r}{\sigma'_0}} \right)$$

Nas expressões anteriores:

m – Factor de Atrito;

μ – Coeficiente de atrito cabo-bainha;

a – Parâmetro da equação de 2º grau do cabo de Pré-esforço;

k – Desvio angular unitário;

λ – Alcance das perdas por reentrada das cunhas;

δ_r – Valor da reentrada as cunhas (entre 4 a 6 mm).

Nos seguintes quadros, apresentam-se os resultados dos cálculos das perdas antes da reentrada das cunhas (por atrito) e depois da reentrada das cunhas. São também apresentadas as figuras onde se representam os gráficos de ambas as perdas instantâneas.

**Quadro 6 - Perdas instantâneas Fase 1
(Por Atrito)**

FASE 1 - Antes da Reentrada das Cunhas						
x (m)	ℓ (m)	x_i (m)	a	m_i	$m \cdot \Delta x$	σ (x)
25.00	0.00	0.00	0.0110	0.0054	0.0000	1395.00
	1.25					
23.75		1.25	0.0110	0.0054	0.0068	1385.62
	3.75					
20.00		5.00	0.0256	0.01124	0.0422	1328.43
	3.75					
16.25		8.75	0.0256	0.01124	0.0422	1273.60
	8.75					
7.50		17.50	0.0110	0.0054	0.0473	1214.82
	7.50					
0.00		25.00	0.0140	0.0066	0.0495	1156.15

**Quadro 7 – Perdas instantâneas Fase 1
(Por Reentrada das Cunhas)**

FASE 1 - Depois da Reentrada das Cunhas							
x (m)	ℓ (m)	x _i (m)	a	m _i	m·Δx	λ	σ (x)
25.00	0.00	0.00	0.0110	0.0054	0.0000	5.28	1257.13
23.75	1.25	1.25	0.0110	0.0054	0.0068		1265.65
	3.75						1320.14
20.00	5.00	5.28	0.0256	0.01124	0.0422		1324.27 → σ _{P0}
	0.28						1273.60
16.25	3.47	8.75	0.0256	0.01124	0.0390		1214.82
	8.75						1156.15
7.50	7.5	17.50	0.0110	0.0054	0.0473		
0.00		25.00	0.0140	0.0066	0.0495		

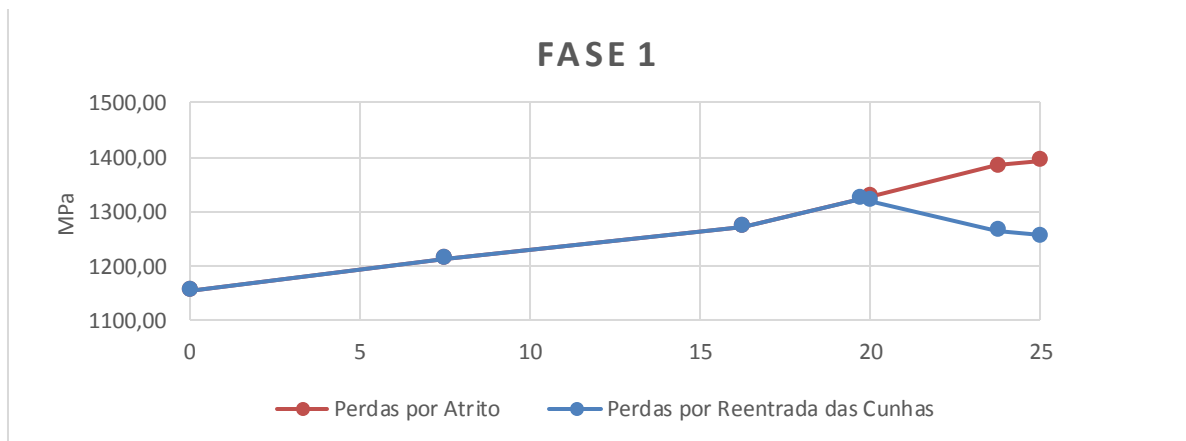


FIGURA 26 – DIAGRAMA DE TENSÕES DE PRÉ-ESFORÇO NA FASE CONSTRUTIVA 1

**Quadro 8 – Perdas instantâneas Fase 2
(Por Atrito)**

FASE 2 - Antes da Reentrada das Cunhas						
x (m)	ℓ (m)	x _i (m)	a	m _i	m·Δx	σ (x)
50.00	0.00	0.00	0.0110	0.0054	0.0000	1395.00
	1.25					
48.75		1.25	0.0110	0.0054	0.0068	1385.62
	3.75					
45.00		5.00	0.0256	0.01124	0.0422	1328.43
	3.75					
41.25		8.75	0.0256	0.01124	0.0422	1273.60
	8.75					
32.50		17.50	0.0110	0.0054	0.0473	1214.82
	7.5					
25.00		25.00	0.0110	0.0054	0.0405	1166.60

**Quadro 9 – Perdas instantâneas Fase 2
(Por Reentrada das Cunhas)**

FASE 2 - Depois da Reentrada das Cunhas							
x (m)	ℓ (m)	x _i (m)	a	m _i	m·Δx	λ	σ (x)
50.00	0.00	0.00	0.0110	0.0054	0.0000	5.28	1257.13
	1.25						1265.65
48.75		1.25	0.0110	0.0054	0.0068		1265.65
	3.75						
45.00		5.00	0.0256	0.01124	0.0422		1320.14
	0.28						
44.72		5.28	0.0256	0.01124	0.0031		1324.27 → σ _{P0}
	3.47						
41.25		8.75	0.0256	0.01124	0.0390	1273.60	
	8.75						
32.50		17.50	0.0110	0.0054	0.0473	1214.82	
	7.50						
25.00		25.00	0.0110	0.0054	0.0405	1166.60	

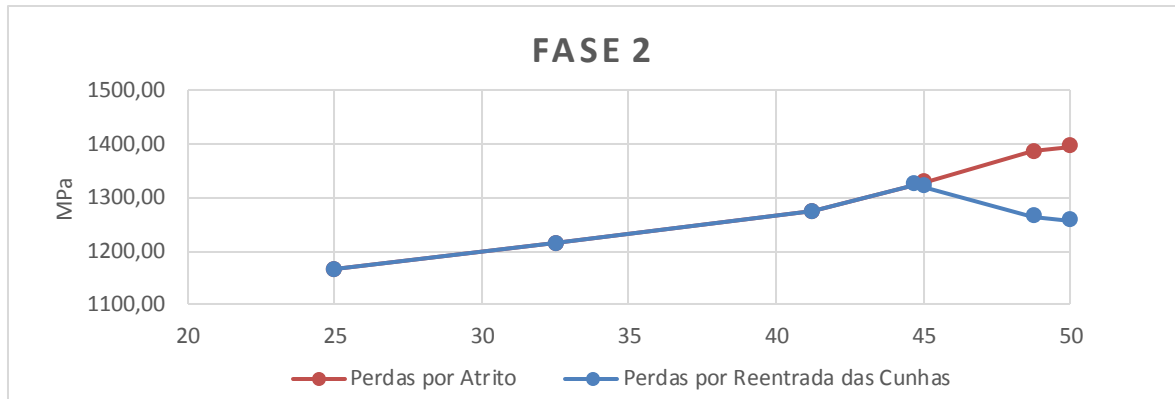


FIGURA 27 – DIAGRAMA DE TENSÕES DE PRÉ-ESFORÇO NA FASE CONSTRUTIVA 2

**Quadro 10 – Perdas instantâneas Fase 3
(Por Atrito)**

FASE 3 - Antes da Reentrada das Cunhas						
x (m)	ℓ (m)	x _i (m)	a	m _i	m·Δx	σ (x)
74.00	0.00	0.00	0.0110	0.0054	0.0000	1395.00
	0.25					
73.75		0.25	0.0256	0.01124	0.0028	1391.09
	7.5					
66.25		7.75	0.0256	0.01124	0.0843	1278.62
	16.25					
50.00		24.00	0.0110	0.0054	0.0878	1171.21

**Quadro 11 - Perdas instantâneas Fase 3
(Por Reentrada das Cunhas)**

FASE 3 - Depois da Reentrada das Cunhas							
x (m)	ℓ (m)	x _i (m)	a	m _i	m·Δx	λ	σ (x)
74.00	0.00	0.00	0.0110	0.0054	0.0000	5.28	1238.91
73.75	0.25	0.25	0.0256	0.01124	0.0028		1242.40
	5.03						1314.64 → σ _{p0}
68.72	2.47	5.28	0.0256	0.01124	0.0565		1278.62
	16.25						1171.21
50.00	24.00	24.00	0.0110	0.0054	0.0878		

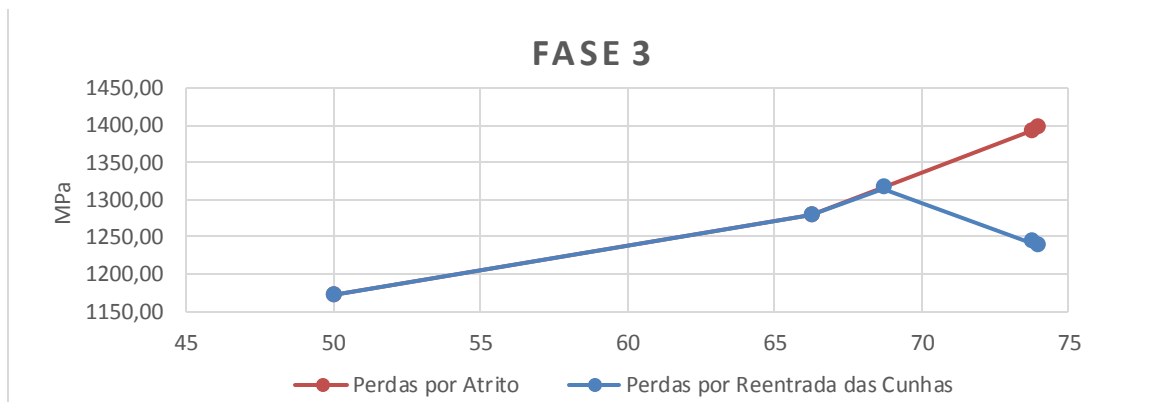


FIGURA 28 - DIAGRAMA DE TENSÕES DE PRÉ-ESFORÇO NA FASE CONSTRUTIVA 3

**Quadro 12 – Perdas instantâneas Fase 4
(Por Atrito)**

FASE 4 - Antes da Reentrada das Cunhas						
x (m)	ℓ (m)	x _i (m)	a	m _i	m·Δx	σ (x)
90.00	0.00	0.00	0.0140	0.0066	0.0000	1395.00
	7.5					
82.50		7.50	0.0140	0.0066	0.0495	1327.63
	8.5					
74.00		16.00	0.0110	0.0054	0.0459	1268.07

**Quadro 13 – Perdas instantâneas Fase 4
(Por Reentrada das Cunhas)**

FASE 4 - Depois da Reentrada das Cunhas							
x (m)	ℓ (m)	x _i (m)	a	m _i	m·Δx	λ	σ (x)
90.00	0.00	0.00	0.0140	0.0066	0.0000	5.28	1301.11
	5.28						
84.72		5.28	0.0140	0.0066	0.0348		1347.24 → σ _{p0}
	2.22						
82.50		7.50	0.0140	0.0066	0.0147		1327.63
	8.5						
74.00		16.00	0.0110	0.0054	0.0459		1268.07

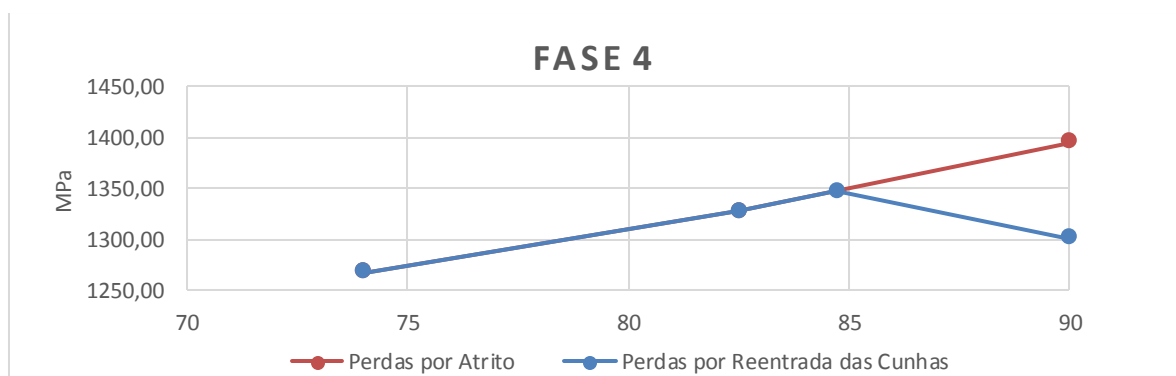


FIGURA 29 – DIAGRAMA DE TENSÕES DE PRÉ-ESFORÇO NA FASE CONSTRUTIVA 4

No quadro seguinte, apresentam-se os valores de tensão e de força de pré-esforço a curto prazo, resultantes do faseamento construtivo:

Quadro 14 – Tensões e Forças de Pré-esforço médias a Curto Prazo

σ_{P0} (médio) =	1327.61	MPa/ cabo
σ_{P0} (total) =	5310.43	MPa
P_0 (médio) =	3531.44	kN/cabo
P_0 (total) =	14125.74	kN
Perdas =		4.83 %

Verifica-se portanto, que o total de perdas de pré-esforço resultante das perdas instantâneas foi de 4.83%, admitindo-se portanto uma força de pré-esforço a curto prazo igual a:

$$P_0 = 14\,125.74 \text{ kN}$$

2.4 Cálculo das Perdas Diferidas

A força de pré-esforço útil corresponde à situação de longo prazo do pré-esforço instalado, como consequência da diminuição das perdas diferidas por fluência e retracção do betão e por relaxação do aço à força instalada inicial.

Estas perdas foram calculadas segundo a regulamentação do EC2, sendo que, para o cálculo das seguintes perdas foram utilizadas as respectivas equações [3]:

i. Por retracção do betão:

$$\Delta\sigma_{pt,s} = E_p \cdot |\varepsilon_{cs}|$$

ii. Por fluência do betão:

$$\Delta\sigma_{pt,c} = \alpha \cdot \varphi_c \cdot |\sigma_c$$

iii. Por relaxação do aço:

$$\Delta\sigma_{pt,r} = 0,66 \cdot \rho_{1000} \cdot e^{9,1 \times \mu} \cdot \left(\frac{t}{1000}\right)^{0,75 \cdot (1-\mu)} \times 10^{-5} \times \sigma_{P_0}$$

iv. Perdas diferidas totais:

$$\Delta\sigma_{pt,s+c+r} = \frac{\Delta\sigma_{pt,s} + \Delta\sigma_{pt,c} + 0,80 \cdot \Delta\sigma_{pt,r}}{1 + \alpha \cdot \frac{A_p}{A} \cdot \left(1 + \frac{A}{I} \cdot e^2\right) \cdot (1 + 0,80 \cdot \varphi_c)}$$

Neste cálculo consideraram-se os seguintes parâmetros:

- $P_0 = 14\,125.74$ kN;
- $\sigma_{P_0} = 1327.61$ MPa;
- $E_p = 195$ GPa;
- $\varepsilon_{cs} = -30.2 \times 10^{-5}$ (ver ANEXO 3);
- $\rho_{1000} = 2.5\%$;
- $E_c = 34$ GPa;
- $t = 500\,000$ h;
- $\mu = 0.714$;
- $\alpha = 5.74$;
- $\varphi(S. Maciça) = 2.30$ (ver ANEXO2);
- $\varphi(S. Aligeirada) = 2.33$ (ver ANEXO2);
- $A_{p\,Total} = 106.40$ cm² (1.4 cm²/cordão).

Os resultados das perdas diferidas obtidos apresentam-se no seguinte quadro:

Quadro 15 - Perdas Diferidas

$\Delta\sigma_{pt,s} =$	48.75	MPa
$\Delta\sigma_{pt,c} =$	35.80	MPa
$\Delta\sigma_{pt,r} =$	55.06	MPa
$\Delta\sigma_{pt,s+c+r} =$	120.25	MPa

No quadro seguinte apresentam-se os valores médios obtidos da tensão e força de pré-esforço (pré-esforço útil) instaladas a longo prazo:

Quadro 16 - Tensões e Forças de Pré-esforço médias a Longo Prazo

$\sigma_{P\infty(\text{médio})} =$	1197.87	MPa/ cabo
$\sigma_{P\infty(\text{total})} =$	4791.47	MPa
$P_{\infty(\text{médio})} =$	3186.33	kN/cabo
$P_{\infty(\text{total})} =$	12745.31	kN
Perdas =		9.77 %

Os resultados relativos ao cálculo das perdas diferidas encontram-se referidos no ANEXO 4.

2.5 Cargas Equivalentes e Diagramas de Esforços resultantes

As cargas equivalentes foram determinadas em função do traçado dos cabos de pré-esforço, segundo equações de parábolas de 2º grau.

O seu cálculo foi realizado segundo as características de cada troço de parábola, tendo em consideração a sua flecha (f), comprimento (L) e força de pré-esforço a curto prazo – P_0 .

As cargas equivalentes foram determinadas segundo a seguinte equação:

$$Q_{eq} = \frac{2 \cdot f \cdot P_0}{L^2}$$

Deste modo, determinaram-se três cargas equivalentes, cujos seus valores apresentam-se no quadro 17:

Quadro 17 – Cargas Equivalentes

f1 =	0.79 m	L1=	7.5 m	⇒	Qeq1 =	396.78	kN/m
f2 =	0.84 m	L2=	8.75 m	⇒	Qeq2 =	309.96	kN/m
f3 =	0.36 m	L3=	3.75 m	⇒	Qeq3 =	723.24	kN/m
		M =	282.51		kN·m		

O momento apresentado no quadro anterior, foi o momento calculado para ter em conta as variações de secção transversal no desenvolvimento do tabuleiro, este foi aplicado nos pontos onde variam as secções transversais do mesmo.

A expressão utilizada para calcular esse momento foi a seguinte [8]:

$$M = P_0 \times (x_{G2} - x_{G1})$$

Em que:

x_{G1} , x_{G2} – Distâncias dos topos das secções (secção maciça e aligeirada) aos seus centros de gravidade.

Na figura 30 apresenta-se o esquema tipo utilizado no cálculo das cargas equivalentes e o respectivo momento nas secções do tabuleiro.

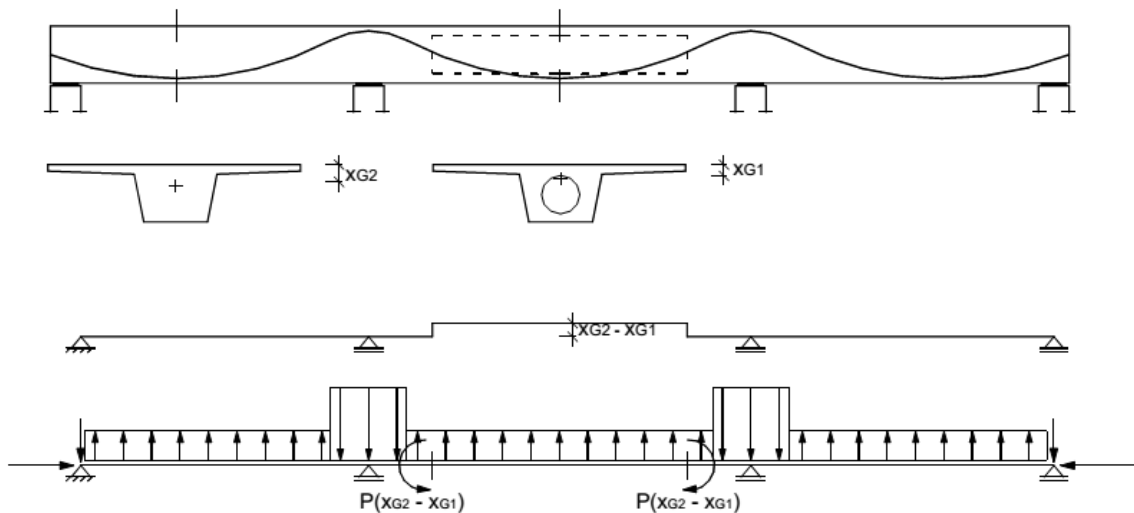


FIGURA 30 – CARGAS EQUIVALENTES [8]

Nas figuras seguintes, encontram-se representados os diagramas de momentos totais, momentos isostáticos e momentos hiperestáticos resultantes das cargas equivalentes anteriormente referidas (ver ANEXO1), e também o diagrama de esforço transversal devido à acção do pré-esforço:

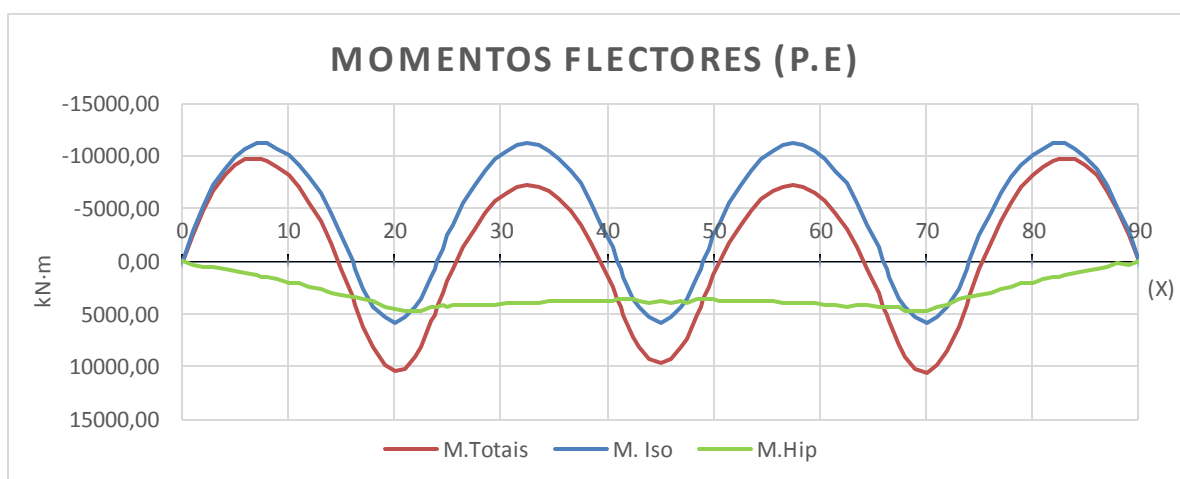


FIGURA 31 – DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES DEVIDOS AO PRÉ-ESFORÇO

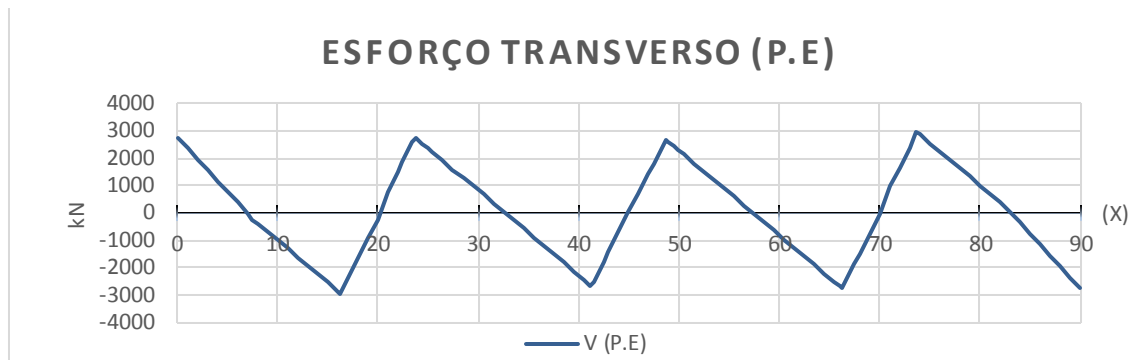


FIGURA 32 – DIAGRAMA DE ESFORÇO TRANSVERSO DEVIDO AO PRÉ-ESFORÇO

3. VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA DO TABULEIRO NA DIRECÇÃO LONGITUDINAL

3.1 Verificação da Segurança em relação aos Estados Limite de Utilização

A verificação da segurança do tabuleiro em relação ao estado limite de descompressão foi realizado segundo uma combinação quase permanente, enquanto que o estado limite de largura de fendas foi realizado através de uma combinação frequente de acções.

3.1.1 Verificação da segurança ao Estado Limite de Fendilhação

A verificação da segurança ao estado limite de fendilhação foi realizada para o estado limite de descompressão e de largura de fendas, tal como referido na memória descritiva e justificativa.

3.1.2 Verificação da segurança ao Estado Limite de Descompressão

Na verificação da segurança ao estado limite de descompressão foram determinados os momentos redistribuídos devidos à fluência para o peso próprio e pré-esforço, tal como as tensões a curto prazo, nas fases construtivas e a longo prazo.

Nas figuras seguintes, apresentam-se os diagramas de momentos redistribuídos devido à fluência para o peso próprio e pré-esforço:

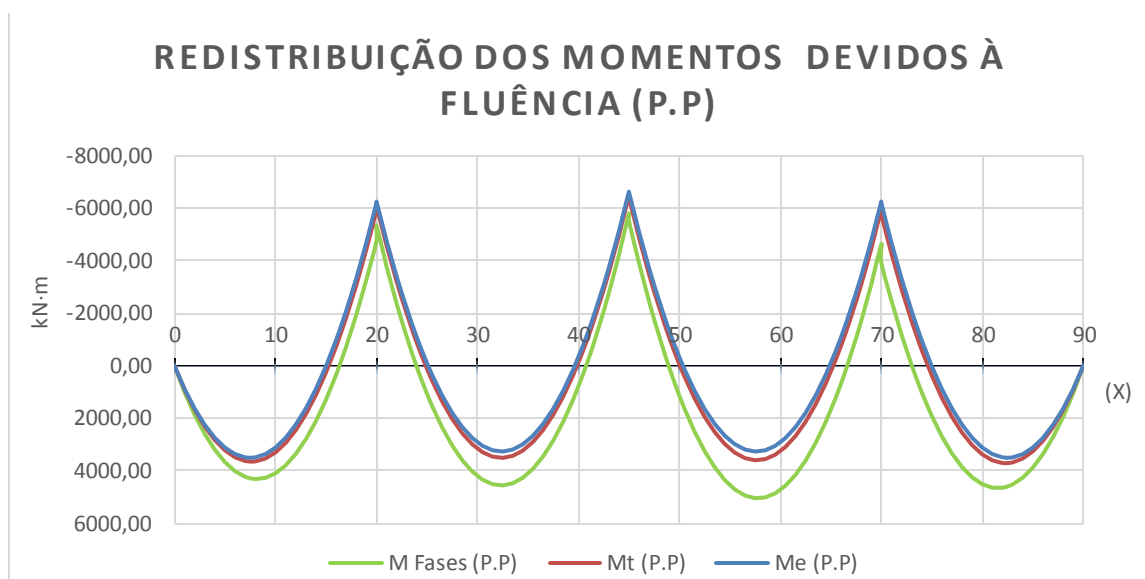


FIGURA 33 – DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES REDISTRIBUÍDOS (P.P.)

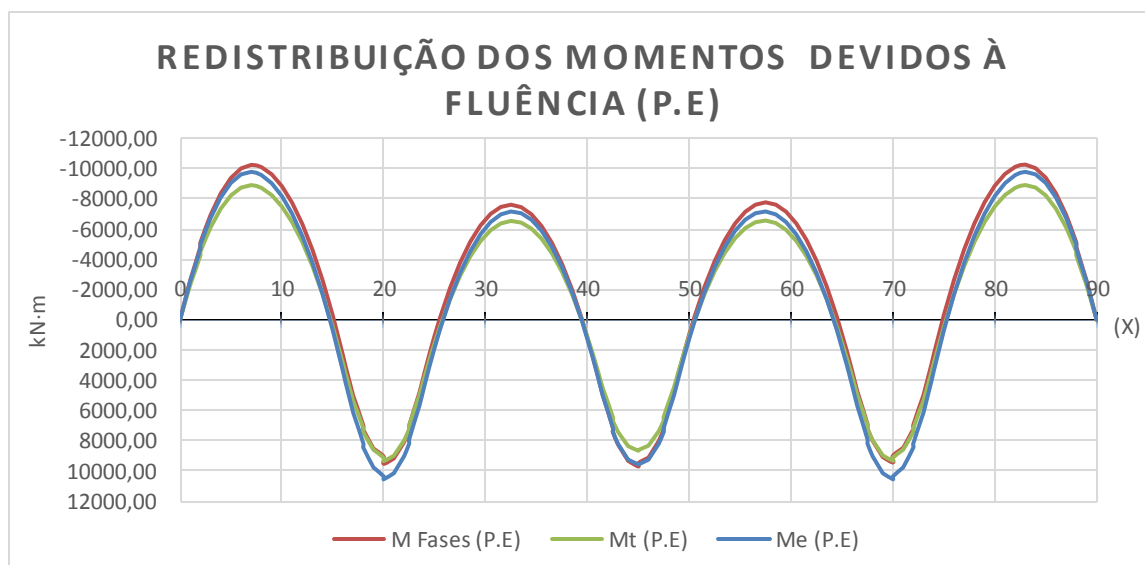


FIGURA 34 – DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES REDISTRIBUÍDOS (P.E)

As figuras seguintes apresentam as tensões nas fibras superiores e inferiores, para a combinação de acções quase permanente considerada, para curto prazo, fases construtivas e longo prazo:

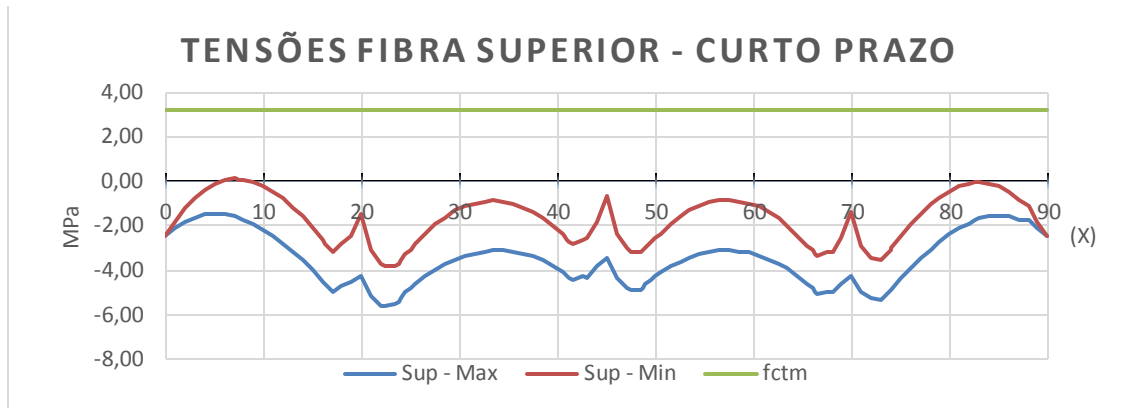


FIGURA 35 – DIAGRAMA DE TENSÕES NA FIBRA SUPERIOR A CURTO PRAZO

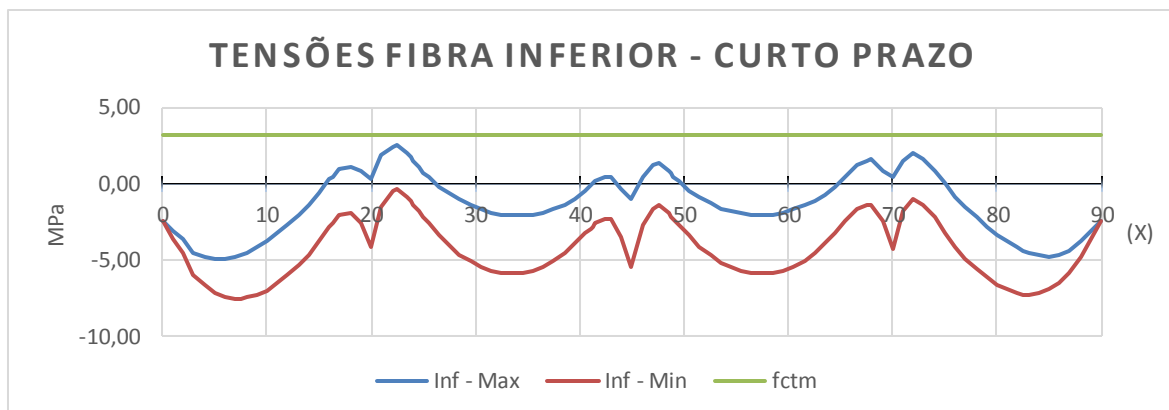


FIGURA 36 – DIAGRAMA DE TENSÕES NA FIBRA INFERIOR A CURTO PRAZO

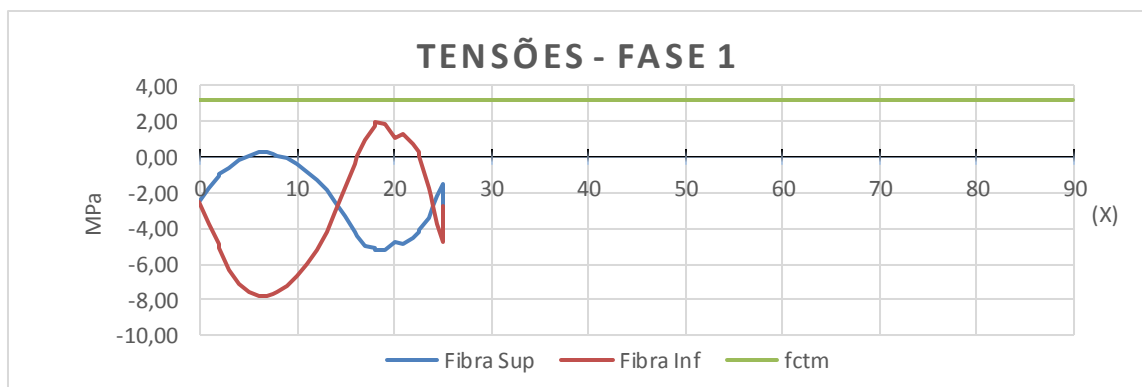


FIGURA 37 – DIAGRAMA DE TENSÕES NAS FIBRAS FASE 1

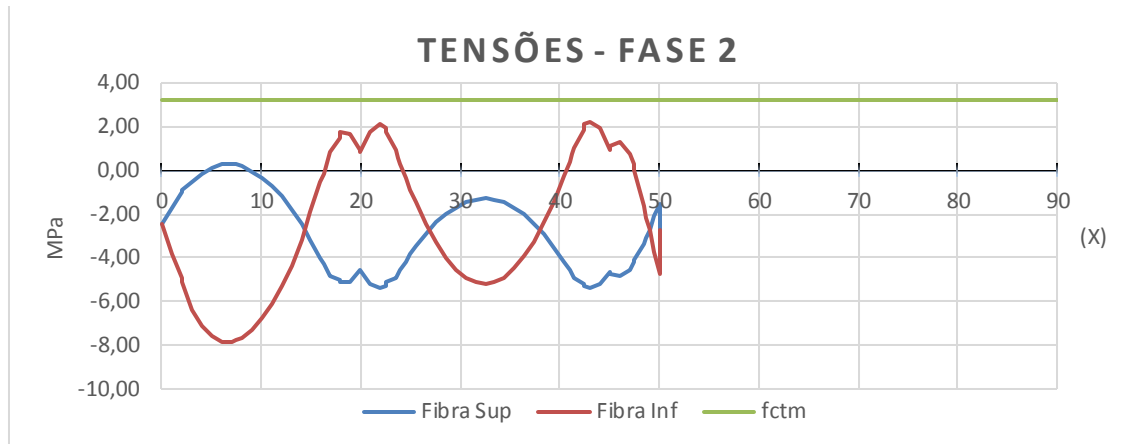


FIGURA 38 – DIAGRAMA DE TENSÕES NAS FIBRAS FASE 2

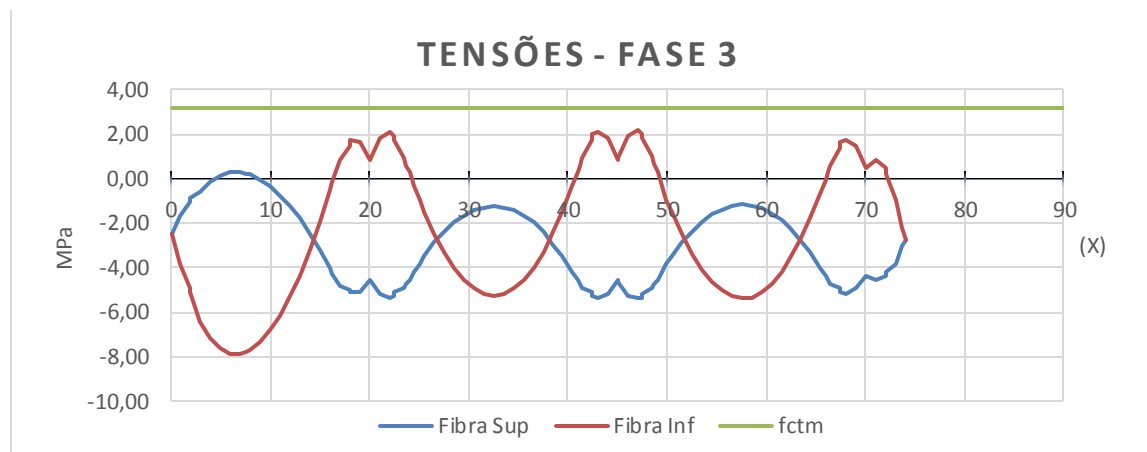


FIGURA 39 – DIAGRAMA DE TENSÕES NAS FIBRAS FASE 3

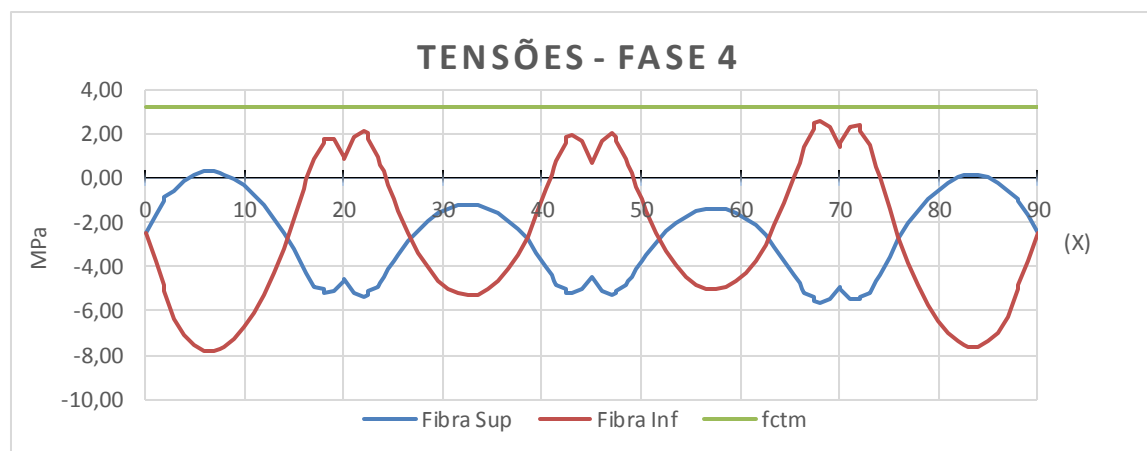


FIGURA 40 – DIAGRAMA DE TENSÕES NAS FIBRAS FASE 4

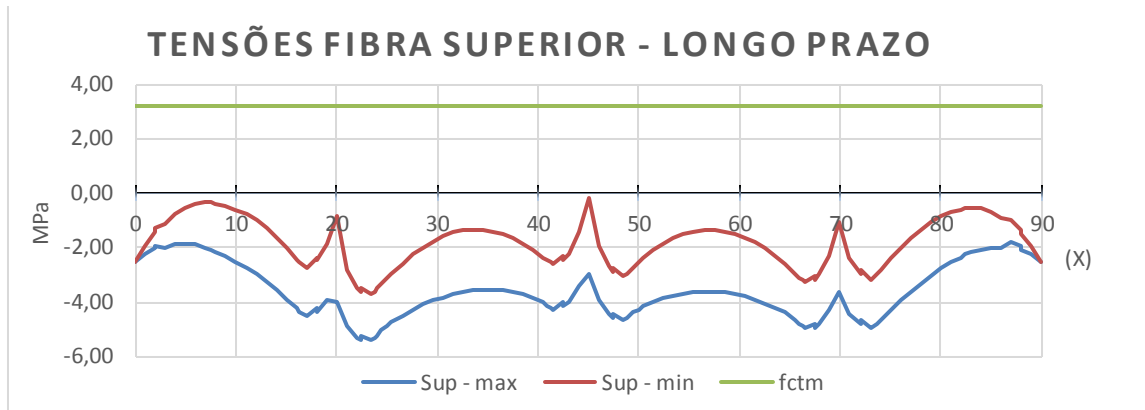


FIGURA 41 – DIAGRAMA DE TENSÕES NA FIBRA SUPERIOR A LONGO PRAZO

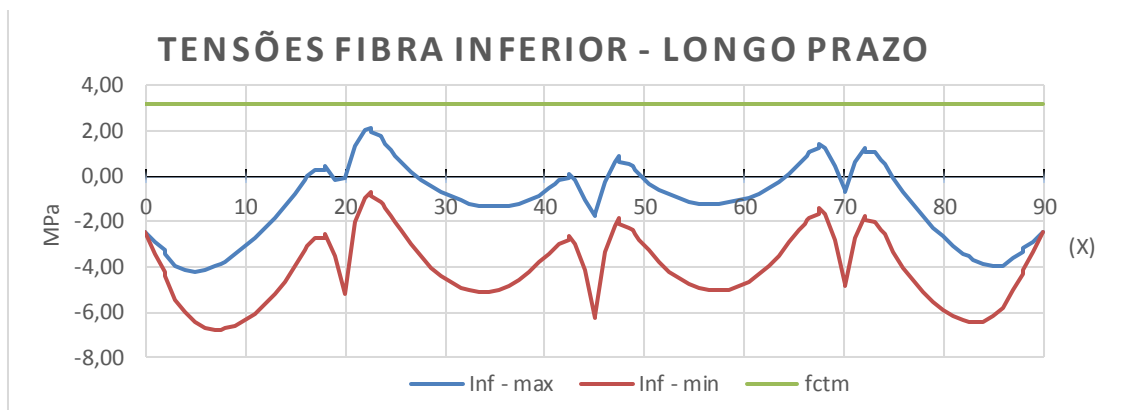


FIGURA 42 – DIAGRAMA DE TENSÕES NA FIBRA INFERIOR A LONGO PRAZO

Conforme se pode constatar, a secção da nervura do tabuleiro encontra-se na sua maioria comprimida, assim como nas secções em que ocorrem tracções, zona junto aos apoios, esses valores de tracção são inferiores aos valores de f_{ctm} igual a 3,2 MPa para o betão da classe C35/45 adoptado. Os valores de compressão existentes também são inferiores ao valor de f_{cm} igual a 43 MPa.

Deste modo, verifica-se a segurança ao estado limite de descompressão.

Os cálculos referentes à verificação a este estado limite de descompressão, e o valor das tensões determinadas encontram-se mencionados nos ANEXOS 5A, 5B e 5C.

3.1.3 Verificação da segurança ao Estado Limite de Largura de Fendas

A verificação da segurança ao estado limite de largura de fendas foi realizada segundo a realização de três combinações frequentes, estas são:

i. Acção Base: Sobrecargas (Combinação Frequente 1)

$$G + \psi_1 \times SC + \psi_2' \times VUT + \psi_2'' \times VDT$$

ii. Acção Base: VUT (Combinação Frequente 2)

$$G + \psi_2 \times SC + \psi_1' \times VUT + \psi_2'' \times VDT$$

iii. Acção Base: VDT (Combinação Frequente 3)

$$G + \psi_2 \times SC + \psi_2' \times VUT + \psi_1'' \times VDT$$

Na verificação a este estado limite foram determinadas as tensões a curto prazo e a longo prazo.

Nas figuras seguintes apresentam-se as tensões nas fibras superiores e inferiores, para as três combinações de acções frequentes consideradas, para curto prazo e a longo prazo:

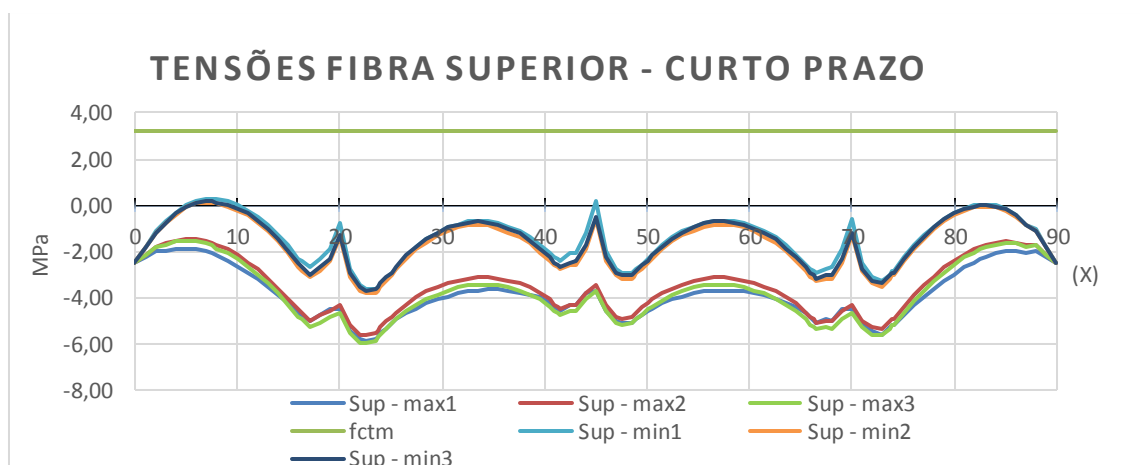


FIGURA 43 – DIAGRAMA DE TENSÕES NA FIBRA SUPERIOR A CURTO PRAZO

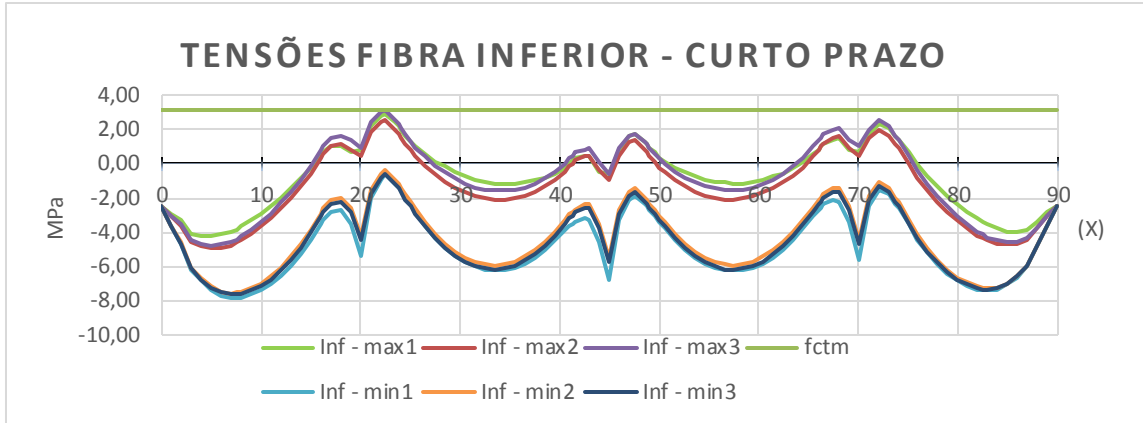


FIGURA 44 - DIAGRAMA DE TENSÕES NA FIBRA INFERIOR A CURTO PRAZO

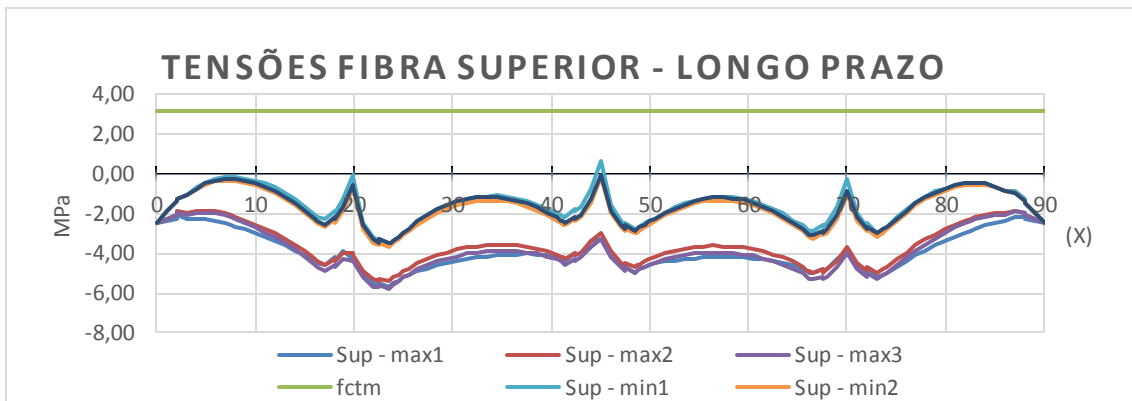


FIGURA 45 - DIAGRAMA DE TENSÕES NA FIBRA SUPERIOR A LONGO PRAZO

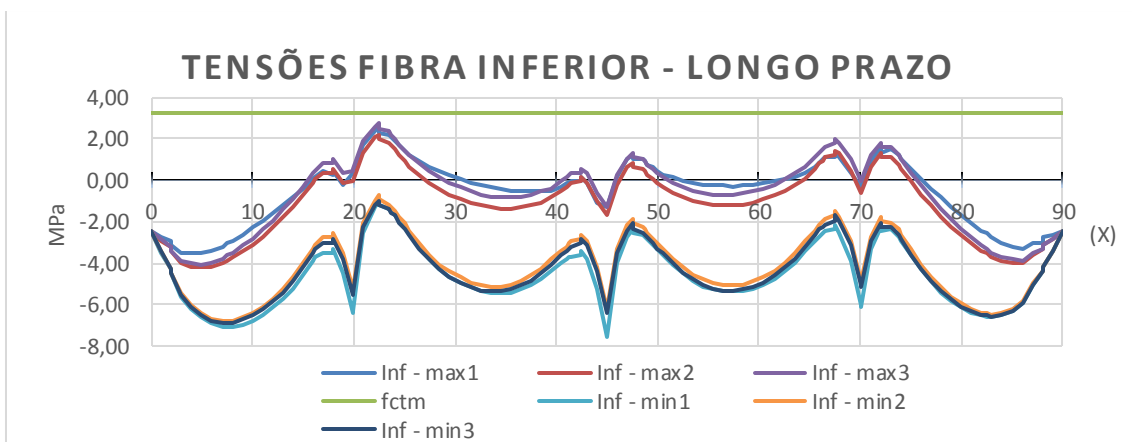


FIGURA 46 - DIAGRAMA DE TENSÕES NA FIBRA INFERIOR A LONGO PRAZO

Analisando os diagramas de tensões para as fibras superior e inferior, a curto e longo prazo, verifica-se que a secção do tabuleiro encontra-se comprimida na maioria das secções, pelo que não se verifica a ocorrência de fendas, verificando-se assim o estado limite de largura de fendas.

Os cálculos referentes à verificação a este estado limite de largura de fendas, e o valor das tensões determinadas encontram-se mencionados nos ANEXOS 6A e 6B.

3.1.4 Verificação da segurança ao Estado Limite de Deformação

O estado limite de deformação foi verificado tendo em conta as disposições impostas no REBAP relativamente às flechas máximas admissíveis a longo prazo.

A flecha elástica máxima determinada situa-se a meio vão dos tramos interiores, para as acções actuantes os seus valores são os seguintes:

$$\delta_{PP} = 4.5 \text{ mm } (\downarrow);$$

$$\delta_{RCP} = 2.0 \text{ mm } (\downarrow);$$

$$\delta_{PE} = 6.4 \text{ mm } (\uparrow);$$

$$\delta_{Comboio} = 7.6 \text{ mm } \times 1.10 \text{ (Coef. Dinâmico)} = 8.36 \text{ mm } (\downarrow).$$

Para ter em conta os efeitos da fluência do betão no tabuleiro, considerou-se um coeficiente de fluência médio igual a $\varphi_{med} = 2.32$ (ver ANEXO 2).

A flecha máxima no tabuleiro, segundo o REBAP, para a combinação frequente será:

– Flecha em tempo infinito:

$$\delta_{Total} = (1 + 2.32) \times (4.5 + 2) - 6.4 + 0.6 (\psi_1) \times 8.36 = 20.20 \text{ mm } (\downarrow)$$

$$\Leftrightarrow \delta_{Total} = 20.20 \text{ mm} = \frac{L}{1238} < \frac{L}{400} \text{ (Artº 72.2 – REBAP)}$$

Verifica-se que a flecha máxima encontra-se dentro do limite imposto pelo REBAP, e portanto a segurança ao Estado Limite de Deformação está verificada.

3.2 Verificação da Segurança em relação aos Estados Limites Últimos

3.2.1 Combinações Efectuadas

A verificação aos estados limites últimos para a secção do tabuleiro foi realizada para uma *combinação fundamental de acções*. Nesta combinação as acções consideradas foram as acções de peso próprio do tabuleiro, restante carga permanente, retracção do tabuleiro, acção do pré-esforço, força centrífuga, força de frenagem e comboio tipo.

3.2.2 Verificação do Estado Limite Último de Resistência à Flexão

A envolvente de momentos flectores actuantes e resistentes determinados a curto e longo prazo, incluindo a componente hiperstática do pré-esforço, representam-se nas figuras seguintes:

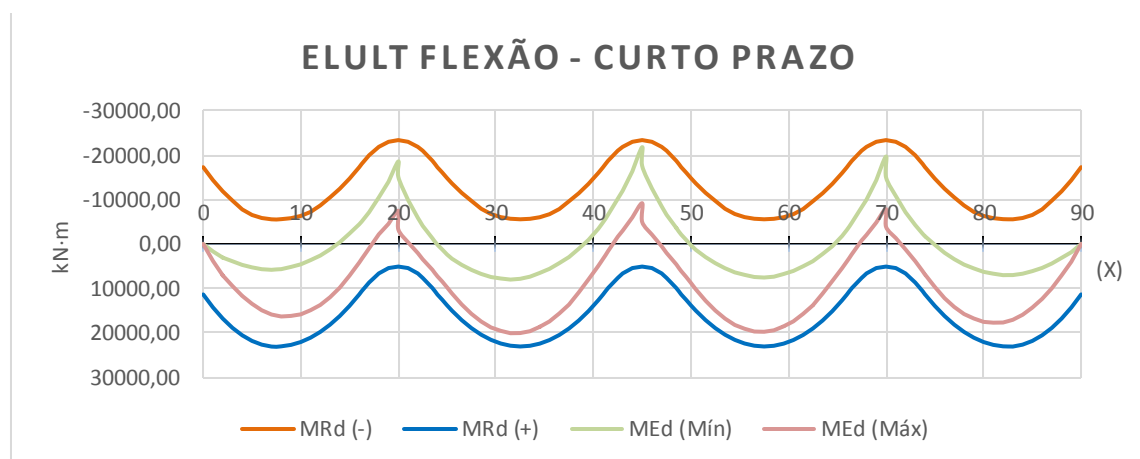


FIGURA 47 – DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES ACTUANTE E RESISTENTES A CURTO PRAZO

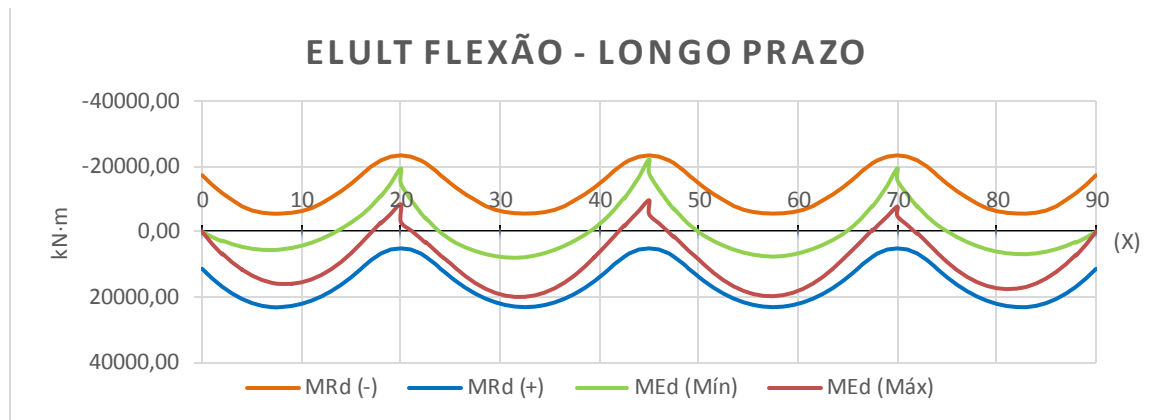


FIGURA 48 – DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES ACTUANTE E RESISTENTES A LONGO PRAZO

A verificação deste estado limite último é comprovada pela análise dos diagramas de momentos flectores actuantes e resistentes, em que se verifica que os esforços resistentes são superiores aos actuantes, pelo que se encontra verificada a segurança ao estado limite último de resistência à flexão.

Os cálculos referentes à verificação a este estado limite de flexão, a curto e a longo prazo, encontram-se mencionados nos ANEXOS 7A e 7B.

3.2.3 Verificação do Estado Limite Último de Resistência ao Esforço Transverso com Torção

Na figura seguinte apresenta-se a envolvente do diagrama de esforços transversos actuantes, neste diagrama está presente a contribuição do pré-esforço no tabuleiro:

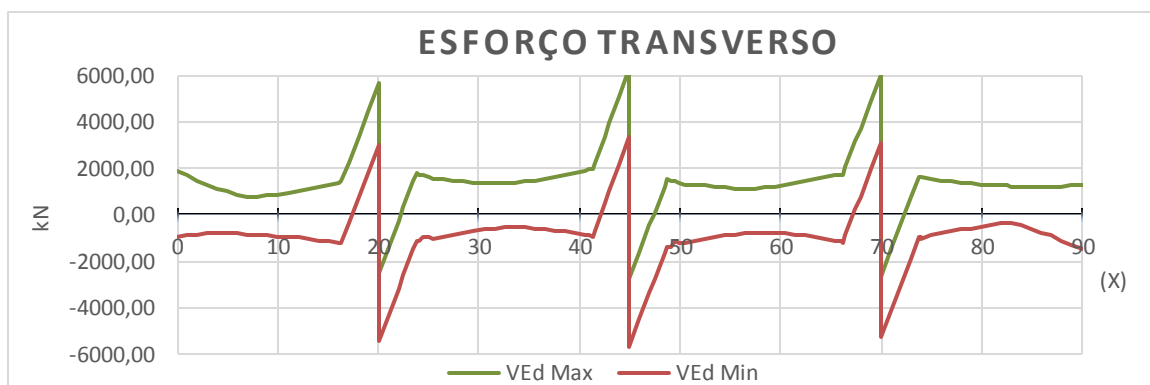


FIGURA 49 – DIAGRAMA DE ESFORÇO TRANSVERSO ACTUANTE MÁXIMO E MÍNIMO

A verificação do estado limite último de resistência ao esforço transversal foi efectuada segundo o estipulado na regulamentação REBAP, que define o valor de cálculo do esforço transversal resistente pela seguinte expressão:

$$V_{Rd} = V_{cd} + V_{wd}$$

Em que:

No caso de: $\tau_V + \tau_T \leq \tau_1$: $V_{cd} = \tau_1 \cdot \left(\frac{\tau_V}{\tau_V + \tau_T} \right) \cdot b_w \cdot d$;

No caso de: $\tau_V + \tau_T > \tau_1$: $V_{cd} = \tau_1 \cdot b_w \cdot d$;

$$V_{wd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd}$$

Para tal, foram considerados os seguintes parâmetros:

- $\tau_1 = 0.90$ MPa;
- $\tau_2 = 7.0$ MPa;
- b_w (Secção Maciça) = 2.50 m;
- b_w (Secção Aligeirada) = 1.98 m;
- $d = 1.50 - 0.03 = 1.47$ m;
- $f_{yd} = 435$ MPa (Aço A500).

A envolvente de esforços transversos actuantes e resistentes determinados, incluindo o pré-esforço, apresenta-se na figura 50:

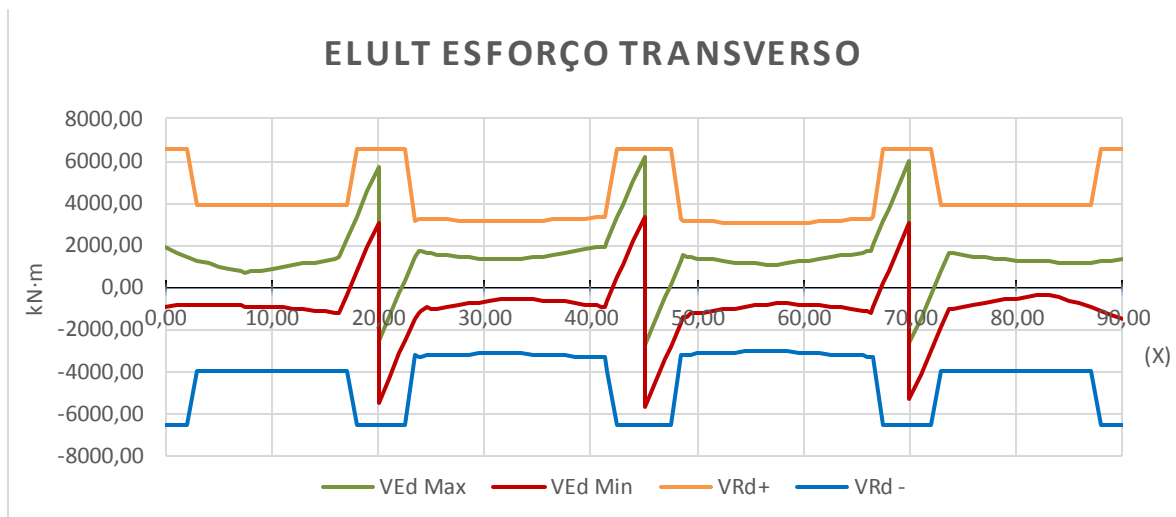


FIGURA 50 – DIAGRAMA DE ESFORÇOS TRANSVERSOS ACTUANTE E RESISTENTES

Analisando os diagramas de esforços transversos actuantes e resistentes da figura anterior, verifica-se que os esforços resistentes são superiores aos actuantes, pelo que se encontra verificada a segurança ao estado limite ultimo de resistência ao esforço transverso.

Os cálculos referentes à verificação a este estado limite de esforço transversal, encontram-se mencionados no ANEXO 8.

3.2.4 Verificação do Estado Limite Último de Resistência à Torção associada a Flexão e a Esforço Transverso

Na figura seguinte apresenta-se o diagrama de momento torsor actuante, neste diagrama está presente a contribuição do pré-esforço no tabuleiro:

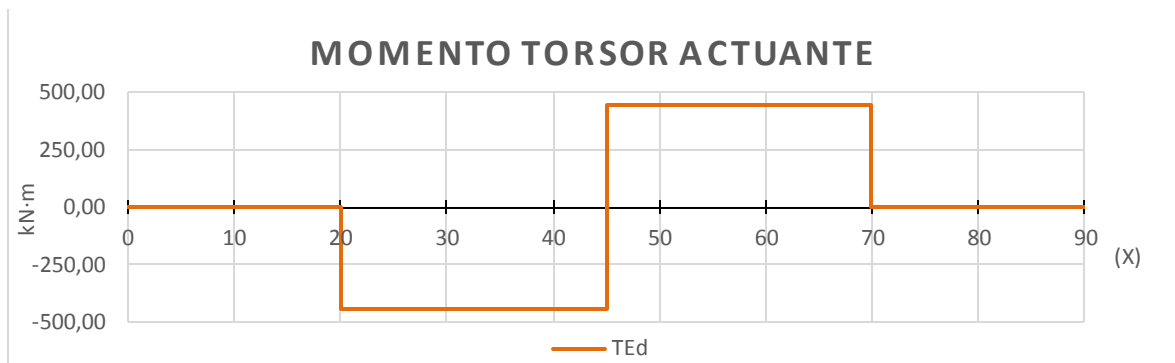


FIGURA 51 – DIAGRAMA DE MOMENTO TORSOR ACTUANTE

A verificação do estado limite último de resistência ao momento torsor, associado a flexão e a esforço transverso, foi efectuada segundo o estipulado na regulamentação REBAP.

O valor de cálculo do momento torsor resistente é dado pelo menor dos valores obtidos nas seguintes expressões [2]:

$$\begin{cases} T_{Rd} = T_{cd} + T_{td} \\ T_{Rd} = T_{ld} \end{cases}$$

Em que:

$$\text{No caso de: } \tau_V + \tau_T \leq \tau_1: \quad T_{cd} = 2 \cdot \tau_1 \cdot \left(\frac{\tau T}{\tau_V + \tau_T} \right) \cdot h_{ef} \cdot A_{ef}$$

$$\text{No caso de: } \tau_V + \tau_T > \tau_1: \quad T_{cd} = 0$$

$$T_{td} = 2 \cdot A_{ef} \cdot \frac{A_{st}}{s} \cdot f_{yd}$$

$$T_{ld} = 2 \cdot A_{ef} \cdot \frac{A_{sl}}{u_{ef}} \cdot f_{yd}$$

Nestas expressões:

$$\tau_V = \frac{V_{Ed}}{b_w \cdot d}$$

$$\tau_T = \frac{T_{Ed}}{2 \cdot h_{ef} \cdot A_{ef}}$$

Neste caso, foram considerados os seguintes parâmetros:

- $h_{ef} = 0.49$ m ;
- $A_{ef} = 2.301$ m² ;
- $u_{ef} = 6.556$ m ;
- $\tau_1 = 0.90$ MPa;
- $\tau_2 = 7.0$ MPa;
- b_w (Secção Maciça) = 2.50 m;
- b_w (Secção Aligeirada) = 1.98 m;
- $d = 1.50 - 0.03 = 1.47$ m;
- $f_{yd} = 435$ MPa (Aço A500).

Através dos parâmetros anteriormente referidos, foram determinados os valores de armadura necessária – armadura transversal de torção e armadura longitudinal de torção, de modo a satisfazer a verificação da segurança a este estado limite último de resistência, tal como se pode verificar na seguinte figura:

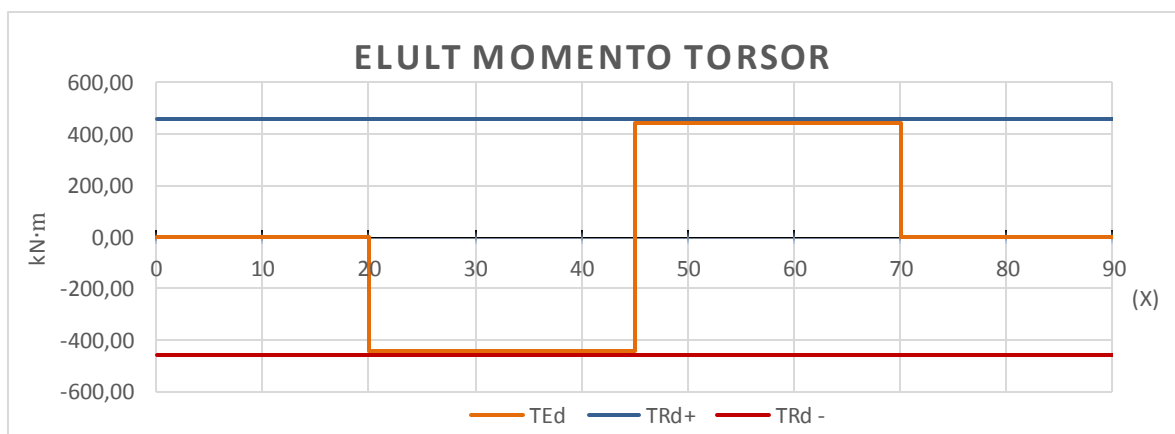


FIGURA 52 – DIAGRAMA DE MOMENTO TORSOR ACTUANTE E RESISTENTE

A verificação deste estado limite último é comprovada pela análise dos diagramas de momentos torsores actuantes e resistentes, em que se verifica que os esforços resistentes são superiores aos actuantes, pelo que se comprova a verificação da segurança ao estado limite ultimo de resistência à torção do tabuleiro.

Os cálculos referentes à verificação a este estado limite de torção encontram-se mencionados no ANEXO 9.

4. VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA DO TABULEIRO NA DIRECÇÃO TRANSVERSAL

4.1 Verificação da Segurança em relação aos Estados Limites Últimos das Consolas Laterais do Tabuleiro

A verificação da segurança do tabuleiro na direcção transversal foi realizada para as consolas laterais, segundo uma combinação fundamental de acções.

As acções actuantes nas consolas do tabuleiro são o peso próprio, as restantes cargas permanentes e a sobrecarga no passeio.

O comboio tipo não entra no seu cálculo, uma vez que a linha férrea encontra-se localizada no interior da nervura do tabuleiro, não apresentando qualquer influência nas consolas.

Segundo o Art.º 55 do RSA, nos passeios das pontes ferroviárias deverá ser considerada uma sobrecarga uniformemente distribuída ou uma carga concentrada, sendo considerada a mais desfavorável. Os valores característicos das cargas concentrada e uniformemente distribuída são de 10.0 kN e 2.0 kN/m², respectivamente.

A análise transversal das consolas do tabuleiro realizou-se através do uso de um modelo de cálculo de uma consola encastrada na viga do tabuleiro com 2.60 m de comprimento, tal como esquematizado na figura seguinte:

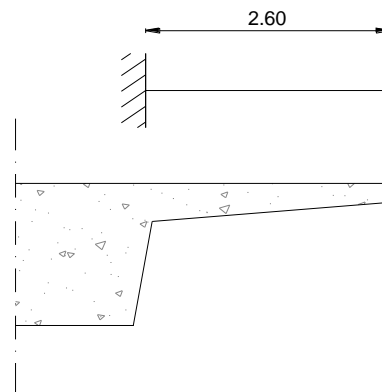


FIGURA 53 – MODELO DE CÁLCULO PARA A VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA AOS ELULT. DAS CONSOLAS LATERAIS

Para a análise do peso próprio da consola, adoptou-se uma espessura equivalente (h_{eq}) para a simplificação do seu cálculo, uma vez que a espessura da mesma varia ligeiramente ao longo do seu comprimento.

Deste modo, o valor do peso próprio da consola assume o seguinte valor:

$$A_{consola} = 0.803 \text{ m}^2;$$

$$h_{eq} = \frac{A_{consola}}{L_{consola}} = \frac{0.803}{2.60} = 0.309 \text{ m};$$

$$PP_{consola} = 25.0 \text{ kN/m}^3 \times 0.309 \text{ m} \times 1 \text{ m.l.} = 7.73 \text{ kN/m}$$

O valor da restante carga permanente (RCP) total nos passeios é igual a 17.86 kN/m, pelo que para a análise de uma consola o valor considerado é igual a metade desse valor:

$$RCP = \frac{17.86}{2} = 8.93 \text{ kN/m};$$

As acções de peso próprio (PP) e restante carga permanente (RCP) consideradas neste modelo, apresentam-se representadas nas seguintes figuras:

- **Acção do Peso Próprio da consola (PP)**

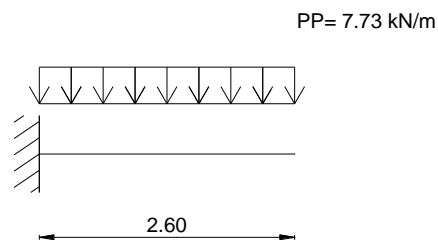


FIGURA 54 – MODELO DE CÁLCULO PARA A ACÇÃO DO PESO PRÓPRIO NA CONSOLA

- **Acção da Restante Carga Permanente (RCP)**

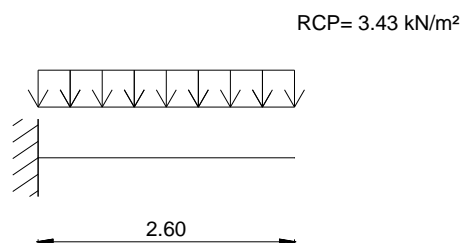


FIGURA 55 – MODELO DE CÁLCULO PARA A ACÇÃO DA RESTANTE CARGA PERMANENTE

Na análise da acção da sobrecarga dos passeios sobre a consola analisaram-se duas hipóteses, tal como definido no RSA (Art.º 55), a primeira hipótese é a aplicação de uma sobrecarga uniformemente distribuída que pretende simular a existência de pessoas ou objectos que se possam encontrar na zona dos passeios. Enquanto que, a segunda hipótese pretende simular a existência de um equipamento muito pesado nessa zona, para o caso de ser necessária a realização de alguma reparação ou outra situação similar.

Nas figuras seguintes, representam-se as duas hipóteses consideradas neste modelo para a acção de sobrecarga no passeio:

- **Acção da Sobrecarga a considerar (Hipótese 1 e Hipótese 2)**

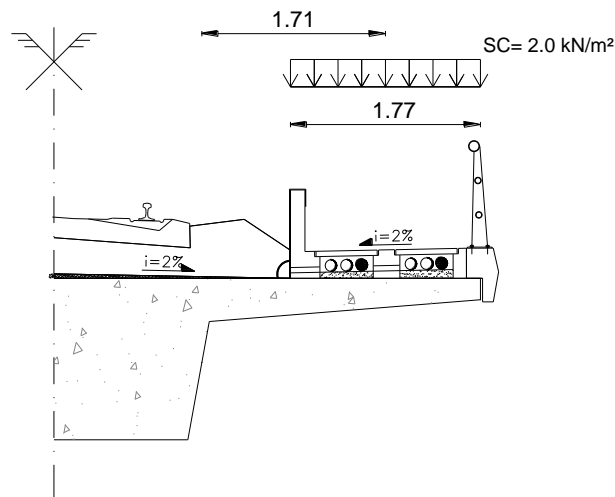


FIGURA 56 – MODELO DE CÁLCULO PARA A ACÇÃO DA SOBRECARGA (HIPÓTESE 1)

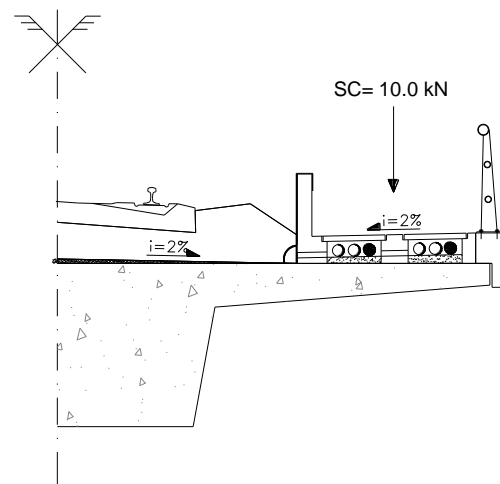


FIGURA 57 – MODELO DE CÁLCULO PARA A ACÇÃO DA SOBRECARGA (HIPÓTESE 2)

A verificação da segurança realizou-se para os momentos flectores actuantes máximos, localizados junto ao encastramento da consola, os valores obtidos foram os seguintes:

- **Peso Próprio (PP):**

$$M_{PP} = 7.73 \times \frac{2.60^2}{2} = 26.13 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

- **Restante Carga Permanente:**

$$M_{RCP} = 8.93 \times \frac{2.60^2}{2} = 30.18 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

- **Sobrecarga (SC):**

- i. **Hipótese 1** – Sobrecarga uniformemente distribuída de 2.0 kN/m²

$$M_{SC,1} = 2.0 \times (1.77 \times 1 \text{ m.l.}) \times 1.71 = 6.05 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

- ii. **Hipótese 2** – Sobrecarga concentrada de 10.0 kN

$$M_{SC,2} = \frac{P \cdot L}{2 \cdot L} = \frac{P}{2} = \frac{10}{2} = 5.0 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

Conclui-se portanto, que a Hipótese 1 é a sobrecarga mais desfavorável, e por isso será a sobrecarga a considerar na verificação da segurança.

O cálculo do momento actuante de cálculo foi efectuado segundo uma combinação de acções fundamental:

$$M_{Ed} = \gamma_G \times M_{PP} + \gamma_G \times M_{RCP} + \gamma_Q \times M_{SC,1}$$

$$\Leftrightarrow M_{Ed} = 1.35 \times 26.13 + 1.50 \times 30.18 + 1.50 \times 6.05 = 89.62 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

A armadura a adoptar à consola, por forma a verificar o estado limite último de flexão será:

C 35/45	A500	fck = 35.00 MPa	fcd = 23.33 MPa
		fyk = 500.00 MPa	fyd = 434.78 MPa
M_{Ed} = 89.62 kN·m/m			
d = 0.259 m		μ = 0.0573	As = 8.26 cm²/m
b = 1.00 m		ω = 0.0594	As, mín = 3.11 cm²/m

Armadura a adoptar:

φ12//0.10 (11.31 cm²/m)

4.2 Verificação da Segurança em relação aos Estados Limites Últimos das Carlingas de Apoio

Na verificação da segurança aos estados limites últimos das carlingas de apoio existentes nos encontros, adoptou-se um modelo de uma viga simplesmente apoiada.

A secção transversal do tabuleiro sobre os encontros, o modelo de cálculo adoptado e a secção das carlingas apresentam-se nas seguintes figuras:

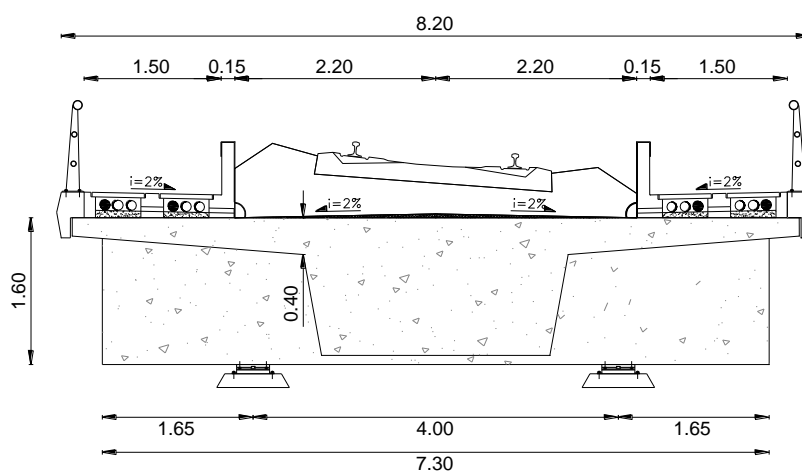


FIGURA 58 – SECÇÃO TRANSVERSAL DO TABULEIRO SOBRE OS ENCONTROS

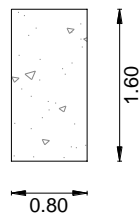


FIGURA 59 – SECÇÃO TRANSVERSAL DAS CARLINGAS DE APOIO

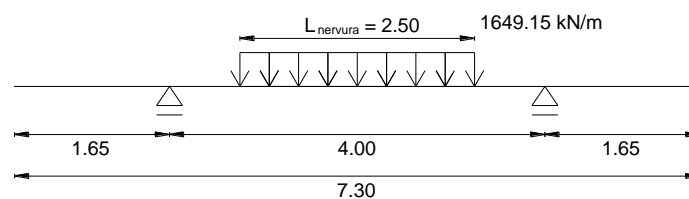


FIGURA 60 – MODELO DE CÁLCULO ADOPTADO PARA A ANÁLISE DAS CARLINGAS DE APOIO

A carga uniformemente distribuída aplicada tem um comprimento igual à largura da base da nervura, na qual são transmitidos os esforços provenientes do tabuleiro na secção dos encontros para o modelo de viga simplesmente apoiada das carlingas.

O valor da carga uniformemente distribuída corresponde ao valor máximo dos esforços actuantes nos encontros - $Q_{(CP+Comboio\ Tipo)}$, para uma combinação fundamental de acções, na qual estão presentes as acções de peso próprio do tabuleiro (PP), restante carga permanente (RCP), acção dos cabos de pré-esforço e o comboio tipo.

A carga total é distribuída pela largura da nervura do tabuleiro, o seu valor já majorado pelos coeficientes de segurança é igual a:

$$Q_{(CP+Comboio\ Tipo)} = 4122.87 \text{ kN}$$

$$Q_{(CP+Comboio\ Tipo)} / m = \frac{4122.87}{2.50} = 1649.15 \text{ kN/m}$$

- Flexão

O valor do momento de cálculo actuante resultante e a armadura de flexão resistente obtida foram os seguintes:

$$M_{Ed} = 2782.94 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

C 35/45	A500	fck =	35.00	MPa	gcd =	23.33	MPa
		fyk =	500.00	MPa	fyd =	434.78	MPa
M_{Ed} =	2782.94	kN·m					
d =	1.55	m	μ =	0.0621	As =	42.97	cm²
b =	0.80	m	ω =	0.0646	As, mín =	14.88	cm²

Armadura a adoptar:

14φ20 (43.96 cm²).

- Esforço Transverso

O valor do esforço transverso de cálculo actuante resultante e a armadura resistente obtida foram os seguintes:

$$V_{Ed} = 2061.44 \text{ kN}$$

- $b_w = 0.80 \text{ m}$;
- $\tau_1 = 0.90 \text{ MPa}$;
- $d = 1.60 - 0.03 = 1.57 \text{ m}$;

$$V_{Rd} = V_{cd} + V_{wd}$$

Para a carlinga em análise, tem-se que:

$$V_{cd} = \tau_1 \cdot b_w \cdot d = 0.90 \times 0.80 \times 1.57 \times 1000 = 1130.40 \text{ kN} ;$$

Adoptaram-se dois estribos:

Um estribo de 2 ramos $\phi 16//0.20$ ($10.05 \text{ cm}^2/\text{m}$) e um estribo de 2 ramos $\phi 12//0.20$ ($5.65 \text{ cm}^2/\text{m}$):

$$V_{wd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} = 0.9 \times 1.57 \times (2 \times 10.05 + 2 \times 5.65) \times \frac{435}{10} = 1930.02 \text{ kN} ;$$

Desta forma, verifica-se a segurança estipulada no REBAP:

$$V_{Rd} = 1130.40 + 1930.02 = 3060.42 \text{ kN} > V_{Ed} = 2061.44 \text{ kN}$$

Armadura a adoptar:

$\phi 16//0.20$ (2R) + $\phi 12//0.20$ (2R) ($31.40 \text{ cm}^2/\text{m}$).

4.3 Verificação da Segurança em relação aos Estados Limites Últimos do Muro Guarda Balastro

Na verificação da segurança aos estados limites últimos dos muros guarda balastro, adoptou-se o seguinte modelo de cálculo:

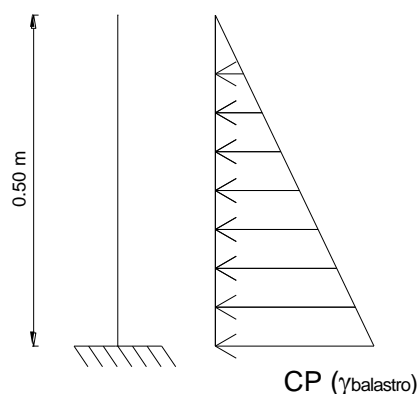


FIGURA 61 – MODELO DE CÁLCULO ADOPTADO PARA OS MUROS GUARDA BALASTRO

Neste cálculo foram considerados os seguintes parâmetros:

$$\gamma_{balastro} = 15 \text{ kN/m}^3 ;$$

$$\phi_{balastro} = 40^\circ ;$$

$$k_0 = 1 - \text{sen}\phi = 1 - \text{sen}(40^\circ) = 0.357 ;$$

De acordo com o modelo de cálculo apresentado na figura anterior, os esforços para o dimensionamento dos muros guardas balastro são:

$$CP_{balastro} = k_0 \cdot \gamma_{balastro} \cdot H = 0.357 \times 15 \times 0.50 = 2.68 \text{ kN/m}^2 ;$$

- Flexão

$$M_{Ed} = 1.5 \times \left(\frac{1}{2} \times 2.68 \times 0.50 \right) \times \left(\frac{1}{3} \times 0.50 \right) = 0.17 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

C 35/45	A500	fck = 35.00	MPa	fcd = 23.33	MPa
		fyk = 500.00	MPa	fyd = 434.78	MPa
M_{Ed} = 0.17	kN·m/m				
d = 0.15	m	μ = 0.0003		As = 1.80	cm²
b = 1.00	m	ω = 0.0003		As,mín = 1.80	cm²

Armadura a adoptar:

φ12//0.20 (5.65 cm²/m).

- Esforço Transverso

$$V_{Ed} = 1.5 \times \left(\frac{1}{2} \times 2.68 \times 0.50 \right) = 1.0 \text{ kN/m}$$

Para o muro guarda balastro em análise, tem-se que:

- $b_w = 1.0 \text{ m}$;
- $\tau_1 = 0.90 \text{ MPa}$;
- $d = 0.15 - 0.03 = 0.12 \text{ m}$;

$$V_{cd} = \tau_1 \cdot b_w \cdot d = 0.90 \times 1.0 \times 0.12 \times 1000 = 108.0 \text{ kN/m};$$

$$V_{Rd} = 108.0 > V_{Ed}$$

5. VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA DOS PILARES E SUAS FUNDAÇÕES

5.1 Considerações Gerais

Os pilares em betão armado, adoptados para o projecto em estudo, apresentam ligações monolíticas tanto no tabuleiro como nas suas fundações. Estes apresentam uma secção transversal do tipo circular, de diâmetro igual a 1.20m e ambos com uma altura de 11.0 m.

As suas fundações são directas, também em betão armado, cujas suas dimensões são de $6.0 \times 7.0 \text{ m}^2$ em planta e 1.50m de altura.

Estes elementos serão todos dimensionados para os seus estados limite últimos e todas as verificações realizadas serão indicada nos pontos seguintes.

5.2 Análise dos Esforços Actuantes nos Pilares

5.2.1 Combinações e Modelo de Cálculo utilizados

Os esforços nos pilares foram determinados para as *combinações sísmica e fundamental*, no entanto, verificou-se que a combinação sísmica não é a mais gravosa para a verificação da segurança aos estados limites últimos, mas sim a combinação fundamental.

O modelo de cálculo utilizado foi o modelo de pórtico tridimensional, referenciado na memória descritiva e justificativa, para a combinação fundamental e sísmica.

5.2.2 Acções Actuantes

As acções actuantes consideradas para a análise destes elementos, na *combinação fundamental* de acções foram as acções de peso próprio do tabuleiro, restante carga permanente, retracção do tabuleiro, acção do pré-esforço, força centrífuga, força de frenagem e comboio tipo.

Enquanto que, para a *combinação sísmica* apenas foram consideradas as acções de peso próprio, restante carga permanente, acção do pré-esforço, retracção e acção dinâmica do sismo. A acção dinâmica do sismo considerada foi proveniente das acções sísmicas tipo 1 e 2 (AS1 e AS2) para a zona D, de acordo com os espectros de resposta do RSA, representados no ANEXO 11.

Na determinação dos esforços devido à acção sísmica foi considerado um coeficiente de comportamento igual a 2.0 ($\eta=2.0$), este coeficiente é relativo a estruturas de ductilidade normal, tal como estabelecido no Art.º 33 do REBAP.

5.2.3 Esforços Actuantes

Os esforços actuantes nos pilares foram analisados para as combinações de acções fundamental e sísmica, tal como descrito nos pontos anteriores, pelo que no seguinte quadro apresentam-se os seus valores para ambas as combinações, de modo a comprovar qual a mais condicionante para a verificação da segurança dos pilares:

Quadro 18 – Esforços Actuantes de Cálculo – Combinação Sísmica

Elemento	N_{Ed} (kN)	M_x (kN·m)	M_y (kN·m)	M_{Ed} (kN·m)
P1	-4726.42	-405.08	3065.26	3091.92
P2	-5214.29	-752.42	983.34	1238.18
P3	-4723.54	-388.78	-3096.57	3120.88

Quadro 19 – Esforços Actuantes de Cálculo – Combinação Fundamental

Elemento	N_{Ed} (kN)	M_x (kN·m)	M_y (kN·m)	M_{Ed} (kN·m)
P1	-10625.98	2104.30	-6206.30	6553.34
P2	-11385.32	3977.70	-5791.37	7025.82
P3	-10818.01	2104.30	-4170.49	4671.31

Através da análise dos dois quadros, constata-se que a combinação mais gravosa para a análise dos pilares é a *combinação fundamental*, pelo que será esta a combinação a considerar. Uma das razões pelo qual a *combinação sísmica* não é mais condicionante é o facto do projecto em estudo se localizar na zona D, em que a influência da actividade sísmica é baixa nos pilares.

Por outro lado, na *combinação fundamental*, a força centrífuga, juntamente com a força de frenagem e o comboio tipo induzem esforços muito mais elevados na base dos pilares, sendo estes os mais condicionantes na sua verificação aos estados limites últimos.

5.3 Verificação da Segurança ao Estado Limite Último de Encurvadura

5.3.1 Verificação da Segurança dos Pilares à Flexão

A verificação da segurança dos pilares foi realizada tendo em conta os efeitos de 2ª Ordem, segundo o estipulado na regulamentação REBAP – Art.º 63.

Em seguida, apresentam-se os valores obtidos dos diferentes parâmetros necessários ao cálculo dos “Momentos de 2ª Ordem”, no seguinte quadro:

Quadro 20 – Parâmetros para cálculo dos Momentos de 2º Ordem

Elemento	N_{Ed} (kN)	L (m)	L_0 (m)	ea	η	1/r	e2	λ	ec
P1	-10625.98	11	11	0.0367	0.993	0.0041	0.0501	36.67	0.0
P2	-11385.32	11	11	0.0367	0.927	0.0039	0.0467	36.67	0.0
P3	-10818.01	11	11	0.0367	0.976	0.0041	0.0492	36.67	0.0

A partir, dos parâmetros referidos no quadro anterior, os momentos totais para os três pilares serão determinados, segundo o Art.º 61.2, através da seguinte equação:

$$M_{Ed} = M_{Ed} + \underbrace{N_{Ed} \cdot (ea + e2 + ec)}_{\text{Momentos de 2ª Ordem}}$$

Em que:

Momentos de 2ª Ordem

M_{Ed} – Valor de cálculo do momento flector actuante;

N_{Ed} – Valor de cálculo do esforço normal actuante;

ea, e2, ec – Excentricidades adicionais (Art.º 63).

No quadro seguinte, apresentam-se os momentos totais determinados em cada pilar:

Quadro 21 – Cálculo dos Momentos Totais nos Pilares

Elemento	N_{Ed} (kN)	M_x (kN·m)	M_y (kN·m)	M_{Ed} (kN·m)	M_{Ed} (Total) (kN·m)
P1	-10625.98	2104.30	-6206.30	6553.34	7475.14
P2	-11385.32	3977.70	-5791.37	7025.82	7975.46
P3	-10818.01	2104.30	-4170.49	4671.31	5600.15

Através da análise do quadro anterior, verifica-se que o pilar P2 é o elemento em que os esforços de flexão são máximos, e portanto, a verificação da segurança será efectuada com base nesse momento flector máximo de 7975.46 kN·m.

Na figura seguinte, apresenta-se a interacção momento flector – esforço axial (M-N) actuates, conjuntamente com os seus valores resistentes (M-N):

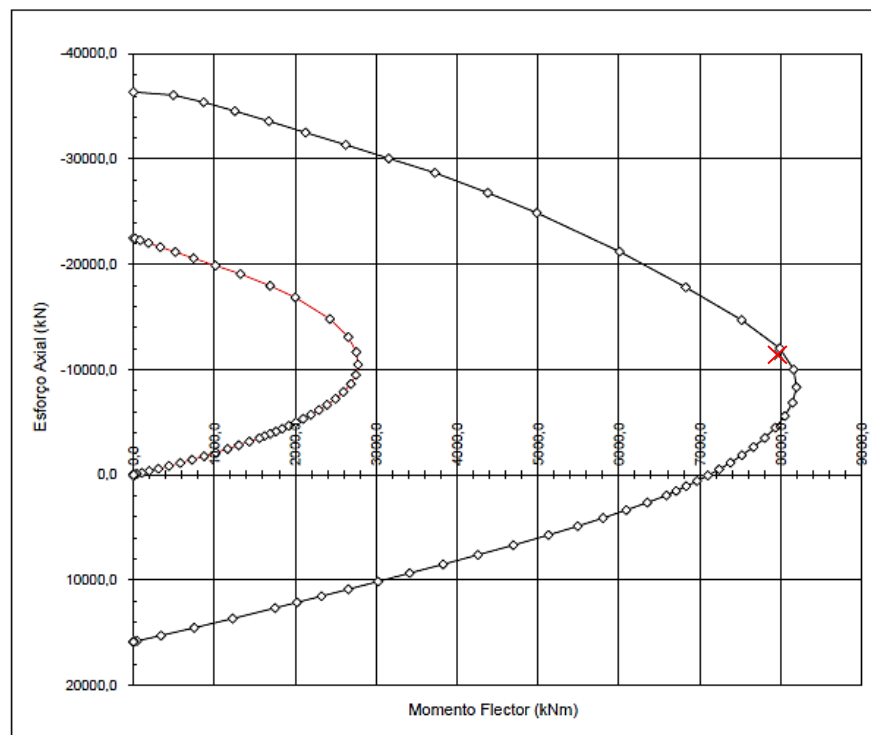


FIGURA 62 – DIAGRAMA DE INTERACÇÃO MOMENTO FLECTOR-ESFORÇO AXIAL M-N (ACTUANTE E RESISTENTE)

Estes M-N resistentes foram determinados através de um programa de cálculo específico para a determinação destes valores em secções circulares, para tal, considerou-se uma armadura de 365 cm², correspondendo a uma percentagem de armadura estimada de 3.23 %.

Verificando-se assim a segurança à flexão dos pilares.

Armadura a adoptar:

Tendo em consideração um diâmetro de 1.20 m em cada pilar, adoptaram-se 46 ϕ 32 (369.84 cm²).

5.4 Verificação da Segurança ao Estado Limite Último de Esforço Transverso

A verificação do estado limite último de resistência ao esforço transverso dos pilares foi efectuada pela mesma metodologia usada no tabuleiro, segundo o estipulado no REBAP.

Os esforços transversos actuantes, admitidos foram também os provenientes da *combinação fundamental de acções*, uma vez que também são os mais gravosos.

No quadro seguinte, apresentam-se os valores obtidos de esforço transverso máximos e de cálculo nos pilares:

Quadro 22 – Esforços Transversos Actuantes Máximos e de Cálculo

Elemento	V _x (kN)	V _y (kN)	V _{Ed} (kN)
P1	1110.66	150.78	1120.84
P2	1001.43	442.65	1094.90
P3	704.41	150.78	720.37

Analisando o quadro anterior, verifica-se que o esforço máximo actuante de cálculo é o esforço transverso no pilar P1, cujo seu valor é 1120.84 kN, e este será o valor admitido para a verificação ao estado limite de esforço transverso.

Na verificação da segurança ao esforço transversal, foram admitidos os seguintes parâmetros:

- $D_{\text{Pilar}} = 1.20 \text{ m}$;
- $b_w = 0.85 \text{ m}$ (Largura da alma da secção equivalente);
- $d = 0.85 - 0.03 = 0.82 \text{ m}$ (Altura útil da secção equivalente);
- $f_{yd} = 435 \text{ MPa}$;
- $\tau_1 = 0.90 \text{ MPa}$;
- $\tau_2 = 7.0 \text{ MPa}$.

Os valores de **d** e **b_w** anteriormente referidos, tratam-se dos valores para a secção circular do pilar a uma secção rectangular equivalente, tal como demonstra a seguinte figura:

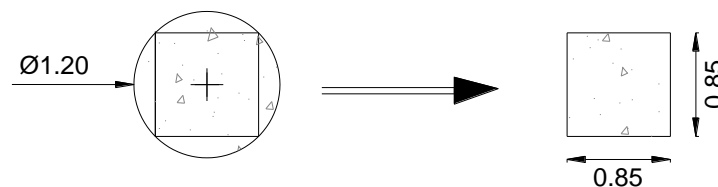


FIGURA 63 – REPRESENTAÇÃO DA SECÇÃO RECTANGULAR EQUIVALENTE DOS PILARES

O esforço transversal resistente é dado por:

$$V_{Rd} = V_{cd} + V_{wd}$$

Os valores de V_{cd} e V_{wd} obtidos foram os seguintes:

$$V_{cd} = \tau_1 \cdot b_w \cdot d = 0.9 \times 0.85 \times 0.82 \times 1000 = 627.30 \text{ kN}$$

$$V_{wd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} = 0.9 \times 0.82 \times (3 \times 7.85) \times \frac{435}{10} = 756.03 \text{ kN}$$

Para o cálculo de V_{wd} , admitiram-se 3 ramos de estribos de $\phi 10/0.10$ ($7.85 \text{ cm}^2/\text{m}$).

A verificação da segurança ao esforço transversal dos pilares está assegurada pela seguinte condição:

$$V_{Ed} = 1120.84 \text{ kN} < V_{Rd} = 627.30 + 756.03 = 1383.33 \text{ kN}$$

Armadura a adoptar:

$\phi 10//0.10$ (3R) (23.55 cm²/m).

5.5 Verificação da Segurança das Fundações dos Pilares

5.5.1 Verificação da Segurança do Solo de Fundação

A verificação da segurança do solo de fundação dos pilares foi determinada, pelos esforços na base dos pilares, resultantes de uma *combinação rara de acções*.

As fundações dos pilares são fundações directas por sapatas, com dimensões de 6.0x7.0 m² em planta e com 1.50 m de altura, como já referidas anteriormente.

Através da análise dos esforços na base dos três pilares, constatou-se que os esforços no pilar P2 são os mais gravosos, e por isso, os mais condicionantes para a verificação da segurança das suas fundações.

Nos seguintes quadros, apresentam-se os valores dos esforços de cálculo na base do pilar P2, e os esforços na base da respectiva fundação (Sapata S2):

Quadro 23 – Esforços de Actuantes Máximos de Cálculo na base do Pilar P2

ESFORÇOS NA BASE DO PILAR P2		
N =	- 7964.71	kN
M_x =	2651.80	kN·m
M_y =	- 3860.92	kN·m
V_x =	667.62	kN
V_y =	295.10	kN

Quadro 24 - Esforços de Actuantes Máximos na base da Sapata

ESFORÇOS NA BASE DA SAPATA S2		
N base =	- 9539.71	kN
Mx base=	3094.45	kN·m
My base =	- 4862.34	kN·m

Os esforços na base da sapata S2, foram determinados ao ponto CG, tal como respresentado na figura seguinte:

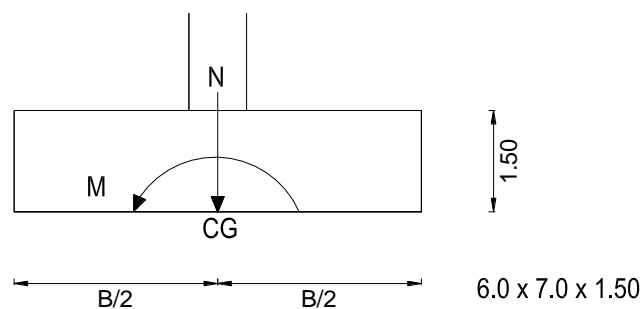


FIGURA 64 - REPRESENTAÇÃO DOS ESFORÇOS ACTUANTES NA BASE DA SAPATA

A tensão actuante no solo, é dada pela seguinte equação:

$$\sigma_{solo} = \frac{N \text{ base}}{(B - 2 \cdot e_x) \cdot (L - 2 \cdot e_y)} = \frac{N \text{ base}}{B' \cdot L'}$$

Em que:

$$B = 6.0 \text{ m};$$

$$L = 7.0 \text{ m};$$

$$e_x = \frac{My \text{ base}}{N \text{ base}} = \frac{4862.34}{9539.71} = 0.51 \text{ m} \Rightarrow B' = 4.98 \text{ m};$$

$$e_y = \frac{Mx \text{ base}}{N \text{ base}} = \frac{3094.45}{9539.71} = 0.32 \text{ m} \Rightarrow L' = 6.36 \text{ m}.$$

A tensão actuante no solo tem o seguinte valor :

$$\sigma_{solo} = 301.57 \text{ kN/m}^2 < \sigma_{adm} = 500.00 \text{ kN/m}^2$$

Uma vez que a tensão actuante no solo é inferior à tensão admissível, então encontra-se verificada a segurança na base da fundação.

5.5.2 Verificação da segurança aos Estados Limites Últimos

A verificação da segurança das fundações foi realizada na direcção X e na direcção Y, tal como será indicado nos pontos seguintes.

A geometria da sapata, os modelos de cálculo das armaduras superiores e a representação da área activa da fundação (A'), isto é, a área efectivamente comprimida, encontram-se representadas nas seguintes figuras:

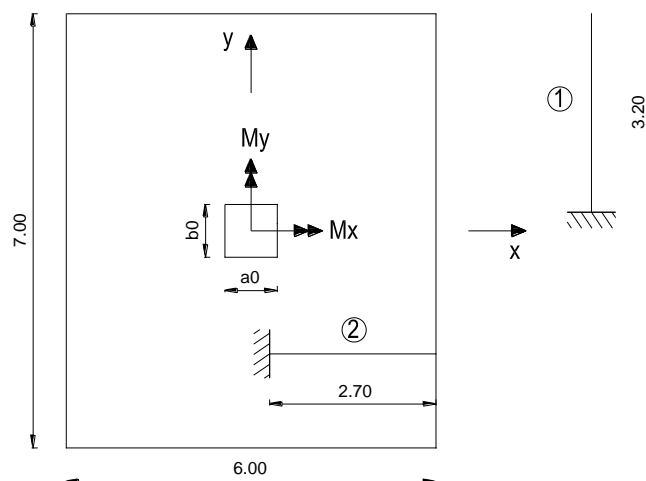


FIGURA 65 – REPRESENTAÇÃO DA GEOMETRIA DA SAPATA E MODELOS DE CÁLCULO DAS ARMADURAS SUPERIORES

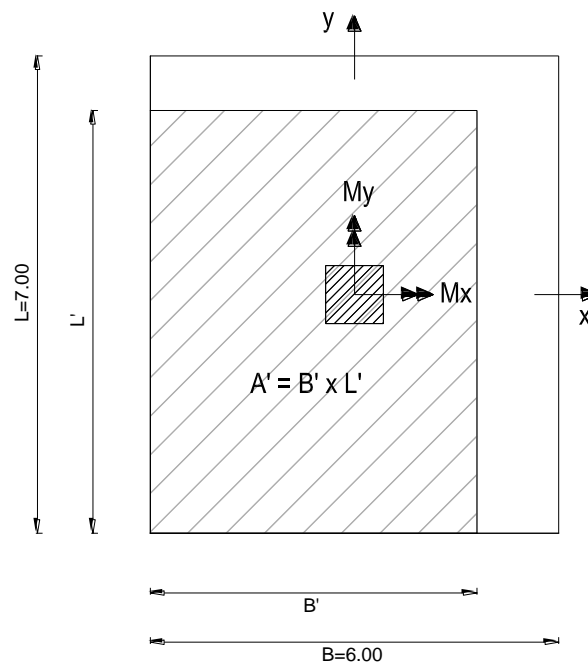


FIGURA 66 – REPRESENTAÇÃO DA ÁREA ACTIVA DA FUNDAÇÃO (A')

ARMADURAS SUPERIORES (MÉTODO DAS CONSOLAS)

O método de cálculo utilizado para o dimensionamento das armaduras superiores foi o método das consolas [6]. Para tal, foram consideradas duas consolas, a consola (1) e (2), representadas na figura 65.

As armaduras superiores foram dimensionadas de modo a suportarem os momentos negativos existentes no topo das fundações, devidos ao peso das terras acima e do peso próprio da sapata.

Deste modo, determinou-se os momentos negativos para as duas consolas consideradas e as armaduras de flexão correspondentes:

$$p = PP_{sapata} + \gamma_{solo} \times H_{Terras}$$

$$p = 25 \times 1.5 + 18 \times 3.18 = 94.74 \text{ kN/m}^2$$

i. Consola ①

$$L_{\text{consola}} = 3.20 \text{ m}$$

$$M_{Ed} = 1.5 \times 94.74 \times \frac{3.20^2}{2} = 727.60 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

C 25/30	A500	fck = 25.00	MPa	fcd = 16.67	MPa
		fyk = 500.00	MPa	fyd = 434.78	MPa
M_{Ed} = 727.60	kN·m				
d = 1.45	m	μ = 0.0208		As = 17.40	cm²/m
b = 1.00	m	ω = 0.0212		As, mín = 17.40	cm²/m

Armadura a adoptar:

φ16//0.10 (20.11 cm²/m).

ii. Consola ②

$$L_{\text{consola}} = 2.70 \text{ m}$$

$$M_{Ed} = 1.5 \times 94.74 \times \frac{2.70^2}{2} = 517.99 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

C 25/30	A500	fck = 25.00	MPa	fcd = 16.67	MPa
		fyk = 500.00	MPa	fyd = 434.78	MPa
M_{Ed} = 517.99	kN·m				
d = 1.45	m	μ = 0.0148		As = 17.40	cm²/m
b = 1.00	m	ω = 0.0150		As, mín = 17.40	cm²/m

Armadura a adoptar:

φ16//0.10 (20.11 cm²/m).

ARMADURAS INFERIORES (MÉTODODAS BIELAS)

O método de cálculo utilizado para o dimensionamento das armaduras inferiores, na direcção X e Y, foi o método das bielas [6]. A metodologia utilizada para a determinação dos esforços actuantes e das armaduras inferiores apresenta-se nos pontos a seguir:

- **Direcção X**

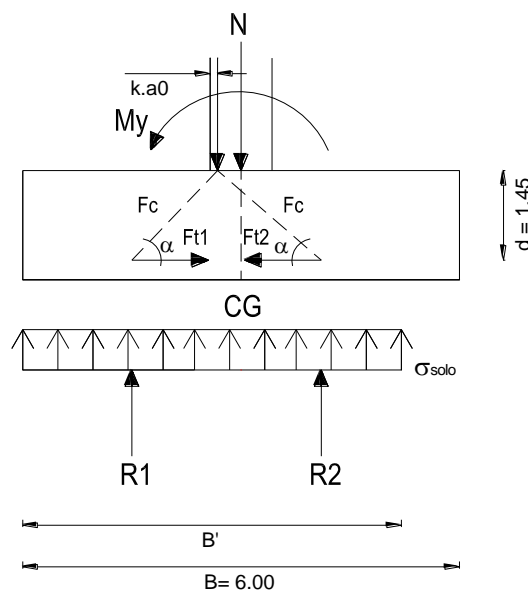


FIGURA 67 – REPRESENTAÇÃO DO ESQUEMA DE CÁLCULO PARA O DIMENSIONAMENTO NA DIRECÇÃO X

Na direcção X, os esforços de cálculo actuantes são:

$$N = - 7964.71 \text{ kN};$$

$$M_y = - 3860.92 \text{ kN}\cdot\text{m};$$

Os parâmetros definidos nesta direcção são os seguintes:

$$d = 1.50 - 0.05 = 0.45 \text{ m};$$

$$a_0 = 0.85 \text{ m};$$

$$e_x = \frac{My}{N} = \frac{3860.92}{7964.71} = 0.48 \text{ m};$$

$$\frac{e_x}{a_0} = 0.570 \Rightarrow k = 0.143 \Rightarrow k \cdot a_0 = 0.122;$$

As reacções R1 e R2 são determinadas segundo as seguintes equações:

$$R1 = \sigma_{solo} \cdot \frac{B}{2} \cdot L'$$

$$R2 = \sigma_{solo} \cdot \left(B' - \frac{B}{2} \right) \cdot L'$$

Estas reacções assumem os seguintes valores:

$$R1 = 5746.11 \text{ kN};$$

$$R2 = 3793.60 \text{ kN};$$

As forças de cálculo nos tirantes Ft1 e Ft2 das armaduras horizontais junto à base da sapata, são determinadas segundo as seguintes equações:

$$Ft1 = \frac{R1 \times \left(\frac{B}{4} - \frac{a_0}{2} + k \cdot a_0 \right)}{d}$$

$$Ft2 = \frac{R2 \times \left(\frac{\left(B' - \frac{B}{2} \right)}{2} + \frac{a_0}{2} - k \cdot a_0 \right)}{d}$$

O valor das forças obtidas foram:

$$Ft1 = 4741.73 \text{ kN};$$

$$Ft2 = 3384.82 \text{ kN}.$$

A armadura necessária para resistir a estas forças, na direcção X, é determinada pela seguinte fórmula:

$$Asx / m = \frac{Ft \times \gamma}{f_{yd} \cdot L'} , \text{ em que } \gamma = 1.5$$

A força F_t , considerada para o dimensionamento da armadura na direcção X é a mais gravosa, ou seja, a $F_{t1} = 4741.73$ kN.

Deste modo, o valor da armadura determinado foi o seguinte:

$$A_{sx} / m = 25.76 \text{ cm}^2 / m$$

Armadura a adoptar:

$\phi 20 // 0.10$ ($31.42 \text{ cm}^2 / m$).

▪ **Direcção Y**

A metodologia adoptada na direcção Y é idêntica à da direcção X, de seguida apresentam-se as diferenças nas equações utilizadas e os respectivos valores calculados, assim como a representação do esquema de cálculo presente na figura seguinte:

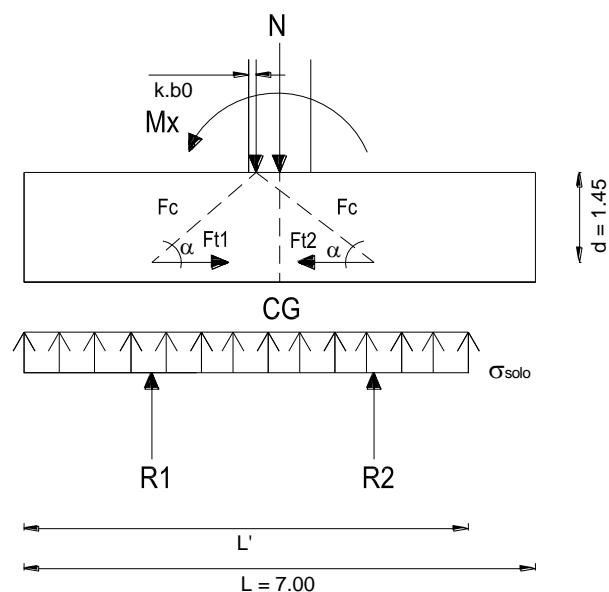


FIGURA 68 – REPRESENTAÇÃO DO ESQUEMA DE CÁLCULO PARA O DIMENSIONAMENTO NA DIRECÇÃO Y

Na direcção Y, os esforços de cálculo actuantes são:

$$N = 7964.71 \text{ kN};$$

$$M_x = 2651.80 \text{ kN}\cdot\text{m};$$

Os parâmetros definidos nesta direcção são os seguintes:

$$d = 1.50 - 0.05 = 0.45 \text{ m};$$

$$b_0 = 0.85 \text{ m};$$

$$e_y = \frac{M_x}{N} = \frac{2651.80}{7964.71} = 0.33 \text{ m};$$

$$\frac{e_y}{b_0} = 0.392 \Rightarrow k = 0.172 \Rightarrow k \cdot b_0 = 0.146;$$

As reacções R1 e R2 são determinadas segundo as seguintes equações:

$$R1 = \sigma_{solo} \cdot \frac{L}{2} \cdot B'$$

$$R2 = \sigma_{solo} \cdot \left(L' - \frac{L}{2} \right) \cdot B'$$

Estas reacções assumem os valores:

$$R1 = 5257.07 \text{ kN};$$

$$R2 = 4282.64 \text{ kN};$$

As forças de cálculo nos tirantes Ft1 e Ft2 das armaduras horizontais junto à base da sapata, são determinadas segundo as seguintes equações:

$$Ft1 = \frac{R1 \times \left(\frac{L}{4} - \frac{b_0}{2} + k \cdot b_0 \right)}{d}$$

$$Ft2 = \frac{R2 \times \left(\frac{\left(L' - \frac{L}{2} \right)}{2} + \frac{b_0}{2} - k \cdot b_0 \right)}{d}$$

O valor das forças obtidas foram:

$$F_{t1} = 5332.70 \text{ kN};$$

$$F_{t2} = 5035.09 \text{ kN};$$

A armadura necessária para resistir a estas forças, na direcção Y, é determinada pela seguinte fórmula:

$$A_{sy} / m = \frac{F_t \times \gamma}{f_{yd} \cdot B'}$$
, em que $\gamma = 1.5$

A força F_t , considerada para o dimensionamento da armadura na direcção Y é a mais gravosa, ou seja, a $F_{t1}=5332.70 \text{ kN}$.

Deste modo, o valor da armadura determinado foi o seguinte:

$$A_{sy} / m = 36.94 \text{ cm}^2 / m$$

Armadura a adoptar:

$$\phi 25 // 0.10 (49.09 \text{ cm}^2 / m).$$

6. VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA DOS ENCONTROS

6.1 Considerações Gerais

Os encontros do presente projecto, designados por E1 e E2, são do tipo perdido e apresentam ambos a mesma configuração. Estes possuem dois gigantes, com secção transversal de $0.80 \times 3.0 \text{ m}^2$, monoliticamente ligados à viga de estribo na sua secção superior, e inferiormente às fundações directas por sapatas.

A verificação da segurança foi realizada apenas para o encontro E1, uma vez que este apresenta-se como o muro de suporte mais condicionante do projecto. Deste modo, foi adoptada a mesma disposição e quantidade de armaduras no encontro E2.

No cálculo de impulsos, foram considerados os seguintes parâmetros do solo:

$$\phi = 35^\circ ;$$

$$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3.$$

Os seus coeficientes de segurança, de acordo com o EC7, e respectivos valores de cálculos são os seguintes:

$$\gamma_{\phi'} = 1.25 \Rightarrow \phi'_d = \arctan\left(\frac{\tan 35^\circ}{1.25}\right) = 29.26^\circ ;$$

$$\gamma_{\gamma} = 1.0 \Rightarrow \gamma'_d = \frac{18}{1.0} = 18 \text{ kN/m}^3 ;$$

Na verificação do equilíbrio global, foram aplicados coeficientes de impulso activos, enquanto que, para a verificação da segurança interna aplicaram-se coeficientes de impulsos em repouso, pelo facto da consideração destes resultarem acções mais gravosas a nível estrutural, do que com coeficientes de impulsos activos.

No entanto, para a combinação em que o sismo é acção de variável base, utilizaram-se os coeficientes de impulso activos.

6.2 Acções

6.2.1 Acções Actuantes

As acções actuantes nos encontros, são o seu peso próprio (incluindo o volume de terras sobre a sapata), os impulsos de terra e as acções transmitidas pelo tabuleiro, nas quais se inclui a acção sísmica.

6.2.2 Coeficiente Sísmico

O coeficiente sísmico (β) adoptado, segundo o RSA, foi o seguinte:

$$\beta = 0.16 \cdot \alpha \quad , \text{ em que } \alpha = 0.3 \text{ (Zona D)} - \text{ Art.}^{\circ} 31$$

$$\beta = 0.16 \times 0.3 = 0.048$$

6.2.3 Coeficientes de Impulso

Os coeficientes e impulso considerados foram os seguintes:

COEFICIENTE DE IMPULSO EM REPOUSO (T. RANKINE)

$$k_0 = 1 - \text{sen}\phi'_d = 1 - \text{sen}(29.26^\circ) = 0.511$$

COEFICIENTE DE IMPULSO ACTIVO (T. COULOMB)

Para a verificação da estabilidade global:

- Considerou-se a superfície de corte da cunha activa do terreno vertical $\Rightarrow \varphi = 0$;
- Despreza-se o atrito terras-muro $\Rightarrow \delta = 0$;

Deste modo, o coeficiente de impulso activo definido foi o seguinte:

$$k_{a,d} = \left\{ \begin{array}{l} i = 0 \\ \varphi = 0 \\ \phi'_d = 29.26 \\ \delta = 0 \end{array} \right\} \Rightarrow k_{a,d} = 0.343$$

COEFICIENTE DE IMPULSO SÍSMICO (MÉTODO DE MONONOBE-OKABE)

De acordo com o coeficiente sísmico (β) definido anteriormente, o método de Mononobe-Okabe permite determinar o seguinte coeficiente de impulso sísmico:

$$k_s = 0.374$$

6.2.4 Impulso de Terras

Os impulsos de terras foram determinados através dos coeficientes de impulso, e dividem-se em:

- Impulsos devidos ao peso próprio das terras $\Rightarrow (\gamma)$;
- Acréscimo de impulso devido à acção sísmica $\Rightarrow (E)$;
- Impulso devido a uma sobrecarga de 30 kN/m² actuante no terrapleno $\Rightarrow (SC)$;

6.2.5 Acções transmitidas pelo Tabuleiro

As acções transmitidas pelo tabuleiro ao muro de suporte (E1), por aparelho de apoio, são as seguintes:

i. Forças Verticais

- CP N = 1593.73/2 = 796.87 kN;
- SC máx. N = 1326.41/2 = 663.21 kN;
- SC mín. N = - 187.59/2 = - 93.80 kN;
- Sismo N = 8.44/2 = 4.22 kN;

ii. Forças Horizontais

- Força de Atrito (Força Longitudinal) $F_l = 0.05 \times 796.87 = 39.84 \text{ kN}$;
- Sismo (Força Transversal) $F_{tE} = 70.37/2 = 35.19 \text{ kN}$;
- SC (Força Transversal) $F_{tSC} = 759.03/2 = 379.52 \text{ kN}$;

6.3 Verificação da Estabilidade Global

Na figura seguinte representam-se as condições do terreno, os impulsos de terra e as dimensões principais do encontro E1:

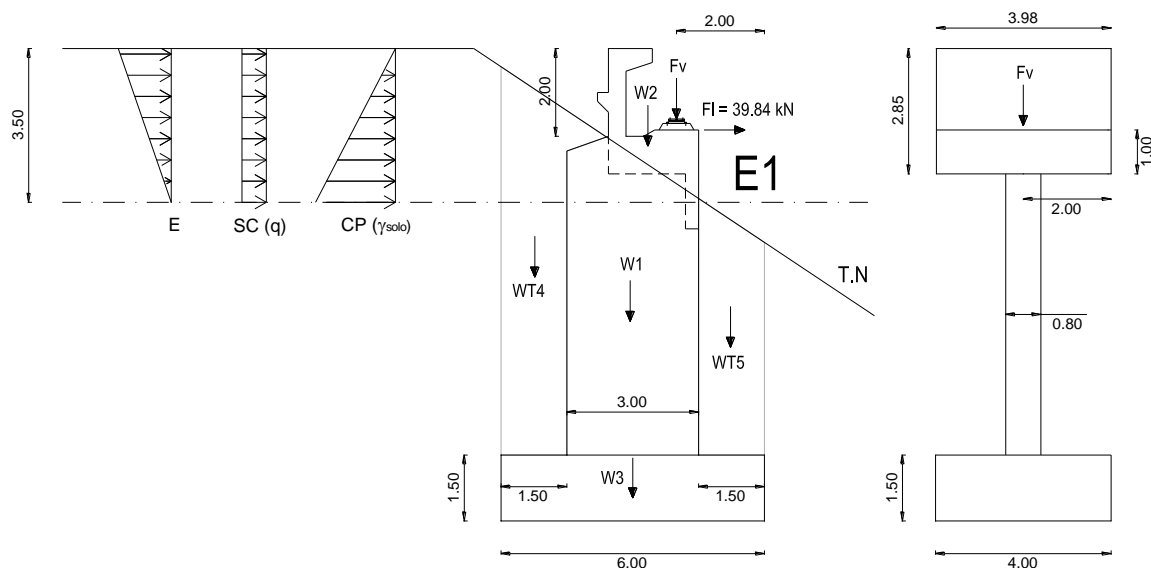


FIGURA 69 – REPRESENTAÇÃO DAS CONDIÇÕES DO TERRENO, IMPULSOS DE TERRA E PRINCIPAIS DIMENSÕES DO ENCONTRO E1

A verificação da estabilidade global foi realizada com recurso uma folha de cálculo. Os esforços actuantes apresentam-se no ANEXO 12.

A segurança foi verificada para uma largura de encontro de 3.98 m, correspondendo à sua largura de influência.

6.3.1 Estado Limite Último de Deslizamento

O estado limite último de deslizamento foi realizado do seguinte modo [4]:

ELU Deslizamento STR/GEO: AC1- Comb 2 (“A2”+ “M2”+ “R1”)

Acções: A2		Materiais: M2	
$\gamma_{G_{dst}}$	1.00	γ_{γ}	1.00
$\gamma_{G_{stb}}$	1.00	$\gamma_{\phi'}$	1.25
$\gamma_{Q_{dst}}$	1.30		
$\gamma_{Q_{stb}}$	0.00		

Os esforços actuantes e resistentes foram determinados da seguinte forma:

$$H_{Sd} = I_{a,d}^Y \cdot \gamma_{G_{dst}} + I_{a,d}^{SC} \cdot \gamma_{Q_{dst}} + I_{a,d}^E \cdot \gamma_{Q_{dst}} + R_H \cdot \gamma_{Q_{dst}}$$

$$H_{Rd} = \left(W_d \cdot \gamma_{G_{fav}} + R_V \cdot \left\{ \begin{array}{l} \gamma_{G_{stb}} \\ \gamma_{Q_{stb}} \end{array} \right\} \right) \times \tan \delta_{b,d}$$

Em que:

$I_{a,d}$ – Impulsos activos de cálculo para a acção i;

γ_G, γ_Q – Coeficientes parciais de segurança;

W_d – Peso próprio total do encontro (incluindo o peso de terras sobre a sapata);

R_H, R_V – Acções horizontais e verticais actuantes no encontro;

$\delta_{b,d}$ - Ângulo de atrito existente na base da sapata do encontro;

O ângulo de atrito ($\delta_{b,d}$) é dado por:

$$\delta_{b,d} = \phi'_d = 29.26^\circ$$

Os valores determinados de esforços actuantes e resistentes, foram os seguintes:

$$H_{Sd} = 406.33 \text{ kN} < H_{Rd} = 2199.83 \text{ kN}$$

Deste modo, verifica-se a condição necessária para a verificação do estado limite último de deslizamento, definido na regulamentação EC7:

$$E_d \leq R_d \Rightarrow H_{Sd} \leq H_{Rd}$$

Portanto, a segurança ao estado limite último de deslizamento encontra-se verificado.

6.3.2 Estado Limite Último de Derrubamento

O estado limite último de derrubamento foi realizado do seguinte modo [4]:

ELU Derrubamento EQU

Acções		Materiais	
$\gamma_{G_{dst}}$	1.10	γ_{γ}	1.00
$\gamma_{G_{stb}}$	0.90	$\gamma_{\phi'}$	1.25
$\gamma_{Q_{dst}}$	1.50		
$\gamma_{Q_{stb}}$	0.00		

Os momentos actuantes e resistentes foram determinados da seguinte forma:

$$M_{Dst,d} = I_{a,d}^Y \cdot y_1 \cdot \gamma_{G_{dst}} + I_{a,d}^{SC} \cdot y_2 \cdot \gamma_{Q_{dst}} + I_{a,d}^E \cdot y_3 \cdot \gamma_{Q_{dst}} + R_H \cdot y_4 \cdot \gamma_{Q_{dst}}$$

$$M_{Stb,d} = (W_d \cdot x_m + R_V \cdot x_7) \cdot \gamma_{G_{fav}} + R_V \cdot x_7 \cdot \gamma_{Q_{fav}}$$

Em que:

$I_{a,d}$ – Impulsos activos de cálculo para a acção i ;

γ_G, γ_Q – Coeficientes parciais de segurança;

W_d – Peso próprio total do encontro (incluindo o peso de terras sobre a sapata);

R_H, R_V – Acções horizontais e verticais actuantes no encontro;

y_i - Braço das forças horizontais actuantes;

x_i - Braço das forças verticais actuantes;

Os valores determinados dos momentos actuantes e resistentes, foram os seguintes:

$$M_{Dst,d} = 4055.98 \text{ kN} \cdot \text{m} < M_{Stb,d} = 10505.21 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Portanto, segundo o EC7, a segurança ao estado limite último de derrubamento encontra-se verificado.

6.4 Verificação da Segurança do Solo de Fundação dos Encontros

Na verificação da segurança do solo de fundação do encontro E1, foram realizadas 3 combinações:

- **Combinação 1:** CP+ SC máx. (Coef. De Impulso em Repouso);
- **Combinação 2:** CP+ SC mín. (Coef. De Impulso em Repouso);
- **Combinação 3:** CP+ Sismo (Coef. De Impulso Activos).

No quadro seguinte apresentam-se os esforços na base da sapata para as combinações acima referidas:

Quadro 25 – Esforços actuantes na base da Sapata do Encontro E1 para as combinações efectuadas

Combinação 1	Combinação 2	Combinação 3
CP + SC máx.	CP + SC mín.	CP + Sismo
$N_b = 4589.67 \text{ kN}$	$N_b = 3832.66 \text{ kN}$	$N_b = 3930.68 \text{ kN}$
$M_{y_b} = 4933.90 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$M_{y_b} = 4176.89 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$M_{y_b} = 2483.34 \text{ kN} \cdot \text{m}$
$M_{x_b} = 1688.84 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$M_{x_b} = 1688.84 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$M_{x_b} = 156.57 \text{ kN} \cdot \text{m}$

Através da análise do quadro anterior, verifica-se que a combinação mais desfavorável é a combinação (1). Para esta combinação obteve-se uma tensão no solo igual a:

$$\sigma_{solo} = 365.68 \text{ kN/m}^2 < \sigma_{adm} = 500 \text{ kN/m}^2$$

Uma vez que a tensão no solo é inferior à tensão admissível, segundo o relatório geotécnico, então considera-se verificada a segurança do solo de fundação.

6.5 Dimensionamento dos Elementos dos Encontros

6.5.1 Espelho

As acções que actuam no espelho são basicamente os impulsos de terras no tardo do encontro, e o seu modelo de cálculo define-se por uma consola com um vão igual a 2.0 m.

i. Impulso em repouso de Terras:

$$I_{CP} = k_0 \cdot \gamma \cdot H = 0.511 \times 18 \times 2.0 = 18.40 \text{ kN/m}^2;$$

$$M = \frac{18.40 \times 2.0}{2} \times \left(\frac{1}{3} \times 2.0\right) = 12.26 \text{ kN} \cdot \text{m/m};$$

ii. Impulso de Terras devido a uma sobrecarga de 30 kN/m² no terrapleno:

$$I_{SC} = k_0 \cdot SC = 0.511 \times 30 = 15.33 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \Rightarrow M = 15.33 \times \frac{2.0^2}{2} = 30.66 \text{ kN} \cdot \text{m/m};$$

O momento actuante de cálculo determinado e as respectivas armaduras foram os seguintes:

$$M_{Ed} = 1.5 \times (12.26 + 30.66) = 64.38 \text{ kN} \cdot \text{m/m};$$

C 30/37	A500	f_{ck} = 30,00 MPa	f_{cd} = 20,00 MPa
		f_{yk} = 500,00 MPa	f_{yd} = 434,78 MPa
M_{Ed} = 64,38 kN·m/m			
			As Mín
d = 0,37 m		μ = 0,0235	As = 4,44 cm²/m
b = 1,00 m		ω = 0,0239	As,mín = 4,44 cm²/m

Armadura a adoptar:

φ 12//0.20 (5.65 cm²/m).

6.5.2 Viga de Estribo

A viga de estribo e o espelho comportam-se como uma só viga. As acções actuantes na mesma são o peso próprio da viga e os impulsos de terra actuantes na sua envolvente. Nas figuras seguintes, representam-se a geometria da viga de estribo adoptada e a envolvente dos impulsos de terra:

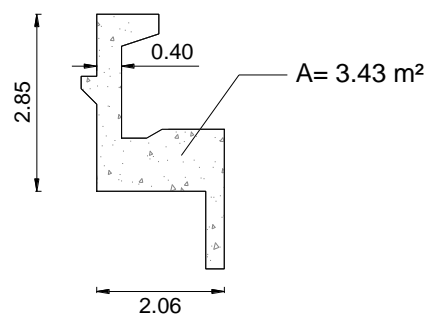


FIGURA 70 – VIGA DE ESTRIBO

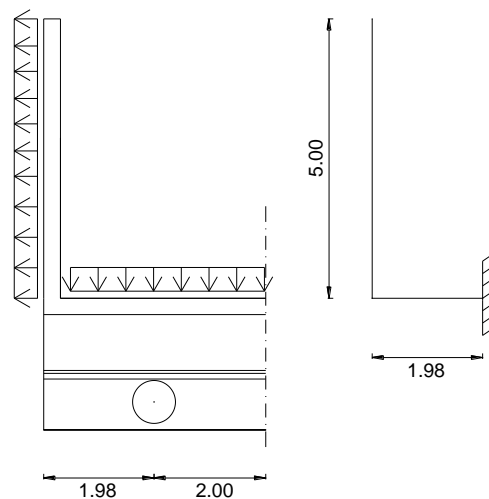


FIGURA 71 – IMPULSOS DE TERRA ACTUANTES NA VIGA DE ESTRIBO

Para as acções anteriormente referidas, os momentos de cálculo actuantes determinados e respectivas armaduras foram os seguintes:

i. Peso Próprio:

$$A_{secc\tilde{a}o} = 3.43 \text{ m}^2;$$

$$H_{secc\tilde{a}o} = 2.85 \text{ m};$$

$$L = 1.98 \text{ m};$$

$$M_{Ed} = 1.5 \times 25 \times 3.43 \times \frac{(1.98)^2}{2} = 252.13 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

C 30/37	A500	fck = 30.00	MPa	fcd = 20.00	MPa
		fyk = 500.00	MPa	fyd = 434.78	MPa
M_{Ed} = 252.13	kN·m				
d = 2.80	m	μ = 0.0040		As = 13.44	cm²
b = 0.40	m	ω = 0.0040		As,mín = 13.44	cm²

Armadura a adoptar:

11φ20 (35.54 cm²).

ii. Impulsos de Terra

- Impulso em repouso de Terras:

$$I_{CP} = k_0 \cdot \gamma \cdot H = 0.5 \times 0.511 \times 18 \times 2.85 = 13.11 \text{ kN/m}^2 ;$$

- Impulso de Terras devido a uma sobrecarga de 30 kN/m² no terrapleno:

$$I_{SC} = k_0 \cdot SC = 0.511 \times 30 = 15.33 \text{ kN/m}^2 ;$$

O momento actuante de cálculo determinado e as armaduras adoptadas foram os seguintes:

$$M_{Ed} = 1.5 \times (13.11 + 15.33) \times \left(\frac{5^2}{2} + \frac{1.98^2}{2} \right) = 616.87 \text{ kN} \cdot \text{m/m};$$

C 30/37	A500	fck = 30.00 MPa	fcd = 20.00 MPa
		fyk = 500.00 MPa	fyd = 434.78 MPa
M_{Ed} = 616.87 kN·m/m			As Mín
d = 2.01 m		μ = 0.0076	As = 24.12 cm²/m
b = 1.00 m		ω = 0.0077	As, mín = 24.12 cm²/m

Armadura a adoptar:

φ20//0.10 (31.42 cm²/m).

6.5.3 Gigantes

Os gigantes definidos para os encontros têm uma altura igual a 6.40 m e são solicitados nas direcções longitudinal e transversal.

A análise e dimensionamento dos gigantes apresentam-se nos pontos seguintes, para ambas as direcções.

DIRECÇÃO TRANSVERSAL

Na direcção transversal a acção mais gravosa é a acção das sobrecargas.

O modelo de cálculo adoptado para a análise dos gigantes nesta direcção encontra-se representado na seguinte figura:

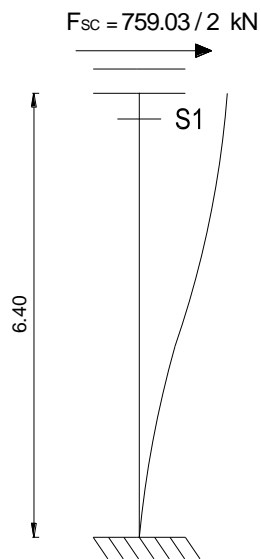


FIGURA 72 – MODELO DE CÁLCULO DOS GIGANTES NA DIRECÇÃO TRANSVERSAL

i. Verificação da Segurança à Flexão:

O momento actuante na direcção transversal de cálculo e as armaduras adoptadas foram os seguintes:

$$M_{Ed} = 1.5 \times 759.03/2 \times 6.40/2 = 1821.70 \text{ kN} \cdot \text{m} ;$$

C 30/37	A500	f_{ck} = 30.00 MPa	f_{cd} = 20.00 MPa
		f_{yk} = 500.00 MPa	f_{yd} = 434.78 MPa
M_{Ed} = 1821.70 kN·m			
d = 0.75 m		μ = 0.0540	As = 58.88 cm²
b = 3.00 m		ω = 0.0569	As, mín = 27.00 cm²

Armadura a adoptar:

13φ25 (63.83 cm²).

ii. Verificação da Segurança ao Esforço Transverso:

O esforço transverso actuante na direcção transversal de cálculo determinado e as armaduras adoptadas foram os seguintes:

$$V_{Ed} = 1.5 \times 759.03/2 = 569.28 \text{ kN} ;$$

$$V_{cd} = \tau_1 \cdot b_w \cdot d = 0.85 \times 3.0 \times 0.75 \times 1000 = 1912.50 \text{ kN} > V_{Ed} ;$$

$$\left(\frac{A_{sw}}{s}\right)_{\min} = 8(\%) \times b_w = 8 \times 3.0 = 24 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Armadura a adoptar:

4 Est. $\phi 12/0.20$ (2R) (45.20 cm²/m).

iii. Momento da secção S1 transmitido à Viga de Estribo:

O momento de cálculo actuante no gigante na secção S1 será transmitido à viga de estribo, logo esta deverá resistir a esta solicitação. Para tal foi determinada a armadura necessária para suportar tal solicitação, pelo que se considerou uma secção com uma altura de 2.85 m e uma largura de 0.40 m:

A armadura necessária será:

C 30/37	A500	fck = 30.00 MPa	fcd = 20.00 MPa
		fyk = 500.00 MPa	fyd = 434.78 MPa
M_{Ed,S1} = 1821.70	kN·m		
d = 2.80	m	μ = 0.0290	As = 15.40 cm²
b = 0.40	m	ω = 0.0299	As, mín = 13.44 cm²

De acordo com os desenhos de armaduras, correspondentes aos encontros, verifica-se que tanto a armadura na face superior como na face inferior do estribo é superior a 15.40 cm².

DIRECÇÃO LONGITUDINAL

Na direcção longitudinal as acções actuantes e o modelo de cálculo adoptado para a análise dos gigantes encontra-se representado na seguinte figura:

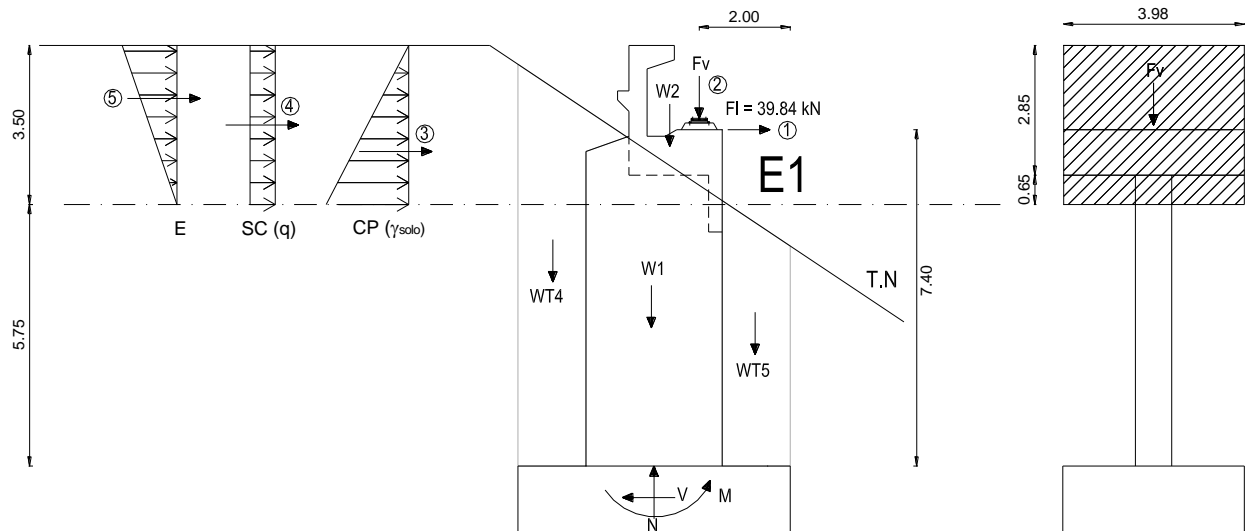


FIGURA 73 – MODELO DE CÁLCULO DOS GIGANTES NA DIRECÇÃO LONGITUDINAL E ACÇÕES ACTUANTES

Nesta direcção foram efectuadas duas combinações, os valores obtidos de esforços actuantes na base do gigante para ambas as combinações apresentam-se nos quadros seguintes:

1) Combinação 1 – Acção Variável Base: SOBRECARGAS
(Coef. Impulso em Repouso)

Quadro 26 – Esforços actuantes na base do Gigante do Encontro E1
(Combinação 1)

Ref.	Força (kN)	Braço (m)	F × b (kN·m)
1	39.84	7.40	294.82
2	1460.08	1.00	1460.08
3	224.22	6.92	1551.63
4	213.55	7.50	1601.60
$\Sigma_{(1,3,4)} =$	477.61	$\Sigma_{\text{Total}} =$	4908.13

2) *Combinação 2 – Acção Variável Base: SISMO*

(Coef. Impulso Activos)

**Quadro 27 – Esforços actuantes na base do Gigante do Encontro E1
(Combinação 2)**

Ref.	Força (kN)	Braço (m)	F × b (kN·m)
1	39.84	7.40	294.82
2	801.09	1.0	801.09
3	224.22	6.92	1551.63
4	0.0	7.50	0.0
5	13.60	8.09	110.05
$\Sigma_{(1,3,4,5)} =$	277.67	$\Sigma_{Total} =$	2757.58

Analisando os resultados obtidos nos quadros anteriores, constata-se que a combinação (1) – Acção Base: Sobrecargas é a mais condicionante.

i. Verificação da Segurança à Flexão:

O momento actuante na direcção longitudinal de cálculo e as armaduras adoptadas foram os seguintes:

$$M_{Ed} = 1.5 \times 4908.13 = 7362.20 \text{ kN} \cdot \text{m} ;$$

C 30/37	A500	f_{ck} = 30.00 MPa	f_{cd} = 20.00 MPa
		f_{yk} = 500.00 MPa	f_{yd} = 434.78 MPa
M_{Ed} = 7362.20 kN·m			
d = 2.95 m		μ = 0.0529	As = 60.44 cm²
b = 0.80 m		ω = 0.0557	As,mín = 28.32 cm²

Armadura a adoptar:

14φ25 (68.74 cm²).

ii. Verificação da Segurança ao Esforço Transverso:

O esforço transversal actuante na direcção longitudinal de cálculo determinado foi:

$$V_{Ed} = 1.5 \times 477.61 = 716.42 \text{ kN} ;$$

$$V_{cd} = \tau_1 \cdot b_w \cdot d = 0.85 \times 1000 \times 0.80 \times 2.95 = 2006.00 \text{ kN} > V_{Ed} ;$$

6.5.4 Muro de Avenida

Os muros de avenida definidos para os encontros E1 e E2, são solicitados pelos impulsos de terra activos e por impulsos de terra devidos a uma sobrecarga de 30 kN/m² no terrapleno.

O modelo de cálculo utilizado e as dimensões destes muros apresentam-se, como indicado na seguinte figura:

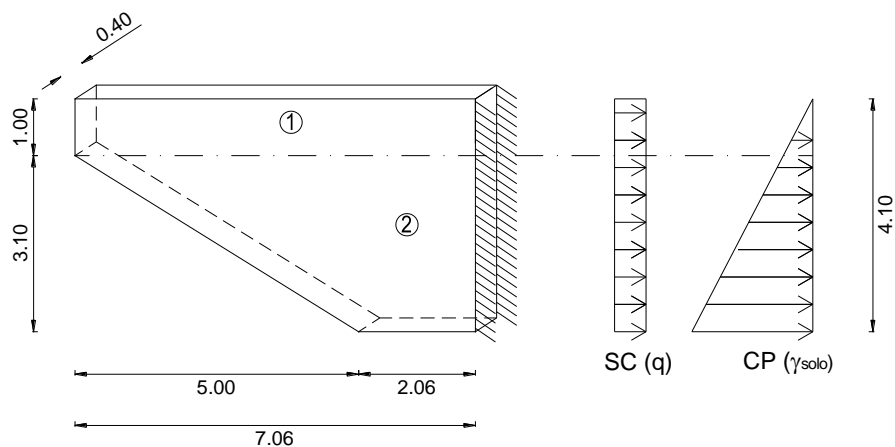


FIGURA 74 – GEOMETRIA E MODELO DE CÁLCULO DOS MUROS DE AVENIDA E ACÇÕES ACTUANTES

Para a análise dos muros de avenida foram determinados os impulsos actuantes, dividindo-se o muro em duas áreas distintas:

$$A_1 = 7.06 \text{ m}^2 ;$$

$$A_2 = 14.15 \text{ m}^2 .$$

i. Impulsos em repouso de Terras no muro

$$I_{a,1}^y = 1/2 \times 18 \times 0.343 \times 1^2 \times 7.06 = 21.79 \text{ kN};$$

$$I_{a,2}^y = 1/2 \times 18 \times 0.343 \times 1 \times 14.15 + 1/2 \times 18 \times 0.343 \times (4.10 - 1.0) \times 14.15$$

$$\Leftrightarrow I_{a,2}^y = 179.09 \text{ kN};$$

ii. Impulsos de Terras devido a uma sobrecarga de 30 kN/m² no terrapleno

$$I_{a,1}^{SC} = 30 \times 0.343 \times 7.06 = 72.65 \text{ kN};$$

$$I_{a,2}^{SC} = 30 \times 0.343 \times 14.15 = 145.60 \text{ kN};$$

Os braços em relação ao encastramento para os dois impulsos são os seguintes:

$$b_1 = 3.53 \text{ m};$$

$$b_2 = 2.51 \text{ m};$$

i. Verificação da Segurança à Flexão:

O momento actuante de cálculo e as armaduras adoptadas foram os seguintes:

$$M_{Ed} = 1.5 \times (21.79 \times 3.53 + 179.09 \times 2.51 + 72.65 \times 3.53 + 145.60 \times 2.51)$$

$$\Leftrightarrow M_{Ed} = 1722.52 \text{ kN} \cdot \text{m} = \frac{1722.52}{4.10} = 420.13 \text{ kN} \cdot \text{m}/\text{m};$$

C 30/37	A500	fck =	30.00	MPa	fcd =	20.00	MPa
		fyk =	500.00	MPa	fyd =	434.78	MPa
M_{Ed} =	420.13	kN·m/m					
d =	0.35	m	μ =	0.1715	As =	32.34	cm²/m
b =	1.00	m	ω =	0.2009	As, mín =	4.20	cm²/m

Armadura a adoptar:

φ20//0.10;

ii. Verificação da Segurança ao Esforço Transverso:

O esforço transversal actuante de cálculo e as armaduras adoptadas foram os seguintes:

$$V_{Ed} = 1.5 \times (21.79 + 179.09 + 72.65 + 145.60) = 628.70 \text{ kN} ;$$

$$V_{Ed} = \frac{628.70}{4.10} = 153.34 \text{ kN/m} ;$$

$$V_{cd} = \tau_1 \cdot b_w \cdot d = 0.85 \times 1000 \times 1.0 \times 0.35 = 297.50 \text{ kN/m} > V_{Ed} ;$$

$$\left(\frac{A_{sw}}{s}\right)_{min} = 8(\%) \times b_w = 8 \times 1.0 = 8.0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Armadura a adoptar:

$\phi 12//0.10$ (11.31 cm²/m).

6.6 Sapatas de Fundação

6.6.1 Considerações Gerais

As tensões no terreno de fundação anteriormente verificadas no ponto 6.4 do presente capítulo confirmam que a combinação que produz maiores tensões no terreno é a combinação (1), que tem como acção variável base as sobrecargas máximas.

A combinação (1), apresenta uma componente transversal, resultando numa situação de flexão desviada na base da sapata. Por conseguinte, serão consideradas em simultâneo as duas componentes – longitudinal e transversal.

6.6.2 Geometria e Modelo de Cálculo

Na figura seguinte apresenta-se a geometria da sapata e o seu modelo de cálculo:

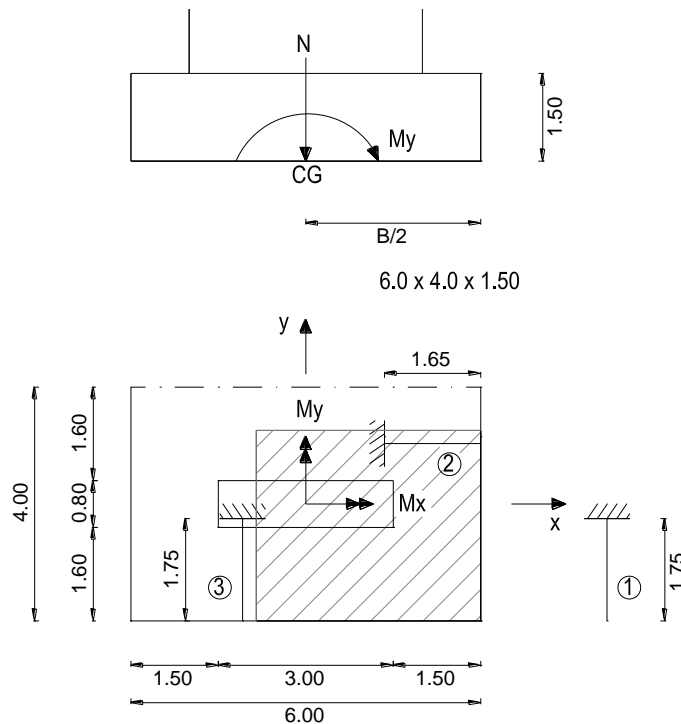


FIGURA 75 – GEOMETRIA E MODELO DE CÁLCULO DAS SAPATAS DE FUNDAÇÃO DOS ENCONTROS

6.6.3 Esforços Actuantes

Os esforços actuantes na base da sapata ao ponto CG, apresentam os seguintes valores:

$$N_{base} = 4589.67 \text{ kN};$$

$$My_{base} = 4933.90 \text{ kN} \cdot \text{m};$$

$$Mx_{base} = 759.03/2 \times (7.40 + 1.50)/2 = 1688.86 \text{ kN} \cdot \text{m};$$

A tensão actuante no terreno é dada pela seguinte equação:

$$\sigma = \frac{N_{base}}{(B - 2 \cdot e_x) \cdot (L - 2 \cdot e_y)}$$

$$B - 2 \cdot e_x = 6.0 - 2 \times 4933.90/4589.67 = 3.85 \text{ m} ;$$

$$L - 2 \cdot e_y = 4.0 - 2 \times 1688.86/4589.67 = 3.26 \text{ m} ;$$

$$\text{Tensão na Base da Sapata} \Rightarrow \sigma = \frac{4589.67}{3.85 \times 3.26} = 365.68 \text{ kN/m}^2 ;$$

6.6.4 Verificação da Segurança das Fundações

No dimensionamento das sapatas de fundação dos encontros, foram definidas três consolas, tal como indicadas na figura 75.

As consola (1) e (2) foram consideradas de modo a suportarem a pressão existente na base da sapata, e portanto são relativas às armaduras inferiores.

A consola (3) foi considerada com o intuito de contabilizar o momento negativo devido ao peso próprio da sapata e das terras sobre ela, e por conseguinte é relativa às armaduras superiores.

Os momentos de cálculo actuantes nas consolas e as respectivas armaduras determinadas apresentam-se de seguida:

i. Consola ①

$$M_{Ed} = 1.5 \times 365.68 \times 1.75^2 / 2 = 839.93 \text{ kN} \cdot \text{m/m} ;$$

C 25/30	A500	f_{ck} = 25.00 MPa	f_{cd} = 16.67 MPa
		f_{yk} = 500.00 MPa	f_{yd} = 434.78 MPa
M_{Ed} = 839.93 kN·m/m			As Mín
d = 1.45 m		μ = 0.0240	As = 17.40 cm²/m
b = 1.00 m		ω = 0.0245	As, mín = 17.40 cm²/m

Armadura a adoptar:

φ 16//0.10 (20.11 cm²/m).

ii. Consola ②

$$M_{Ed} = 1.5 \times 365.68 \times 1.65^2 / 2 = 746.68 \text{ kN} \cdot \text{m/m} ;$$

C 25/30	A500	fck = 25.00 MPa	fcd = 16.67 MPa
		fyk = 500.00 MPa	fyd = 434.78 MPa
M_{Ed} = 746.68 kN·m/m			As Mín
d = 1.45 m		μ = 0.0213	As = 17.40 cm²/m
b = 1.00 m		ω = 0.0218	As, mín = 17.40 cm²/m

Armadura a adoptar:

φ16//0.10 (20.11 cm²/m).

iii. Consola ③

A pressão actuante [P.P + Terras] na consola (3) é dada por:

$$p = PP_{sapata} + \gamma_{solo} \times H_{Terras}$$

$$p = 25 \times 1.50 + 18 \times 9.25 = 204.0 \text{ kN/m}^2 ;$$

$$M_{Ed} = 1.5 \times 204.0 \times 1.75^2 / 2 = 468.56 \text{ kN} \cdot \text{m/m} ;$$

C 25/30	A500	fck = 25.00 MPa	fcd = 16.67 MPa
		fyk = 500.00 MPa	fyd = 434.78 MPa
M_{Ed} = 468.56 kN·m/m			As Mín
d = 1.45 m		μ = 0.0134	As = 17.40 cm²/m
b = 1.00 m		ω = 0.0136	As, mín = 17.40 cm²/m

Armadura a adoptar:

φ16//0.10 (20.11 cm²/m).

7. APARELHOS DE APOIO E JUNTAS DE DILATAÇÃO

7.1 Aparelhos de Apoio a instalar nos Encontros

7.1.1 Considerações Gerais

Os aparelhos de apoio a instalar nos encontros serão do tipo “Pot-Bearing” de deslizamento unidireccional. Nos pontos seguintes são apresentadas as características necessárias a satisfazer por estes aparelhos.

7.1.2 Esforços Actuantes

As cargas actuantes consideradas foram as presentes no encontro E1, uma vez que são as mais condicionantes para o dimensionamento dos aparelhos de apoio.

No quadro seguinte apresentam-se as solicitações determinantes para o dimensionamento dos aparelhos de apoio a instalar nos encontros:

Quadro 28 – Esforços Actuantes nos Aparelhos de Apoio

Acção	Força Vertical F_v (kN)	Força Horizontal Transversal F_t (kN)
CP	1593.73	0
$SC_{máx.} + Fre + F_{cent}$	1326.41	759.03
$SC_{mín.} + Fre + F_{cent}$	- 187.59	759.03
Sismo	8.44	70.37
VDT	189.38	0

Em que:

CP – Cargas Permanentes (Inclui as restantes cargas permanentes);

SC – Sobrecarga;

Fre – Força de Frenagem;

F_{cent} – Força Centrífuga;

VDT – Variação Diferencial de Temperatura (+10 °C).

7.1.3 Dimensionamento dos Aparelhos de Apoio

O dimensionamento dos aparelhos de apoio será efectuado segundo uma combinação rara de acções [7]:

$$G + Q_b + \psi_1 \sum Q$$

Em que:

G – Acções Permanente;

Q_b – Acção variável base;

Q – Acção variável acompanhante.

No caso de Q_b se tratar da acção sísmica o coeficiente de redução a utilizar é ψ_2 em vez de ψ_1 .

Para o dimensionamento dos aparelhos de apoio nos encontros foram determinadas as seguintes solicitações por aparelho de apoio: *(Indica-se apenas a combinação condicionante)*

i. Carga Vertical – Acção variável base: Sobrecargas

$$F_V = \frac{1}{2} \times (N_{CP} + N_{SC} + 0.50 \times N_{VDT})$$

$$\Leftrightarrow F_V = 1/2 \times (1593.73 + 1326.41 + 0.50 \times 189.38 = 1507.42 \text{ kN})$$

∴ Adopta-se 1600 kN.

ii. Carga Transversal – Acção variável base: Sobrecargas

$$F_t = \frac{1}{2} \times F_t = \frac{1}{2} \times 759.03 = 379.52 \text{ kN}$$

∴ Adopta-se 500 kN.

iii. Deslocamento Longitudinal

O deslocamento longitudinal foi determinado em função dos deslocamentos horizontais obtidos:

$$\delta_{c+s} = \alpha \cdot \Delta T_{eq} \cdot L_{CR} = 10^{-5} \times 56.40 \times 45 = 25.40 \text{ mm}; \text{ (ver ANEXO 3)}$$

$$\delta_{Fre} = \pm 17.80 \text{ mm}$$

$$\delta_{VUT} = \pm 4.40 \text{ mm};$$

$$\delta_{Sismo} = \pm 2.50 \text{ mm};$$

▪ **Deslocamento Máximo ($\delta_{m\acute{a}x.}$) – Acção variável base: Sobrecargas**

$$\delta_{m\acute{a}x.} = 25.40 + 17.80 + 0.50 \times 4.40 = 45.40 \text{ mm}$$

∴ Adopta-se 50 mm.

▪ **Deslocamento Mínimo ($\delta_{m\acute{i}n.}$) – Acção variável base: Sobrecargas**

$$\delta_{m\acute{i}n.} = -17.80 - 0.50 \times 4.40 = -20.0 \text{ mm}$$

∴ Adopta-se – 25 mm.

Deste modo, o deslocamento total que o aparelho de apoio deverá suportar será:

$$\delta_{total} = 50 + 25 = 75 \text{ mm}$$

Na direcção transversal, considera-se a obra de arte travada.

Portanto, cada um dos aparelhos de apoio previstos deverá respeitar as seguintes condições apresentadas no seguinte quadro:

Quadro 29 – Características dos Aparelhos de Apoio

Tipo de Apoio	$F_{V_{Máx.}}$ (kN)	$F_{t_{Máx.}}$ (kN)	$\delta_{Máx.}$ (mm)
<i>“Pot-Bearing” com travamento na direcção Transversal</i>	1600	500	+50/-25

7.2 Juntas de Dilatação

As juntas de dilatação a instalar deverão permitir os deslocamentos anteriormente determinados para os aparelhos de apoio, estes são:

i. Máxima Abertura ($\delta_{máx.}^{(+)}$)

$$\delta_{máx.}^{(+)} = 45.40 \text{ mm}$$

∴ Adopta-se 50 mm.

ii. Máximo Fecho ($\delta_{máx.}^{(-)}$)

$$\delta_{máx.}^{(-)} = 20.0 \text{ mm}$$

∴ Adopta-se 25 mm.

A dimensão da junta de dilatação a instalar será:

$$\delta = \delta_{máx.}^{(+)} + \delta_{máx.}^{(-)} = 50 + 25 = 75 \text{ mm}$$

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização deste trabalho final de mestrado resultou na elaboração de um projecto de execução de um viaduto ferroviário em betão armado e pré-esforçado, no qual foi aplicada a regulamentação nacional e europeia em vigor, designadamente o Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes (RSA), o Regulamento de Estruturas em Betão Armado e Pré-Esforçado (REBAP), a EN 1992-1-1 (Eurocódigo 2) e a EN 1997-1-1 (Eurocódigo 7). Este projecto obedece portanto a todos pressupostos e exigências estipulados a que um projecto de execução deve respeitar, pelo que a obra de arte projectada adequa-se à sua finalidade nas condições de segurança e de conforto para os seus utilizadores, e portanto o objectivo final deste trabalho foi cumprido com sucesso.

Através da realização do projecto deste viaduto ferroviário, verificou-se que as obras ferroviárias são bastante solicitadas pelas sobrecargas relativas aos veículos ferroviários, sendo que, neste caso para aquela zona sísmica, essas mesmas sobrecargas sobrepõem-se aos efeitos da acção sísmica. Deste modo, constatou-se que um viaduto com esta finalidade apresenta esforços muito superiores ao de um viaduto rodoviário com as mesmas características, pelo que foi desafiante e aliciante estudar e conceber as melhores soluções para uma obra de arte deste tipo.

Por outro lado, a sua realização possibilitou o desenvolvimento de muitos dos conhecimentos e conceitos estudados ao longo da formação académica na área de engenharia civil, para além de que permitiu adquirir a experiência na realização de um projecto de execução no qual foram estudadas várias soluções, resultando assim num ganho de conhecimentos que só seriam possíveis de adquirir com a sua realização prática.

Este projecto proporcionou inclusive a oportunidade de apreender conhecimentos, métodos e experiências na área de projectos de engenharia civil. Constituirá sem dúvida uma ferramenta de consulta para possíveis trabalhos futuros na área do projecto de estruturas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] RSA; “Regulamento de Segurança e Acções para estruturas de Edifícios e Pontes”; Decreto-Lei nº 235/83, de 31 Maio
- [2] REBAP; “Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado”; Decreto-Lei nº349-c/83, de 30 Julho e Decreto-Lei nº 128-99, de 21 Abril
- [3] NP EN 1992-1-1:2010 “Eurocódigo 2 – Projecto de estruturas de betão”; Parte 1-1: Regras gerais e regras para edifícios; CEN, Bruxelas, Bélgica, 2004
- [4] NP EN 1997-1-1:2010 “Eurocódigo 7 – Projecto geotécnico”; Parte 1: Regras gerais ; CEN, Bruxelas, Bélgica, 2004
- [5] Jacinto, L. – “Folhas da cadeira de Betão Estrutural III”, disciplina de Betão Armado e Pré-esforçado, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2007/2008
- [6] Gorgulho, A. – “Folhas da cadeira de Betão Estrutural II”, disciplina de Betão Estrutural II, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa
- [7] Trancoso Vaz, C. ; Jacinto, L. – “Folhas da cadeira de Pontes e Viadutos, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa
- [8] Appleton, J. ; Marchão, C. – “Folhas da cadeira de Betão Armado e Pré-esforçado I”, disciplina de Betão Armado e Pré-esforçado I, Instituto Superior Técnico, 2005/2006

DOCUMENTOS CONSULTADOS:

- Catálogo de Ancoragens de Pré-Esforço – “ Freyssinet Prestressing”;

SITES CONSULTADOS:

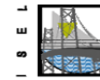
- <http://www.civil.ist.utl.pt/~luisg/rsa.htm> (Espectros de Resposta em Período)

ANEXOS DE CÁLCULO

Anexo 1 – Esforços devidos ao Pré-Esforço

Posição x (m)	M P ₀ Total (kN·m)	Parábola Nº	Excentricidade em relação ao c.g e (m)	M _{Iso} (kN·m)	M _{Hip} (kN·m)
0	0.00	1	0.00	0.00	0.00
1	-2548.82		-0.20	-2825.15	276.33
2	-4700.86		-0.37	-5226.52	525.67
3	-6738.63		-0.51	-7204.13	465.50
4	-8097.10		-0.62	-8757.96	660.86
5	-9058.80		-0.70	-9888.02	829.22
6	-9623.72		-0.76	-10735.56	1111.84
7	-9791.86		-0.79	-11159.34	1367.48
7.5	-9727.14		-0.79	-11159.34	1432.20
8	-9574.07		-0.79	-11159.34	1585.26
9	-9035.47	2	-0.76	-10735.56	1700.09
10	-8186.91		-0.72	-10170.53	1983.62
11	-7028.39		-0.65	-9181.73	2153.34
12	-5559.91		-0.57	-8051.67	2491.77
13	-3781.47		-0.46	-6497.84	2716.38
14	-1693.06		-0.33	-4661.49	2968.43
15	705.30		-0.17	-2401.38	3106.67
15.99	3385.00		0.00	0.00	3385.00
16.25	4139.13		0.05	706.29	3432.84
17	6141.31		3	0.18	2542.63
18	8178.05	0.31		4378.98	3799.07
19	9774.06	0.38		5367.78	4406.28
20	10364.33	0.41		5791.55	4572.77
21	10152.08	0.38		5367.78	4784.30
22	9028.23	0.31		4378.98	4649.25
22.5	8195.08	0.25		3531.44	4663.65
23.5	5703.86	0.10		1412.57	4291.29
23.75	5038.68	0.05		706.29	4332.39
24.01	4333.86	0.00		0.00	4333.86
24.5	3062.49	4	-0.08	-1130.06	4192.55
25	1841.90		-0.17	-2401.38	4243.28
25.5	698.80		-0.25	-3531.44	4230.24
26.5	-1354.93		-0.39	-5509.04	4154.11
27.5	-3098.71		-0.51	-7204.13	4105.42
28.5	-4532.52		-0.61	-8616.70	4084.18
29.5	-5656.38		-0.69	-9746.76	4090.39
30.5	-6470.27		-0.74	-10453.05	3982.78
31.5	-6974.20		-0.78	-11018.08	4043.88

32.5	-7168.18		-0.79	-11159.34	3991.16
33.5	-7052.19		-0.78	-11018.08	3965.89
34.5	-6626.25		-0.74	-10453.05	3826.80
35.5	-5890.34		-0.69	-9746.76	3856.42
36.5	-4844.47		-0.61	-8616.70	3772.23
37.5	-3488.65		-0.52	-7345.39	3856.74
38.5	-1822.86		-0.39	-5509.04	3686.18
39.5	152.88		-0.25	-3531.44	3684.32
40.5	2438.59		-0.09	-1271.32	3709.91
40.99	3671.74		0.00	0.00	3671.74
41.25	4356.28		0.05	706.29	3649.99
41.5	5001.97	5	0.10	1412.57	3589.39
42.5	7132.69		0.25	3531.44	3601.26
43	8209.35		0.31	4378.98	3830.37
44	9255.22		0.38	5367.78	3887.44
45	9577.84		0.41	5791.55	3786.29
46	9255.22		0.38	5367.78	3887.44
47	8209.35		0.31	4378.98	3830.37
47.5	7415.20		0.25	3531.44	3883.77
48.5	5001.97		0.10	1412.57	3589.39
48.75	4356.28		0.05	706.29	3649.99
49.01	3671.74		0.00	0.00	3671.74
49.5	2438.59		-0.08	-1130.06	3568.65
50	1256.99		-0.17	-2401.38	3658.37
50.5	152.88		-0.25	-3531.44	3684.32
51.5	-1822.86	-0.39	-5509.04	3686.18	
52.5	-3488.65	-0.51	-7204.13	3715.48	
53.5	-4844.47	-0.61	-8616.70	3772.23	
54.5	-5890.34	-0.69	-9746.76	3856.42	
55.5	-6626.25	-0.74	-10453.05	3826.80	
56.5	-7052.19	-0.78	-11018.08	3965.89	
57.5	-7168.18	-0.79	-11159.34	3991.16	
58.5	-6974.20	-0.78	-11018.08	4043.88	
59.5	-6470.27	-0.74	-10453.05	3982.78	
60.5	-5656.38	-0.69	-9746.76	4090.39	
61.5	-4532.52	-0.61	-8616.70	4084.18	
62.5	-3098.71	-0.52	-7345.39	4246.68	
63.5	-1354.93	-0.39	-5509.04	4154.11	
64.5	698.80	-0.25	-3531.44	4230.24	
65.5	3062.49	-0.09	-1271.32	4333.81	
65.99	4333.86	0.00	0.00	4333.86	
66.25	5038.68	0.05	706.29	4332.39	
66.5	5703.86	0.10	1412.57	4291.29	
67.5	7912.57	0.25	3531.44	4381.14	
68	9028.23	0.31	4378.98	4649.25	
69	10152.08	0.38	5367.78	4784.30	
70	10552.69	0.41	5791.55	4761.14	
71	9774.06	0.38	5367.78	4406.28	
72	8460.56	0.31	4378.98	4081.58	
73	6141.31	0.18	2542.63	3598.68	
73.75	4139.13	0.05	706.29	3432.84	
74	3413.62	0.00	0.00	3413.62	
74.01	3385.00	0.00	0.00	3385.00	
75	705.30	-0.17	-2401.38	3106.67	



76	-1693.06		-0.33	-4661.49	2968.43
77	-3781.47		-0.46	-6497.84	2716.38
78	-5559.91		-0.57	-8051.67	2491.77
79	-7028.39		-0.65	-9181.73	2153.34
80	-8186.91		-0.72	-10170.53	1983.62
81	-9035.47		-0.76	-10735.56	1700.09
82	-9574.07		-0.79	-11159.34	1585.26
82.5	-9727.14		-0.79	-11159.34	1432.20
83	-9791.86	9	-0.79	-11159.34	1367.48
84	-9623.72		-0.76	-10735.56	1111.84
85	-9058.80		-0.70	-9888.02	829.22
86	-8097.10		-0.62	-8757.96	660.86
87	-6738.63		-0.51	-7204.13	465.50
88	-4983.37		-0.37	-5226.52	243.16
89	-2548.82		-0.20	-2825.15	276.33
90	0.00		0.00	0.00	0.00

Anexo 2 – Coeficientes de Fluência

Secção Maciça		
A =	5.663	m ²
f _{cm} =	43.00	MPa
α1 =	0.866	
α2 =	0.960	
α3 =	0.902	

β (f _{cm}) =	2.562	
t ₀ =	3	dias
β (t ₀) =	0.74	
RH =	70	%

Ac =	5.663	m ²
u =	18.18	m
h ₀ =	623.06	mm

φRH =	1.252	dias
φ ₀ =	2.383	
t =	10 000	
βH =	1200.66	
βc(t.t ₀) =	0.967	

φ =	2.30	
-----	------	--

Secção Aligeirada		
A =	5.160	m ²
f _{cm} =	43.00	MPa
α1 =	0.866	
α2 =	0.960	
α3 =	0.902	

β (f _{cm}) =	2.562	
t ₀ =	3	dias
β (t ₀) =	0.74	
RH =	70	%

Ac =	5.160	m ²
u =	18.18	m
h ₀ =	567.72	mm

φRH =	1.261	
φ ₀ =	2.400	
t =	10 000	dias
βH =	1114.05	
βc(t.t ₀) =	0.969	

φ =	2.33	
-----	------	--

Betão C35/45		
E _{cm} =	34.0	GPa
f _{ck} =	35000	KPa
f _{cd} =	23333.33	KPa
f _{cm} =	43.00	MPa
f _{ctm} =	3.2	MPa

φ médio = 2.32

A média = 5.261 m²

L (S. Maciça) =	18.0	m
L (S. Aligeirada) =	72.0	m
L total =	90.0	m

Anexo 3 – Cálculo da Variação Uniforme de Temperatura Equivalente aos Efeitos Diferidos (ΔT_{eq})

C35/45;

HR = 70 % (Humidade Relativa);

$f_{ck} = 35$ MPa

$f_{cm} = 43$ MPa;

$t = 20\,000$ dias;

$$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cd} + \varepsilon_{ca}$$

$$\varepsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t, ts) \cdot k_h \cdot \varepsilon_{cd,0}$$

$$\beta_{ds}(t, ts) \cong 1;$$

$$k_h = 0.70;$$

$$RH_0 = 100 \%;$$

$$\alpha_{ds1} = 4;$$

$$\alpha_{ds2} = 0.12;$$

$$\varepsilon_{cd,0} = 0.85 \times \left[(220 + 110 \cdot \alpha_{ds1}) \times \exp\left(-\alpha_{ds2} \times \frac{f_{cm}}{f_{cm0}}\right) \right] \times 10^{-6} \times \beta_{RH}$$

$$\beta_{RH} = 1.55 \times \left[1 - \left(\frac{RH}{RH_0}\right)^3 \right] = 1.55 \times \left[1 - \left(\frac{70}{100}\right)^3 \right] = 1.018$$

$$\varepsilon_{cd,0} = 0.85 \times \left[(220 + 110 \times 4) \times \exp\left(-0.12 \times \frac{43}{10}\right) \right] \times 10^{-6} \times 1.018 = 34.10 \times 10^{-5}$$

$$\varepsilon_{cd}(t) = 1.0 \times 0.70 \times 34.10 \times 10^{-5} = 23.87 \times 10^{-5}$$

$$\varepsilon_{ca}(t) = \beta_{as}(t) + \varepsilon_{ca}(\infty)$$

$$\beta_{as}(t) = 1 - \exp(-0.20 \times t^{0.5}) = 1.0$$

$$\varepsilon_{ca}(\infty) = 2.5 \times (f_{ck} - 10) \times 10^{-6} = 6.30 \times 10^{-5}$$

$$\varepsilon_{ca}(t) = 1.0 \times 6.30 \times 10^{-5} = 6.30 \times 10^{-5}$$

$$\therefore \varepsilon_{cs} = 23.87 \times 10^{-5} + 6.30 \times 10^{-5} = -30.20 \times 10^{-5}$$

$$\varepsilon_{cc} = \varphi_c \cdot \frac{\sigma_c}{E_c}$$

$$\varphi_{c,med} = 2.32;$$

$$\sigma_c = \frac{P_0}{A_{med}} = \frac{14125.74}{5.261} = 2.68 \text{ MPa}$$

$$\therefore \varepsilon_{cc} = 2.32 \times \frac{2.68}{34 \times 10^3} = 18.30 \times 10^{-5}$$

$$\varepsilon_{c0} = \frac{\sigma_c}{E_c}$$

$$\therefore \varepsilon_{c0} = \frac{\sigma_c}{E_c} = \frac{2.68}{34 \times 10^3} = 7.90 \times 10^{-5}$$

$$\varepsilon = \alpha \cdot \Delta T \Leftrightarrow \Delta T = \frac{\varepsilon}{\alpha}$$

$$\alpha = 10^{-5};$$

$$\therefore \Delta T_{eq} = \frac{(30.20 + 18.30 + 7.90) \times 10^{-5}}{10^{-5}} = 56.40 \text{ }^\circ\text{C}$$

Anexo 4 – Perdas Diferidas

x (m)	e (m)	$P_0 \times e$ (kN·m)	M_{Hip} (kN·m)	M_{QP} (kN·m)	σ_c (kPa)	σ_c (MPa)	Perdas por Fluência $\Delta\sigma_{ptc}$ (MPa)	Perdas Diferidas $\Delta\sigma_{pt.s+c+r}$ (MPa)	$\sigma_{p\infty}$ (MPa)
0	0.00	0	0.00	0.00	2494.39	2.49	32.95	131.84	1195.76
1	-0.20	-2825.15	276.33	-758.49	2625.85	2.63	34.68	132.75	1194.85
2	-0.37	-5226.52	525.67	-1383.78	2938.06	2.94	38.81	134.84	1192.77
3	-0.51	-7204.13	465.50	-2140.55	3714.88	3.71	49.54	141.91	1185.70
4	-0.62	-8757.96	660.86	-2457.02	4101.33	4.10	54.69	144.10	1183.51
5	-0.70	-9888.02	829.22	-2600.46	4367.20	4.37	58.24	145.15	1182.45
6	-0.76	-10735.6	1111.84	-2581.43	4493.93	4.49	59.93	144.89	1182.72
7	-0.79	-11159.3	1367.48	-2402.69	4436.85	4.44	59.17	143.29	1184.32
7.5	-0.79	-11159.3	1432.20	-2253.27	4331.17	4.33	57.76	142.04	1185.57
8	-0.79	-11159.3	1585.26	-2074.08	4204.44	4.20	56.07	140.55	1187.06
9	-0.76	-10735.6	1700.09	-1659.46	3866.64	3.87	51.56	137.45	1190.16
10	-0.72	-10170.5	1983.62	-1158.32	3484.18	3.48	46.46	134.01	1193.60
11	-0.65	-9181.73	2153.34	-577.96	3073.87	3.07	40.99	130.86	1196.74
12	-0.57	-8051.67	2491.77	80.74	2696.34	2.70	35.96	128.06	1199.55
13	-0.46	-6497.84	2716.38	819.41	2400.10	2.40	32.01	126.48	1201.12
14	-0.33	-4661.49	2968.43	1640.19	2252.98	2.25	30.05	126.55	1201.06
15	-0.17	-2401.38	3106.67	-1246.39	2927.24	2.93	39.04	136.73	1190.88
15.99	0.00	0	3385.00	-113.10	2737.55	2.74	36.51	134.88	1192.73
16.25	0.05	706.2871	3432.84	198.63	2746.44	2.75	36.63	134.94	1192.66
17	0.18	2542.634	3598.68	810.74	2868.19	2.87	38.25	135.90	1191.71
18	0.31	4378.98	3799.07	743.13	2694.02	2.69	35.58	132.54	1195.06
19	0.38	5367.782	4406.28	-42.56	2480.38	2.48	32.76	128.95	1198.66
20	0.41	5791.554	4572.77	-2108.37	1745.32	1.75	23.05	119.32	1208.29
21	0.38	5367.782	4784.30	1273.11	2913.61	2.91	38.48	134.39	1193.22
22	0.31	4378.98	4649.25	2494.63	3164.53	3.16	41.80	138.49	1189.12
22.5	0.25	3531.436	4663.65	2718.79	3083.38	3.08	40.72	138.13	1189.47
23.5	0.10	1412.574	4291.29	2143.10	2929.41	2.93	39.07	137.15	1190.46
23.75	0.05	706.2871	4332.39	1915.57	2823.29	2.82	37.65	135.94	1191.67
24.01	0.00	0	4333.86	1647.40	2737.55	2.74	36.51	134.88	1192.73
24.5	-0.08	-1130.06	4192.55	1149.88	2655.19	2.66	35.41	133.69	1193.92
25	-0.17	-2401.38	4243.28	4097.44	2113.94	2.11	28.19	126.29	1201.32
25.5	-0.25	-3531.44	4230.24	3716.23	1905.80	1.91	25.42	122.99	1204.62
26.5	-0.39	-5509.04	4154.11	3046.97	1673.70	1.67	22.32	118.44	1209.17
27.5	-0.51	-7204.13	4105.42	2470.46	1609.58	1.61	21.47	115.78	1211.83
28.5	-0.61	-8616.7	4084.18	1978.62	1657.01	1.66	22.10	114.50	1213.10
29.5	-0.69	-9746.76	4090.39	1570.05	1767.68	1.77	23.57	114.16	1213.45
30.5	-0.74	-10453	3982.78	1244.01	1913.41	1.91	25.52	114.75	1212.85
31.5	-0.78	-11018.1	4043.88	999.87	2039.34	2.04	27.20	115.27	1212.33
32.5	-0.79	-11159.3	3991.16	837.47	2145.24	2.15	28.61	116.27	1211.33
33.5	-0.78	-11018.1	3965.89	763.20	2204.60	2.20	29.40	117.23	1210.38

34.5	-0.74	-10453	3826.80	770.82	2226.89	2.23	29.70	118.49	1209.12
35.5	-0.69	-9746.76	3856.42	860.31	2206.11	2.21	29.42	119.43	1208.18
36.5	-0.61	-8616.7	3772.23	1032.20	2173.85	2.17	28.99	120.82	1206.79
37.5	-0.52	-7345.39	3856.74	1296.25	2134.10	2.13	28.46	122.11	1205.50
38.5	-0.39	-5509.04	3686.18	1647.82	2162.21	2.16	28.83	124.60	1203.01
39.5	-0.25	-3531.44	3684.32	2094.82	2268.70	2.27	30.25	127.63	1199.98
40.5	-0.09	-1271.32	3709.91	-656.19	2790.42	2.79	37.21	135.40	1192.21
40.99	0.00	0	3671.74	-263.44	2737.55	2.74	36.51	134.88	1192.73
41.25	0.05	706.2871	3649.99	-50.27	2735.30	2.74	36.48	134.80	1192.81
41.5	0.10	1412.574	3589.39	125.39	2748.77	2.75	36.66	134.82	1192.79
42.5	0.25	3531.436	3601.26	211.14	2540.13	2.54	33.55	131.23	1196.37
43	0.31	4378.98	3830.37	165.47	2538.84	2.54	33.53	130.58	1197.02
44	0.38	5367.782	3887.44	-1235.64	2087.51	2.09	27.57	124.02	1203.59
45	0.41	5791.554	3786.29	-3713.38	1175.08	1.18	15.52	112.19	1215.42
46	0.38	5367.782	3887.44	-203.48	2427.39	2.43	32.06	128.28	1199.32
47	0.31	4378.98	3830.37	1101.27	2790.23	2.79	36.85	133.76	1193.85
47.5	0.25	3531.436	3883.77	1381.58	2793.69	2.79	36.90	134.45	1193.15
48.5	0.10	1412.574	3589.39	916.65	2819.61	2.82	37.60	135.73	1191.87
48.75	0.05	706.2871	3649.99	717.10	2769.65	2.77	36.94	135.24	1192.36
49.01	0.00	0	3671.74	478.85	2737.55	2.74	36.51	134.88	1192.73
49.5	-0.08	-1130.06	3568.65	38.86	2734.76	2.73	36.47	134.72	1192.89
50	-0.17	-2401.38	3658.37	3005.61	2280.11	2.28	30.41	128.42	1199.19
50.5	-0.25	-3531.44	3684.32	2693.06	2134.80	2.13	28.47	125.92	1201.69
51.5	-0.39	-5509.04	3686.18	2149.65	1987.00	1.99	26.50	122.39	1205.22
52.5	-0.51	-7204.13	3715.48	1701.67	1960.60	1.96	26.15	120.14	1207.47
53.5	-0.61	-8616.7	3772.23	1341.23	2005.09	2.01	26.74	118.75	1208.85
54.5	-0.69	-9746.76	3856.42	1072.95	2074.76	2.07	27.67	117.85	1209.76
55.5	-0.74	-10453	3826.80	887.08	2149.87	2.15	28.67	117.57	1210.04
56.5	-0.78	-11018.1	3965.89	783.08	2190.72	2.19	29.21	117.06	1210.54
57.5	-0.79	-11159.3	3991.16	760.98	2199.35	2.20	29.33	116.91	1210.70
58.5	-0.78	-11018.1	4043.88	827.01	2160.05	2.16	28.81	116.70	1210.91
59.5	-0.74	-10453	3982.78	974.75	2091.79	2.09	27.90	116.88	1210.73
60.5	-0.69	-9746.76	4090.39	1204.41	1993.55	1.99	26.59	116.87	1210.73
61.5	-0.61	-8616.7	4084.18	1516.59	1909.33	1.91	25.46	117.58	1210.02
62.5	-0.52	-7345.39	4246.68	1912.06	1847.42	1.85	24.64	118.55	1209.05
63.5	-0.39	-5509.04	4154.11	2392.14	1902.33	1.90	25.37	121.32	1206.29
64.5	-0.25	-3531.44	4230.24	2964.64	2074.02	2.07	27.66	125.14	1202.47
65.5	-0.09	-1271.32	4333.81	301.82	2713.23	2.71	36.18	134.40	1193.20
65.99	0.00	0	4333.86	752.09	2737.55	2.74	36.51	134.88	1192.73
66.25	0.05	706.2871	4332.39	995.15	2782.09	2.78	37.10	135.40	1192.20
66.5	0.10	1412.574	4291.29	1198.57	2844.85	2.84	37.94	136.06	1191.55
67.5	0.25	3531.436	4381.14	1395.31	2796.67	2.80	36.94	134.49	1193.12
68	0.31	4378.98	4649.25	1405.46	2871.94	2.87	37.93	134.79	1192.81
69	0.38	5367.782	4784.30	87.50	2523.21	2.52	33.33	129.49	1198.12
70	0.41	5791.554	4761.14	-2297.22	1678.22	1.68	22.17	118.48	1209.13
71	0.38	5367.782	4406.28	816.91	2763.39	2.76	36.50	132.50	1195.11
72	0.31	4378.98	4081.58	1839.88	2988.64	2.99	39.47	136.27	1191.34
73	0.18	2542.634	3598.68	1579.74	2992.12	2.99	39.90	137.49	1190.12
73.75	0.05	706.2871	3432.84	933.70	2779.34	2.78	37.06	135.37	1192.24



74	0.00	0	3413.62	622.65	2737.55	2.74	36.51	134.88	1192.73
74.01	0.00	0	3385.00	610.21	2737.55	2.74	36.51	134.88	1192.73
75	-0.17	-2401.38	3106.67	3223.08	2247.02	2.25	29.97	127.99	1199.61
76	-0.33	-4661.49	2968.43	2273.17	2065.98	2.07	27.55	124.17	1203.43
77	-0.46	-6497.84	2716.38	1407.24	2158.02	2.16	28.78	123.46	1204.15
78	-0.57	-8051.67	2491.77	623.38	2419.44	2.42	32.27	124.66	1202.95
79	-0.65	-9181.73	2153.34	-80.50	2784.39	2.78	37.13	127.35	1200.25
80	-0.72	-10170.5	1983.62	-706.08	3192.67	3.19	42.58	130.53	1197.08
81	-0.76	-10735.6	1700.09	-1252.35	3589.64	3.59	47.87	134.16	1193.45
82	-0.79	-11159.3	1585.26	-1712.17	3948.48	3.95	52.66	137.53	1190.08
82.5	-0.79	-11159.3	1432.20	-1913.98	4091.21	4.09	54.56	139.21	1188.40
83	-0.79	-11159.3	1367.48	-2086.01	4212.88	4.21	56.18	140.65	1186.96
84	-0.76	-10735.6	1111.84	-2310.02	4309.27	4.31	57.47	142.70	1184.91
85	-0.70	-9888.02	829.22	-2374.28	4225.46	4.23	56.35	143.45	1184.16
86	-0.62	-8757.96	660.86	-2276.03	4000.88	4.00	53.35	142.88	1184.73
87	-0.51	-7204.13	465.50	-2004.82	3652.91	3.65	48.71	141.14	1186.47
88	-0.37	-5226.52	243.16	-1575.80	2999.63	3.00	39.62	135.61	1192.00
89	-0.20	-2825.15	276.33	-713.25	2618.01	2.62	34.58	132.65	1194.95
90	0.00	0	0.00	0.00	2494.39	2.49	32.95	131.84	1195.76

Anexo 5A – E.L. Descompressão (Curto Prazo)

x (m)	A (m ²)	I (m ⁴)	vs (m)	vi (m)	σ_s – Máx. (MPa)	σ_s – Mín. (MPa)	σ_i – Máx. (MPa)	σ_i – Mín. (MPa)	f_{ctm} (MPa)
0	5.663	1.154	-0.58	0.93	-2.49	-2.49	-2.49	-2.49	3.2
1	5.663	1.154	-0.58	0.93	-2.12	-1.79	-3.10	-3.63	3.2
2	5.663	1.154	-0.58	0.93	-1.80	-1.19	-3.61	-4.60	3.2
3	5.160	1.117	-0.56	0.94	-1.67	-0.79	-4.55	-6.03	3.2
4	5.160	1.117	-0.56	0.94	-1.51	-0.40	-4.81	-6.68	3.2
5	5.160	1.117	-0.56	0.94	-1.44	-0.12	-4.94	-7.15	3.2
6	5.160	1.117	-0.56	0.94	-1.45	0.05	-4.92	-7.44	3.2
7	5.160	1.117	-0.56	0.94	-1.54	0.11	-4.77	-7.54	3.2
7.5	5.160	1.117	-0.56	0.94	-1.61	0.10	-4.64	-7.52	3.2
8	5.160	1.117	-0.56	0.94	-1.70	0.06	-4.49	-7.47	3.2
9	5.160	1.117	-0.56	0.94	-1.91	-0.05	-4.14	-7.27	3.2
10	5.160	1.117	-0.56	0.94	-2.16	-0.23	-3.72	-6.97	3.2
11	5.160	1.117	-0.56	0.94	-2.45	-0.48	-3.23	-6.56	3.2
12	5.160	1.117	-0.56	0.94	-2.78	-0.79	-2.67	-6.03	3.2
13	5.160	1.117	-0.56	0.94	-3.15	-1.16	-2.05	-5.40	3.2
14	5.160	1.117	-0.56	0.94	-3.56	-1.61	-1.35	-4.65	3.2
15	5.160	1.117	-0.56	0.94	-4.01	-2.11	-0.59	-3.79	3.2
15.99	5.160	1.117	-0.56	0.94	-4.50	-2.68	0.24	-2.83	3.2
16.25	5.160	1.117	-0.56	0.94	-4.64	-2.84	0.48	-2.57	3.2
17	5.160	1.117	-0.56	0.94	-4.94	-3.14	0.98	-2.05	3.2
18	5.663	1.154	-0.58	0.93	-4.72	-2.87	1.09	-1.90	3.2
19	5.663	1.154	-0.58	0.93	-4.52	-2.47	0.76	-2.53	3.2
20	5.663	1.154	-0.58	0.93	-4.27	-1.44	0.36	-4.19	3.2
21	5.663	1.154	-0.58	0.93	-5.18	-3.13	1.82	-1.47	3.2
22	5.663	1.154	-0.58	0.93	-5.57	-3.74	2.45	-0.49	3.2
22.5	5.663	1.154	-0.58	0.93	-5.61	-3.85	2.53	-0.31	3.2
23.5	5.160	1.117	-0.56	0.94	-5.51	-3.81	1.95	-0.93	3.2
23.75	5.160	1.117	-0.56	0.94	-5.39	-3.70	1.75	-1.12	3.2
24.01	5.160	1.117	-0.56	0.94	-5.26	-3.56	1.52	-1.35	3.2
24.5	5.160	1.117	-0.56	0.94	-5.02	-3.31	1.12	-1.77	3.2
25	5.160	1.117	-0.56	0.94	-4.79	-3.07	0.73	-2.18	3.2
25.5	5.160	1.117	-0.56	0.94	-4.60	-2.82	0.40	-2.59	3.2
26.5	5.160	1.117	-0.56	0.94	-4.26	-2.36	-0.16	-3.38	3.2
27.5	5.160	1.117	-0.56	0.94	-3.97	-1.95	-0.65	-4.07	3.2
28.5	5.160	1.117	-0.56	0.94	-3.73	-1.61	-1.07	-4.64	3.2
29.5	5.160	1.117	-0.56	0.94	-3.52	-1.33	-1.41	-5.11	3.2
30.5	5.160	1.117	-0.56	0.94	-3.36	-1.12	-1.69	-5.46	3.2
31.5	5.160	1.117	-0.56	0.94	-3.24	-0.98	-1.89	-5.71	3.2
32.5	5.160	1.117	-0.56	0.94	-3.16	-0.89	-2.03	-5.85	3.2
33.5	5.160	1.117	-0.56	0.94	-3.12	-0.86	-2.09	-5.90	3.2
34.5	5.160	1.117	-0.56	0.94	-3.12	-0.90	-2.09	-5.85	3.2
35.5	5.160	1.117	-0.56	0.94	-3.17	-1.00	-2.01	-5.68	3.2
36.5	5.160	1.117	-0.56	0.94	-3.25	-1.16	-1.87	-5.40	3.2
37.5	5.160	1.117	-0.56	0.94	-3.39	-1.39	-1.64	-5.02	3.2
38.5	5.160	1.117	-0.56	0.94	-3.56	-1.68	-1.34	-4.53	3.2
39.5	5.160	1.117	-0.56	0.94	-3.79	-2.03	-0.97	-3.93	3.2
40.5	5.160	1.117	-0.56	0.94	-4.09	-2.41	-0.45	-3.29	3.2
40.99	5.160	1.117	-0.56	0.94	-4.27	-2.61	-0.15	-2.96	3.2

41.25	5.160	1.117	-0.56	0.94	-4.37	-2.71	0.02	-2.78	3.2
41.5	5.160	1.117	-0.56	0.94	-4.46	-2.80	0.17	-2.63	3.2
42.5	5.663	1.154	-0.58	0.93	-4.30	-2.60	0.41	-2.32	3.2
43	5.663	1.154	-0.58	0.93	-4.33	-2.58	0.45	-2.36	3.2
44	5.663	1.154	-0.58	0.93	-3.81	-1.88	-0.38	-3.49	3.2
45	5.663	1.154	-0.58	0.93	-3.43	-0.64	-0.98	-5.48	3.2
46	5.663	1.154	-0.58	0.93	-4.33	-2.39	0.45	-2.66	3.2
47	5.663	1.154	-0.58	0.93	-4.79	-3.04	1.21	-1.61	3.2
47.5	5.663	1.154	-0.58	0.93	-4.88	-3.18	1.35	-1.38	3.2
48.5	5.160	1.117	-0.56	0.94	-4.86	-3.20	0.84	-1.96	3.2
48.75	5.160	1.117	-0.56	0.94	-4.76	-3.10	0.67	-2.13	3.2
49.01	5.160	1.117	-0.56	0.94	-4.64	-2.98	0.48	-2.33	3.2
49.5	5.160	1.117	-0.56	0.94	-4.44	-2.76	0.13	-2.70	3.2
50	5.160	1.117	-0.56	0.94	-4.24	-2.54	-0.20	-3.07	3.2
50.5	5.160	1.117	-0.56	0.94	-4.09	-2.33	-0.46	-3.43	3.2
51.5	5.160	1.117	-0.56	0.94	-3.81	-1.93	-0.92	-4.10	3.2
52.5	5.160	1.117	-0.56	0.94	-3.59	-1.59	-1.30	-4.67	3.2
53.5	5.160	1.117	-0.56	0.94	-3.41	-1.32	-1.60	-5.14	3.2
54.5	5.160	1.117	-0.56	0.94	-3.27	-1.10	-1.83	-5.50	3.2
55.5	5.160	1.117	-0.56	0.94	-3.18	-0.96	-1.99	-5.75	3.2
56.5	5.160	1.117	-0.56	0.94	-3.13	-0.87	-2.08	-5.89	3.2
57.5	5.160	1.117	-0.56	0.94	-3.12	-0.86	-2.09	-5.92	3.2
58.5	5.160	1.117	-0.56	0.94	-3.15	-0.89	-2.04	-5.85	3.2
59.5	5.160	1.117	-0.56	0.94	-3.23	-0.99	-1.91	-5.69	3.2
60.5	5.160	1.117	-0.56	0.94	-3.34	-1.15	-1.72	-5.42	3.2
61.5	5.160	1.117	-0.56	0.94	-3.50	-1.38	-1.46	-5.03	3.2
62.5	5.160	1.117	-0.56	0.94	-3.69	-1.67	-1.12	-4.54	3.2
63.5	5.160	1.117	-0.56	0.94	-3.93	-2.03	-0.72	-3.94	3.2
64.5	5.160	1.117	-0.56	0.94	-4.22	-2.45	-0.23	-3.23	3.2
65.5	5.160	1.117	-0.56	0.94	-4.60	-2.89	0.40	-2.48	3.2
65.99	5.160	1.117	-0.56	0.94	-4.81	-3.11	0.76	-2.10	3.2
66.25	5.160	1.117	-0.56	0.94	-4.93	-3.24	0.97	-1.90	3.2
66.5	5.160	1.117	-0.56	0.94	-5.04	-3.34	1.15	-1.72	3.2
67.5	5.663	1.154	-0.58	0.93	-4.95	-3.19	1.46	-1.37	3.2
68	5.663	1.154	-0.58	0.93	-5.02	-3.20	1.57	-1.37	3.2
69	5.663	1.154	-0.58	0.93	-4.58	-2.54	0.87	-2.42	3.2
70	5.663	1.154	-0.58	0.93	-4.29	-1.35	0.40	-4.34	3.2
71	5.663	1.154	-0.58	0.93	-4.95	-2.90	1.45	-1.84	3.2
72	5.663	1.154	-0.58	0.93	-5.27	-3.41	1.98	-1.02	3.2
73	5.160	1.117	-0.56	0.94	-5.33	-3.53	1.63	-1.40	3.2
73.75	5.160	1.117	-0.56	0.94	-5.01	-3.20	1.10	-1.95	3.2
74	5.160	1.117	-0.56	0.94	-4.87	-3.05	0.86	-2.21	3.2
74.01	5.160	1.117	-0.56	0.94	-4.86	-3.04	0.85	-2.22	3.2
75	5.160	1.117	-0.56	0.94	-4.35	-2.45	-0.01	-3.22	3.2
76	5.160	1.117	-0.56	0.94	-3.88	-1.92	-0.82	-4.11	3.2
77	5.160	1.117	-0.56	0.94	-3.44	-1.46	-1.55	-4.90	3.2
78	5.160	1.117	-0.56	0.94	-3.05	-1.06	-2.21	-5.57	3.2
79	5.160	1.117	-0.56	0.94	-2.70	-0.73	-2.81	-6.14	3.2
80	5.160	1.117	-0.56	0.94	-2.38	-0.46	-3.33	-6.59	3.2
81	5.160	1.117	-0.56	0.94	-2.11	-0.25	-3.80	-6.93	3.2
82	5.160	1.117	-0.56	0.94	-1.88	-0.12	-4.18	-7.16	3.2
82.5	5.160	1.117	-0.56	0.94	-1.78	-0.07	-4.36	-7.24	3.2
83	5.160	1.117	-0.56	0.94	-1.69	-0.05	-4.50	-7.27	3.2
84	5.160	1.117	-0.56	0.94	-1.58	-0.09	-4.69	-7.21	3.2

85	5.160	1.117	-0.56	0.94	-1.55	-0.24	-4.74	-6.96	3.2
86	5.160	1.117	-0.56	0.94	-1.60	-0.49	-4.66	-6.53	3.2
87	5.160	1.117	-0.56	0.94	-1.73	-0.86	-4.43	-5.91	3.2
88	5.663	1.154	-0.58	0.93	-1.71	-1.09	-3.76	-4.75	3.2
89	5.663	1.154	-0.58	0.93	-2.14	-1.81	-3.07	-3.59	3.2
90	5.663	1.154	-0.58	0.93	-2.49	-2.49	-2.49	-2.49	3.2

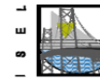
Anexo 5B – E.L. Descompressão (Fases Construtivas)

Elem. Nº	x (m)	FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4	FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4
		M P ₀ (kN·m)	M P ₀ (kN·m)	M P ₀ (kN·m)	M P ₀ (kN·m)	M P.P (kN·m)	M P.P (kN·m)	M P.P (kN·m)	M P.P (kN·m)
Vi1	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vi1	1	-2748.71	167.41	-46.00	12.70	1149.59	-180.71	45.67	-8.54
Vi2	1	-2748.71	167.41	-46.00	12.70	1149.59	-180.71	45.67	-8.54
Vi2	2	-5100.65	334.82	-92.01	25.41	2157.60	-361.42	91.34	-17.09
Vi3	2	-5383.16	334.82	-92.01	25.41	2157.60	-361.42	91.34	-17.09
Vi3	3	-7338.31	502.22	-138.01	38.11	3030.31	-542.13	137.01	-25.63
Vi4	3	-7338.31	502.22	-138.01	38.11	3030.31	-542.13	137.01	-25.63
Vi4	4	-8896.68	669.63	-184.02	50.81	3774.03	-722.84	182.68	-34.17
Vi5	4	-8896.68	669.63	-184.02	50.81	3774.03	-722.84	182.68	-34.17
Vi5	5	-10058.28	837.04	-230.02	63.52	4388.75	-903.55	228.35	-42.72
Vi6	5	-10058.28	837.04	-230.02	63.52	4388.75	-903.55	228.35	-42.72
Vi6	6	-10823.09	1004.45	-276.02	76.22	4874.47	-1084.26	274.02	-51.26
Vi7	6	-10823.09	1004.45	-276.02	76.22	4874.47	-1084.26	274.02	-51.26
Vi7	7	-11191.12	1171.86	-322.03	88.93	5231.19	-1264.97	319.68	-59.80
Vi8	7	-11191.12	1171.86	-322.03	88.93	5231.19	-1264.97	319.68	-59.80
Vi8	7.5	-11226.35	1255.56	-345.03	95.28	5361.17	-1355.32	342.52	-64.08
Vi9	7.5	-11226.35	1255.56	-345.03	95.28	5361.17	-1355.32	342.52	-64.08
Vi9	8	-11173.23	1339.27	-368.03	101.63	5458.90	-1445.68	365.35	-68.35
Vi10	8	-11173.23	1339.27	-368.03	101.63	5458.90	-1445.68	365.35	-68.35
Vi10	9	-10834.52	1506.67	-414.03	114.33	5557.62	-1626.39	411.02	-76.89
Vi11	9	-10834.52	1506.67	-414.03	114.33	5557.62	-1626.39	411.02	-76.89
Vi11	10	-10185.86	1674.08	-460.04	127.04	5527.34	-1807.09	456.69	-85.43
Vi12	10	-10185.86	1674.08	-460.04	127.04	5527.34	-1807.09	456.69	-85.43
Vi12	11	-9227.23	1841.49	-506.04	139.74	5368.06	-1987.80	502.36	-93.98
Vi13	11	-9227.23	1841.49	-506.04	139.74	5368.06	-1987.80	502.36	-93.98
Vi13	12	-7958.64	2008.90	-552.05	152.44	5079.78	-2168.51	548.03	-102.52
Vi14	12	-7958.64	2008.90	-552.05	152.44	5079.78	-2168.51	548.03	-102.52
Vi14	13	-6380.10	2176.31	-598.05	165.15	4662.49	-2349.22	593.70	-111.06
Vi15	13	-6380.10	2176.31	-598.05	165.15	4662.49	-2349.22	593.70	-111.06
Vi15	14	-4491.59	2343.71	-644.05	177.85	4116.21	-2529.93	639.37	-119.61
Vi16	14	-4491.59	2343.71	-644.05	177.85	4116.21	-2529.93	639.37	-119.61
Vi16	15	-2293.13	2511.12	-690.06	190.56	3440.93	-2710.64	685.04	-128.15
Vi17	15	-2293.13	2511.12	-690.06	190.56	3440.93	-2710.64	685.04	-128.15
Vi17	15.99	188.68	2676.86	-735.60	203.13	2645.33	-2889.54	730.25	-136.61
Vi18	15.99	188.68	2676.86	-735.60	203.13	2645.33	-2889.54	730.25	-136.61
Vi18	16.25	890.84	2720.38	-747.56	206.44	2415.42	-2936.53	742.12	-138.83
Vi19	16.25	890.84	2720.38	-747.56	206.44	2415.42	-2936.53	742.12	-138.83

Vi19	17	2743.10	2845.94	-782.06	215.96	1703.37	-3072.06	776.38	-145.24
Vi20	17	2743.10	2845.94	-782.06	215.96	1703.37	-3072.06	776.38	-145.24
Vi20	18	4579.95	3013.35	-828.07	228.67	641.08	-3252.77	822.05	-153.78
Vi21	18	4862.46	3013.35	-828.07	228.67	641.08	-3252.77	822.05	-153.78
Vi21	19	5976.06	3180.75	-874.07	241.37	-556.49	-3433.48	867.71	-162.32
Vi22	19	5976.06	3180.75	-874.07	241.37	-556.49	-3433.48	867.71	-162.32
Vi22	20	6366.43	3348.16	-920.08	254.07	-1895.64	-3614.19	913.38	-170.87
Vi23	20	6109.34	4215.62	-932.62	135.64	-1651.81	-4553.76	954.96	-85.70
Vi23	21	5748.74	4080.87	-757.75	101.64	-1046.15	-3445.46	773.79	-63.50
Vi24	21	5748.74	4080.87	-757.75	101.64	-1046.15	-3445.46	773.79	-63.50
Vi24	22	4664.90	3946.13	-582.87	67.64	-582.07	-2337.17	592.61	-41.30
Vi25	22	4664.90	3946.13	-582.87	67.64	-582.07	-2337.17	592.61	-41.30
Vi25	22.5	3851.77	3878.75	-495.44	50.64	-403.13	-1783.02	502.03	-30.20
Vi26	22.5	3569.26	3878.75	-495.44	50.64	-403.13	-1783.02	502.03	-30.20
Vi26	23.5	1400.56	3744.01	-320.56	16.64	-145.13	-674.73	320.85	-8.00
Vi27	23.5	1400.56	3744.01	-320.56	16.64	-145.13	-674.73	320.85	-8.00
Vi27	23.75	745.38	3710.32	-276.84	8.14	-100.78	-397.65	275.56	-2.45
Vi28	23.75	745.38	3710.32	-276.84	8.14	-100.78	-397.65	275.56	-2.45
Vi28	24.01	50.96	3675.29	-231.38	-0.70	-63.22	-109.50	228.45	3.32
Vi29	24.01	50.96	3675.29	-231.38	-0.70	-63.22	-109.50	228.45	3.32
Vi29	24.5	-1200.80	3609.27	-145.69	-17.37	-16.13	433.57	139.68	14.19
Vi30	24.5	-1200.80	3609.27	-145.69	-17.37	-16.13	433.57	139.68	14.19
Vi30	25	-2401.38	3541.89	-58.25	-34.37	0.00	987.72	49.09	25.29
Vi31	25	0.00	1140.51	-58.25	-34.37	0.00	987.72	49.09	25.29
Vi31	25.5	0.00	-49.95	29.19	-51.37	0.00	1525.74	-41.49	36.39
Vi32	25.5	0.00	-49.95	29.19	-51.37	0.00	1525.74	-41.49	36.39
Vi32	26.5	0.00	-2198.42	204.06	-85.37	0.00	2505.03	-222.67	58.59
Vi33	26.5	0.00	-2198.42	204.06	-85.37	0.00	2505.03	-222.67	58.59
Vi33	27.5	0.00	-4036.92	378.94	-119.37	0.00	3355.33	-403.84	80.79
Vi34	27.5	0.00	-4036.92	378.94	-119.37	0.00	3355.33	-403.84	80.79
Vi34	28.5	0.00	-5565.47	553.81	-153.37	0.00	4076.62	-585.02	102.99
Vi35	28.5	0.00	-5565.47	553.81	-153.37	0.00	4076.62	-585.02	102.99
Vi35	29.5	0.00	-6784.05	728.68	-187.38	0.00	4668.92	-766.19	125.19
Vi36	29.5	0.00	-6784.05	728.68	-187.38	0.00	4668.92	-766.19	125.19
Vi36	30.5	0.00	-7692.68	903.56	-221.38	0.00	5132.21	-947.36	147.38
Vi37	30.5	0.00	-7692.68	903.56	-221.38	0.00	5132.21	-947.36	147.38
Vi37	31.5	0.00	-8291.34	1078.43	-255.38	0.00	5466.50	-1128.54	169.58
Vi38	31.5	0.00	-8291.34	1078.43	-255.38	0.00	5466.50	-1128.54	169.58
Vi38	32.5	0.00	-8580.05	1253.31	-289.38	0.00	5671.80	-1309.71	191.78
Vi39	32.5	0.00	-8580.05	1253.31	-289.38	0.00	5671.80	-1309.71	191.78
Vi39	33.5	0.00	-8558.79	1428.18	-323.39	0.00	5748.09	-1490.88	213.98
Vi40	33.5	0.00	-8558.79	1428.18	-323.39	0.00	5748.09	-1490.88	213.98
Vi40	34.5	0.00	-8227.58	1603.06	-357.39	0.00	5695.39	-1672.06	236.18

Vi41	34.5	0.00	-8227.58	1603.06	-357.39	0.00	5695.39	-1672.06	236.18
Vi41	35.5	0.00	-7586.40	1777.93	-391.39	0.00	5513.68	-1853.23	258.38
Vi42	35.5	0.00	-7586.40	1777.93	-391.39	0.00	5513.68	-1853.23	258.38
Vi42	36.5	0.00	-6635.26	1952.80	-425.39	0.00	5202.98	-2034.40	280.57
Vi43	36.5	0.00	-6635.26	1952.80	-425.39	0.00	5202.98	-2034.40	280.57
Vi43	37.5	0.00	-5374.17	2127.68	-459.40	0.00	4763.27	-2215.58	302.77
Vi44	37.5	0.00	-5374.17	2127.68	-459.40	0.00	4763.27	-2215.58	302.77
Vi44	38.5	0.00	-3803.11	2302.55	-493.40	0.00	4194.57	-2396.75	324.97
Vi45	38.5	0.00	-3803.11	2302.55	-493.40	0.00	4194.57	-2396.75	324.97
Vi45	39.5	0.00	-1922.10	2477.43	-527.40	0.00	3496.86	-2577.92	347.17
Vi46	39.5	0.00	-1922.10	2477.43	-527.40	0.00	3496.86	-2577.92	347.17
Vi46	40.5	0.00	268.88	2652.30	-561.40	0.00	2670.15	-2759.10	369.37
Vi47	40.5	0.00	268.88	2652.30	-561.40	0.00	2670.15	-2759.10	369.37
Vi47	40.99	0.00	1455.61	2737.99	-578.06	0.00	2217.98	-2847.87	380.24
Vi48	40.99	0.00	1455.61	2737.99	-578.06	0.00	2217.98	-2847.87	380.24
Vi48	41.25	0.00	2115.52	2783.46	-586.90	0.00	1965.47	-2894.98	386.02
Vi49	41.25	0.00	2115.52	2783.46	-586.90	0.00	1965.47	-2894.98	386.02
Vi49	41.5	0.00	2737.52	2827.18	-595.40	0.00	1714.45	-2940.27	391.56
Vi50	41.5	0.00	2737.52	2827.18	-595.40	0.00	1714.45	-2940.27	391.56
Vi50	42.5	0.00	4773.52	3002.05	-629.41	0.00	629.74	-3121.45	413.76
Vi51	42.5	0.00	5056.03	3002.05	-629.41	0.00	629.74	-3121.45	413.76
Vi51	43	0.00	5802.81	3089.49	-646.41	0.00	37.44	-3212.03	424.86
Vi52	43	0.00	5802.81	3089.49	-646.41	0.00	37.44	-3212.03	424.86
Vi52	44	0.00	6753.95	3264.36	-680.41	0.00	-1253.34	-3393.21	447.06
Vi53	44	0.00	6753.95	3264.36	-680.41	0.00	-1253.34	-3393.21	447.06
Vi53	45	0.00	6981.84	3439.24	-714.41	0.00	-2685.71	-3574.38	469.26
Vi54	45	0.00	6109.34	4439.01	-1067.11	0.00	-1651.81	-4590.55	709.71
Vi54	46	0.00	5748.74	4251.44	-882.15	0.00	-1046.15	-3461.22	584.20
Vi55	46	0.00	5748.74	4251.44	-882.15	0.00	-1046.15	-3461.22	584.20
Vi55	47	0.00	4664.90	4063.87	-697.19	0.00	-582.07	-2331.90	458.69
Vi56	47	0.00	4664.90	4063.87	-697.19	0.00	-582.07	-2331.90	458.69
Vi56	47.5	0.00	3851.77	3970.09	-604.72	0.00	-403.13	-1767.24	395.93
Vi57	47.5	0.00	3569.26	3970.09	-604.72	0.00	-403.13	-1767.24	395.93
Vi57	48.5	0.00	1400.56	3782.52	-419.76	0.00	-145.13	-637.91	270.42
Vi58	48.5	0.00	1400.56	3782.52	-419.76	0.00	-145.13	-637.91	270.42
Vi58	48.75	0.00	745.38	3735.62	-373.52	0.00	-100.78	-355.58	239.04
Vi59	48.75	0.00	745.38	3735.62	-373.52	0.00	-100.78	-355.58	239.04
Vi59	49.01	0.00	50.96	3686.86	-325.43	0.00	-63.22	-61.95	206.41
Vi60	49.01	0.00	50.96	3686.86	-325.43	0.00	-63.22	-61.95	206.41
Vi60	49.5	0.00	-1200.80	3594.95	-234.80	0.00	-16.13	491.42	144.91
Vi61	49.5	0.00	-1200.80	3594.95	-234.80	0.00	-16.13	491.42	144.91
Vi61	50	0.00	-2401.38	3501.16	-142.32	0.00	0.00	1056.08	82.15
Vi62	50	0.00	0.00	1099.78	-142.32	0.00	0.00	1056.08	82.15

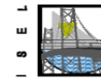
Vi62	50.5	0.00	0.00	-117.10	-49.84	0.00	0.00	1604.62	19.40
Vi63	50.5	0.00	0.00	-117.10	-49.84	0.00	0.00	1604.62	19.40
Vi63	51.5	0.00	0.00	-2318.39	135.11	0.00	0.00	2604.94	-106.11
Vi64	51.5	0.00	0.00	-2318.39	135.11	0.00	0.00	2604.94	-106.11
Vi64	52.5	0.00	0.00	-4209.72	320.07	0.00	0.00	3476.27	-231.62
Vi65	52.5	0.00	0.00	-4209.72	320.07	0.00	0.00	3476.27	-231.62
Vi65	53.5	0.00	0.00	-5791.09	505.03	0.00	0.00	4218.59	-357.14
Vi66	53.5	0.00	0.00	-5791.09	505.03	0.00	0.00	4218.59	-357.14
Vi66	54.5	0.00	0.00	-7062.50	689.98	0.00	0.00	4831.92	-482.65
Vi67	54.5	0.00	0.00	-7062.50	689.98	0.00	0.00	4831.92	-482.65
Vi67	55.5	0.00	0.00	-8023.95	874.94	0.00	0.00	5316.24	-608.16
Vi68	55.5	0.00	0.00	-8023.95	874.94	0.00	0.00	5316.24	-608.16
Vi68	56.5	0.00	0.00	-8675.44	1059.90	0.00	0.00	5671.57	-733.67
Vi69	56.5	0.00	0.00	-8675.44	1059.90	0.00	0.00	5671.57	-733.67
Vi69	57.5	0.00	0.00	-9016.96	1244.86	0.00	0.00	5897.89	-859.18
Vi70	57.5	0.00	0.00	-9016.96	1244.86	0.00	0.00	5897.89	-859.18
Vi70	58.5	0.00	0.00	-9048.53	1429.81	0.00	0.00	5995.22	-984.69
Vi71	58.5	0.00	0.00	-9048.53	1429.81	0.00	0.00	5995.22	-984.69
Vi71	59.5	0.00	0.00	-8770.14	1614.77	0.00	0.00	5963.54	-1110.20
Vi72	59.5	0.00	0.00	-8770.14	1614.77	0.00	0.00	5963.54	-1110.20
Vi72	60.5	0.00	0.00	-8181.79	1799.73	0.00	0.00	5802.87	-1235.72
Vi73	60.5	0.00	0.00	-8181.79	1799.73	0.00	0.00	5802.87	-1235.72
Vi73	61.5	0.00	0.00	-7283.48	1984.69	0.00	0.00	5513.19	-1361.23
Vi74	61.5	0.00	0.00	-7283.48	1984.69	0.00	0.00	5513.19	-1361.23
Vi74	62.5	0.00	0.00	-6075.21	2169.64	0.00	0.00	5094.52	-1486.74
Vi75	62.5	0.00	0.00	-6075.21	2169.64	0.00	0.00	5094.52	-1486.74
Vi75	63.5	0.00	0.00	-4556.98	2354.60	0.00	0.00	4546.84	-1612.25
Vi76	63.5	0.00	0.00	-4556.98	2354.60	0.00	0.00	4546.84	-1612.25
Vi76	64.5	0.00	0.00	-2728.79	2539.56	0.00	0.00	3870.17	-1737.76
Vi77	64.5	0.00	0.00	-2728.79	2539.56	0.00	0.00	3870.17	-1737.76
Vi77	65.5	0.00	0.00	-590.64	2724.51	0.00	0.00	3064.49	-1863.27
Vi78	65.5	0.00	0.00	-590.64	2724.51	0.00	0.00	3064.49	-1863.27
Vi78	65.99	0.00	0.00	570.20	2815.14	0.00	0.00	2622.62	-1924.77
Vi79	65.99	0.00	0.00	570.20	2815.14	0.00	0.00	2622.62	-1924.77
Vi79	66.25	0.00	0.00	1216.38	2863.23	0.00	0.00	2375.58	-1957.41
Vi80	66.25	0.00	0.00	1216.38	2863.23	0.00	0.00	2375.58	-1957.41
Vi80	66.5	0.00	0.00	1825.18	2909.47	0.00	0.00	2129.82	-1988.78
Vi81	66.5	0.00	0.00	1825.18	2909.47	0.00	0.00	2129.82	-1988.78
Vi81	67.5	0.00	0.00	3808.35	3094.43	0.00	0.00	1066.14	-2114.30
Vi82	67.5	0.00	0.00	4090.86	3094.43	0.00	0.00	1066.14	-2114.30
Vi82	68	0.00	0.00	4811.23	3186.91	0.00	0.00	484.36	-2177.05
Vi83	68	0.00	0.00	4811.23	3186.91	0.00	0.00	484.36	-2177.05
Vi83	69	0.00	0.00	5709.54	3371.86	0.00	0.00	-785.40	-2302.56



Vi84	69	0.00	0.00	5709.54	3371.86	0.00	0.00	-785.40	-2302.56
Vi84	70	0.00	0.00	5884.61	3556.82	0.00	0.00	-2196.73	-2428.07
Vi85	70	0.00	0.00	4792.22	4207.58	0.00	0.00	-1057.16	-2880.19
Vi85	71	0.00	0.00	4741.58	3736.12	0.00	0.00	-586.79	-1909.32
Vi86	71	0.00	0.00	4741.58	3736.12	0.00	0.00	-586.79	-1909.32
Vi86	72	0.00	0.00	3967.70	3264.67	0.00	0.00	-258.00	-938.45
Vi87	72	0.00	0.00	3685.19	3264.67	0.00	0.00	-258.00	-938.45
Vi87	73	0.00	0.00	2188.07	2793.21	0.00	0.00	-64.50	32.42
Vi88	73	0.00	0.00	2188.07	2793.21	0.00	0.00	-64.50	32.42
Vi88	73.75	0.00	0.00	590.61	2439.62	0.00	0.00	-4.03	760.57
Vi89	73.75	0.00	0.00	590.61	2439.62	0.00	0.00	-4.03	760.57
Vi89	74	0.00	0.00	0.00	2321.75	0.00	0.00	0.00	1003.28
Vi90	74	0.00	0.00	0.00	2321.75	0.00	0.00	0.00	1003.28
Vi90	74.01	0.00	0.00	0.00	2293.82	0.00	0.00	0.00	1012.99
Vi91	74.01	0.00	0.00	0.00	2293.82	0.00	0.00	0.00	1012.99
Vi91	75	0.00	0.00	0.00	-318.40	0.00	0.00	0.00	1909.65
Vi92	75	0.00	0.00	0.00	-318.40	0.00	0.00	0.00	1909.65
Vi92	76	0.00	0.00	0.00	-2648.60	0.00	0.00	0.00	2687.02
Vi93	76	0.00	0.00	0.00	-2648.60	0.00	0.00	0.00	2687.02
Vi93	77	0.00	0.00	0.00	-4668.84	0.00	0.00	0.00	3335.38
Vi94	77	0.00	0.00	0.00	-4668.84	0.00	0.00	0.00	3335.38
Vi94	78	0.00	0.00	0.00	-6379.12	0.00	0.00	0.00	3854.75
Vi95	78	0.00	0.00	0.00	-6379.12	0.00	0.00	0.00	3854.75
Vi95	79	0.00	0.00	0.00	-7779.43	0.00	0.00	0.00	4245.12
Vi96	79	0.00	0.00	0.00	-7779.43	0.00	0.00	0.00	4245.12
Vi96	80	0.00	0.00	0.00	-8869.79	0.00	0.00	0.00	4506.49
Vi97	80	0.00	0.00	0.00	-8869.79	0.00	0.00	0.00	4506.49
Vi97	81	0.00	0.00	0.00	-9650.19	0.00	0.00	0.00	4638.85
Vi98	81	0.00	0.00	0.00	-9650.19	0.00	0.00	0.00	4638.85
Vi98	82	0.00	0.00	0.00	-10120.63	0.00	0.00	0.00	4642.22
Vi99	82	0.00	0.00	0.00	-10120.63	0.00	0.00	0.00	4642.22
Vi99	82.5	0.00	0.00	0.00	-10239.61	0.00	0.00	0.00	4595.53
Vi100	82.5	0.00	0.00	0.00	-10239.61	0.00	0.00	0.00	4595.53
Vi100	83	0.00	0.00	0.00	-10270.25	0.00	0.00	0.00	4516.59
Vi101	83	0.00	0.00	0.00	-10270.25	0.00	0.00	0.00	4516.59
Vi101	84	0.00	0.00	0.00	-10033.95	0.00	0.00	0.00	4261.96
Vi102	84	0.00	0.00	0.00	-10033.95	0.00	0.00	0.00	4261.96
Vi102	85	0.00	0.00	0.00	-9400.86	0.00	0.00	0.00	3878.32
Vi103	85	0.00	0.00	0.00	-9400.86	0.00	0.00	0.00	3878.32
Vi103	86	0.00	0.00	0.00	-8371.00	0.00	0.00	0.00	3365.69
Vi104	86	0.00	0.00	0.00	-8371.00	0.00	0.00	0.00	3365.69
Vi104	87	0.00	0.00	0.00	-6944.36	0.00	0.00	0.00	2724.06
Vi105	87	0.00	0.00	0.00	-6944.36	0.00	0.00	0.00	2724.06

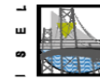
Vi105	88	0.00	0.00	0.00	-5120.94	0.00	0.00	0.00	1953.43
Vi106	88	0.00	0.00	0.00	-4837.19	0.00	0.00	0.00	1953.43
Vi106	89	0.00	0.00	0.00	-2616.98	0.00	0.00	0.00	1047.50
Vi107	89	0.00	0.00	0.00	-2616.98	0.00	0.00	0.00	1047.50
Vi107	90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

x (m)	vs (m)	vi (m)	FASE 1		FASE 2		FASE 3		FASE 4	
			σ_s (MPa)	σ_i (MPa)	σ_s (MPa)	σ_i (MPa)	σ_s (MPa)	σ_i (MPa)	σ_s (MPa)	σ_i (MPa)
0	-0.58	0.93	-2.49	-2.49	-2.49	-2.49	-2.49	-2.49	-2.49	-2.49
1	-0.58	0.93	-1.70	-3.78	-1.69	-3.79	-1.69	-3.79	-1.69	-3.79
1	-0.58	0.93	-1.70	-3.78	-1.69	-3.79	-1.69	-3.79	-1.69	-3.79
2	-0.58	0.93	-1.03	-4.86	-1.01	-4.88	-1.01	-4.88	-1.02	-4.87
2	-0.58	0.93	-0.88	-5.09	-0.87	-5.11	-0.87	-5.11	-0.87	-5.10
3	-0.56	0.94	-0.58	-6.38	-0.56	-6.41	-0.56	-6.41	-0.57	-6.40
3	-0.56	0.94	-0.58	-6.38	-0.56	-6.41	-0.56	-6.41	-0.57	-6.40
4	-0.56	0.94	-0.17	-7.07	-0.15	-7.11	-0.15	-7.11	-0.15	-7.10
4	-0.56	0.94	-0.17	-7.07	-0.15	-7.11	-0.15	-7.11	-0.15	-7.10
5	-0.56	0.94	0.10	-7.53	0.13	-7.59	0.13	-7.59	0.12	-7.57
5	-0.56	0.94	0.10	-7.53	0.13	-7.59	0.13	-7.59	0.12	-7.57
6	-0.56	0.94	0.24	-7.76	0.28	-7.83	0.28	-7.83	0.27	-7.81
6	-0.56	0.94	0.24	-7.76	0.28	-7.83	0.28	-7.83	0.27	-7.81
7	-0.56	0.94	0.25	-7.77	0.29	-7.85	0.29	-7.86	0.28	-7.83
7	-0.56	0.94	0.25	-7.77	0.29	-7.85	0.29	-7.86	0.28	-7.83
7.5	-0.56	0.94	0.20	-7.69	0.25	-7.78	0.25	-7.78	0.23	-7.75
7.5	-0.56	0.94	0.20	-7.69	0.25	-7.78	0.25	-7.78	0.23	-7.75
8	-0.56	0.94	0.12	-7.57	0.18	-7.66	0.18	-7.66	0.16	-7.63
8	-0.56	0.94	0.12	-7.57	0.18	-7.66	0.18	-7.66	0.16	-7.63
9	-0.56	0.94	-0.10	-7.20	-0.04	-7.30	-0.04	-7.30	-0.05	-7.27
9	-0.56	0.94	-0.10	-7.20	-0.04	-7.30	-0.04	-7.30	-0.05	-7.27
10	-0.56	0.94	-0.41	-6.67	-0.34	-6.79	-0.34	-6.79	-0.36	-6.75
10	-0.56	0.94	-0.41	-6.67	-0.34	-6.79	-0.34	-6.79	-0.36	-6.75
11	-0.56	0.94	-0.81	-6.00	-0.73	-6.12	-0.73	-6.13	-0.75	-6.09
11	-0.56	0.94	-0.81	-6.00	-0.73	-6.12	-0.73	-6.13	-0.75	-6.09
12	-0.56	0.94	-1.30	-5.17	-1.22	-5.31	-1.21	-5.31	-1.24	-5.27
12	-0.56	0.94	-1.30	-5.17	-1.22	-5.31	-1.21	-5.31	-1.24	-5.27
13	-0.56	0.94	-1.88	-4.19	-1.79	-4.34	-1.79	-4.34	-1.82	-4.29
13	-0.56	0.94	-1.88	-4.19	-1.79	-4.34	-1.79	-4.34	-1.82	-4.29
14	-0.56	0.94	-2.55	-3.05	-2.46	-3.21	-2.45	-3.22	-2.48	-3.17
14	-0.56	0.94	-2.55	-3.05	-2.46	-3.21	-2.45	-3.22	-2.48	-3.17
15	-0.56	0.94	-3.31	-1.77	-3.21	-1.94	-3.21	-1.94	-3.24	-1.89
15	-0.56	0.94	-3.31	-1.77	-3.21	-1.94	-3.21	-1.94	-3.24	-1.89
15.99	-0.56	0.94	-4.16	-0.34	-4.05	-0.52	-4.05	-0.53	-4.08	-0.47



15.99	-0.56	0.94	-4.16	-0.34	-4.05	-0.52	-4.05	-0.53	-4.08	-0.47
16.25	-0.56	0.94	-4.39	0.06	-4.28	-0.13	-4.28	-0.13	-4.32	-0.07
16.25	-0.56	0.94	-4.39	0.06	-4.28	-0.13	-4.28	-0.13	-4.32	-0.07
17	-0.56	0.94	-4.96	1.02	-4.85	0.83	-4.85	0.82	-4.88	0.88
17	-0.56	0.94	-4.96	1.02	-4.85	0.83	-4.85	0.82	-4.88	0.88
18	-0.58	0.93	-5.10	1.70	-4.98	1.51	-4.98	1.50	-5.02	1.56
18	-0.58	0.93	-5.24	1.93	-5.12	1.73	-5.12	1.73	-5.16	1.79
19	-0.58	0.93	-5.20	1.86	-5.07	1.66	-5.07	1.65	-5.11	1.71
19	-0.58	0.93	-5.20	1.86	-5.07	1.66	-5.07	1.65	-5.11	1.71
20	-0.58	0.93	-4.73	1.10	-4.59	0.88	-4.59	0.88	-4.63	0.94
20	-0.58	0.93	-4.72	1.09	-4.55	0.81	-4.56	0.83	-4.59	0.87
21	-0.58	0.93	-4.84	1.28	-5.16	1.79	-5.17	1.81	-5.19	1.84
21	-0.58	0.93	-4.84	1.28	-5.16	1.79	-5.17	1.81	-5.19	1.84
22	-0.58	0.93	-4.53	0.79	-5.34	2.08	-5.34	2.09	-5.35	2.11
22	-0.58	0.93	-4.53	0.79	-5.34	2.08	-5.34	2.09	-5.35	2.11
22.5	-0.58	0.93	-4.22	0.28	-5.26	1.96	-5.27	1.96	-5.28	1.98
22.5	-0.58	0.93	-4.07	0.05	-5.12	1.73	-5.12	1.74	-5.13	1.75
23.5	-0.56	0.94	-3.37	-1.68	-4.90	0.92	-4.90	0.92	-4.91	0.92
23.5	-0.56	0.94	-3.37	-1.68	-4.90	0.92	-4.90	0.92	-4.91	0.92
23.75	-0.56	0.94	-3.06	-2.19	-4.72	0.61	-4.72	0.61	-4.72	0.61
23.75	-0.56	0.94	-3.06	-2.19	-4.72	0.61	-4.72	0.61	-4.72	0.61
24.01	-0.56	0.94	-2.73	-2.75	-4.52	0.27	-4.51	0.26	-4.52	0.27
24.01	-0.56	0.94	-2.73	-2.75	-4.52	0.27	-4.51	0.26	-4.52	0.27
24.5	-0.56	0.94	-2.13	-3.77	-4.15	-0.35	-4.15	-0.35	-4.15	-0.36
24.5	-0.56	0.94	-2.13	-3.77	-4.15	-0.35	-4.15	-0.35	-4.15	-0.36
25	-0.56	0.94	-1.54	-4.77	-3.80	-0.94	-3.80	-0.95	-3.79	-0.95
25	-0.56	0.94	-2.74	-2.74	-3.80	-0.94	-3.80	-0.95	-3.79	-0.95
25.5	-0.56	0.94			-3.48	-1.49	-3.47	-1.50	-3.46	-1.51
25.5	-0.56	0.94			-3.48	-1.49	-3.47	-1.50	-3.46	-1.51
26.5	-0.56	0.94			-2.89	-2.48	-2.88	-2.49	-2.87	-2.52
26.5	-0.56	0.94			-2.89	-2.48	-2.88	-2.49	-2.87	-2.52
27.5	-0.56	0.94			-2.40	-3.31	-2.38	-3.33	-2.36	-3.37
27.5	-0.56	0.94			-2.40	-3.31	-2.38	-3.33	-2.36	-3.37
28.5	-0.56	0.94			-1.99	-4.00	-1.98	-4.02	-1.95	-4.06
28.5	-0.56	0.94			-1.99	-4.00	-1.98	-4.02	-1.95	-4.06
29.5	-0.56	0.94			-1.68	-4.53	-1.66	-4.56	-1.63	-4.61
29.5	-0.56	0.94			-1.68	-4.53	-1.66	-4.56	-1.63	-4.61
30.5	-0.56	0.94			-1.46	-4.90	-1.43	-4.94	-1.40	-5.00
30.5	-0.56	0.94			-1.46	-4.90	-1.43	-4.94	-1.40	-5.00
31.5	-0.56	0.94			-1.32	-5.12	-1.30	-5.17	-1.26	-5.24
31.5	-0.56	0.94			-1.32	-5.12	-1.30	-5.17	-1.26	-5.24
32.5	-0.56	0.94			-1.28	-5.20	-1.25	-5.24	-1.21	-5.33
32.5	-0.56	0.94			-1.28	-5.20	-1.25	-5.24	-1.21	-5.33
33.5	-0.56	0.94			-1.33	-5.11	-1.30	-5.17	-1.24	-5.26
33.5	-0.56	0.94			-1.33	-5.11	-1.30	-5.17	-1.24	-5.26
34.5	-0.56	0.94			-1.47	-4.88	-1.44	-4.94	-1.38	-5.04

34.5	-0.56	0.94			-1.47	-4.88	-1.44	-4.94	-1.38	-5.04
35.5	-0.56	0.94			-1.70	-4.49	-1.66	-4.55	-1.60	-4.67
35.5	-0.56	0.94			-1.70	-4.49	-1.66	-4.55	-1.60	-4.67
36.5	-0.56	0.94			-2.02	-3.95	-1.98	-4.02	-1.91	-4.14
36.5	-0.56	0.94			-2.02	-3.95	-1.98	-4.02	-1.91	-4.14
37.5	-0.56	0.94			-2.43	-3.25	-2.39	-3.33	-2.31	-3.46
37.5	-0.56	0.94			-2.43	-3.25	-2.39	-3.33	-2.31	-3.46
38.5	-0.56	0.94			-2.93	-2.41	-2.89	-2.49	-2.80	-2.63
38.5	-0.56	0.94			-2.93	-2.41	-2.89	-2.49	-2.80	-2.63
39.5	-0.56	0.94			-3.53	-1.41	-3.48	-1.49	-3.39	-1.64
39.5	-0.56	0.94			-3.53	-1.41	-3.48	-1.49	-3.39	-1.64
40.5	-0.56	0.94			-4.21	-0.25	-4.15	-0.34	-4.06	-0.51
40.5	-0.56	0.94			-4.21	-0.25	-4.15	-0.34	-4.06	-0.51
40.99	-0.56	0.94			-4.58	0.37	-4.52	0.27	-4.42	0.11
40.99	-0.56	0.94			-4.58	0.37	-4.52	0.27	-4.42	0.11
41.25	-0.56	0.94			-4.78	0.71	-4.72	0.62	-4.62	0.45
41.25	-0.56	0.94			-4.78	0.71	-4.72	0.62	-4.62	0.45
41.5	-0.56	0.94			-4.97	1.02	-4.91	0.93	-4.81	0.76
41.5	-0.56	0.94			-4.97	1.02	-4.91	0.93	-4.81	0.76
42.5	-0.58	0.93			-5.19	1.85	-5.13	1.75	-5.02	1.58
42.5	-0.58	0.93			-5.33	2.07	-5.27	1.98	-5.17	1.80
43	-0.58	0.93			-5.41	2.20	-5.35	2.10	-5.24	1.92
43	-0.58	0.93			-5.41	2.20	-5.35	2.10	-5.24	1.92
44	-0.58	0.93			-5.24	1.92	-5.18	1.82	-5.06	1.63
44	-0.58	0.93			-5.24	1.92	-5.18	1.82	-5.06	1.63
45	-0.58	0.93			-4.64	0.96	-4.57	0.85	-4.45	0.65
45	-0.58	0.93			-4.72	1.09	-4.64	0.96	-4.47	0.68
46	-0.58	0.93			-4.84	1.28	-5.24	1.92	-5.09	1.68
46	-0.58	0.93			-4.84	1.28	-5.24	1.92	-5.09	1.68
47	-0.58	0.93			-4.53	0.79	-5.40	2.18	-5.28	1.99
47	-0.58	0.93			-4.53	0.79	-5.40	2.18	-5.28	1.99
47.5	-0.58	0.93			-4.22	0.28	-5.32	2.05	-5.21	1.88
47.5	-0.58	0.93			-4.07	0.05	-5.17	1.82	-5.07	1.65
48.5	-0.56	0.94			-3.37	-1.68	-4.94	0.98	-4.86	0.85
48.5	-0.56	0.94			-3.37	-1.68	-4.94	0.98	-4.86	0.85
48.75	-0.56	0.94			-3.06	-2.19	-4.75	0.66	-4.68	0.55
48.75	-0.56	0.94			-3.06	-2.19	-4.75	0.66	-4.68	0.55
49.01	-0.56	0.94			-2.73	-2.75	-4.55	0.32	-4.49	0.21
49.01	-0.56	0.94			-2.73	-2.75	-4.55	0.32	-4.49	0.21
49.5	-0.56	0.94			-2.13	-3.77	-4.17	-0.31	-4.13	-0.39
49.5	-0.56	0.94			-2.13	-3.77	-4.17	-0.31	-4.13	-0.39
50	-0.56	0.94			-1.54	-4.77	-3.82	-0.92	-3.79	-0.97
50	-0.56	0.94			-2.74	-2.74	-3.82	-0.92	-3.79	-0.97
50.5	-0.56	0.94					-3.48	-1.48	-3.47	-1.51
50.5	-0.56	0.94					-3.48	-1.48	-3.47	-1.51
51.5	-0.56	0.94					-2.88	-2.50	-2.90	-2.47



51.5	-0.56	0.94					-2.88	-2.50	-2.90	-2.47
52.5	-0.56	0.94					-2.37	-3.36	-2.41	-3.28
52.5	-0.56	0.94					-2.37	-3.36	-2.41	-3.28
53.5	-0.56	0.94					-1.95	-4.07	-2.02	-3.94
53.5	-0.56	0.94					-1.95	-4.07	-2.02	-3.94
54.5	-0.56	0.94					-1.62	-4.62	-1.73	-4.45
54.5	-0.56	0.94					-1.62	-4.62	-1.73	-4.45
55.5	-0.56	0.94					-1.38	-5.03	-1.52	-4.80
55.5	-0.56	0.94					-1.38	-5.03	-1.52	-4.80
56.5	-0.56	0.94					-1.23	-5.28	-1.40	-5.00
56.5	-0.56	0.94					-1.23	-5.28	-1.40	-5.00
57.5	-0.56	0.94					-1.18	-5.37	-1.37	-5.05
57.5	-0.56	0.94					-1.18	-5.37	-1.37	-5.05
58.5	-0.56	0.94					-1.21	-5.32	-1.43	-4.94
58.5	-0.56	0.94					-1.21	-5.32	-1.43	-4.94
59.5	-0.56	0.94					-1.33	-5.11	-1.59	-4.68
59.5	-0.56	0.94					-1.33	-5.11	-1.59	-4.68
60.5	-0.56	0.94					-1.55	-4.75	-1.83	-4.27
60.5	-0.56	0.94					-1.55	-4.75	-1.83	-4.27
61.5	-0.56	0.94					-1.85	-4.23	-2.16	-3.71
61.5	-0.56	0.94					-1.85	-4.23	-2.16	-3.71
62.5	-0.56	0.94					-2.25	-3.57	-2.59	-2.99
62.5	-0.56	0.94					-2.25	-3.57	-2.59	-2.99
63.5	-0.56	0.94					-2.73	-2.75	-3.10	-2.12
63.5	-0.56	0.94					-2.73	-2.75	-3.10	-2.12
64.5	-0.56	0.94					-3.31	-1.77	-3.71	-1.10
64.5	-0.56	0.94					-3.31	-1.77	-3.71	-1.10
65.5	-0.56	0.94					-3.98	-0.65	-4.41	0.08
65.5	-0.56	0.94					-3.98	-0.65	-4.41	0.08
65.99	-0.56	0.94					-4.34	-0.04	-4.78	0.71
65.99	-0.56	0.94					-4.34	-0.04	-4.78	0.71
66.25	-0.56	0.94					-4.54	0.30	-4.99	1.06
66.25	-0.56	0.94					-4.54	0.30	-4.99	1.06
66.5	-0.56	0.94					-4.72	0.60	-5.18	1.38
66.5	-0.56	0.94					-4.72	0.60	-5.18	1.38
67.5	-0.58	0.93					-4.93	1.42	-5.42	2.21
67.5	-0.58	0.93					-5.07	1.65	-5.56	2.44
68	-0.58	0.93					-5.14	1.76	-5.64	2.57
68	-0.58	0.93					-5.14	1.76	-5.64	2.57
69	-0.58	0.93					-4.95	1.46	-5.49	2.32
69	-0.58	0.93					-4.95	1.46	-5.49	2.32
70	-0.58	0.93					-4.34	0.47	-4.90	1.37
70	-0.58	0.93					-4.36	0.51	-5.02	1.57
71	-0.58	0.93					-4.57	0.84	-5.48	2.31
71	-0.58	0.93					-4.57	0.84	-5.48	2.31
72	-0.58	0.93					-4.35	0.49	-5.51	2.35

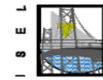
72	-0.58	0.93						-4.21	0.26	-5.37	2.13
73	-0.56	0.94						-3.80	-0.94	-5.21	1.45
73	-0.56	0.94						-3.80	-0.94	-5.21	1.45
73.75	-0.56	0.94						-3.03	-2.24	-4.63	0.46
73.75	-0.56	0.94						-3.03	-2.24	-4.63	0.46
74	-0.56	0.94						-2.74	-2.74	-4.40	0.07
74	-0.56	0.94						-2.74	-2.74	-4.40	0.07
74.01	-0.56	0.94								-4.39	0.06
74.01	-0.56	0.94								-4.39	0.06
75	-0.56	0.94								-3.53	-1.39
75	-0.56	0.94								-3.53	-1.39
76	-0.56	0.94								-2.76	-2.71
76	-0.56	0.94								-2.76	-2.71
77	-0.56	0.94								-2.07	-3.86
77	-0.56	0.94								-2.07	-3.86
78	-0.56	0.94								-1.47	-4.87
78	-0.56	0.94								-1.47	-4.87
79	-0.56	0.94								-0.97	-5.72
79	-0.56	0.94								-0.97	-5.72
80	-0.56	0.94								-0.55	-6.43
80	-0.56	0.94								-0.55	-6.43
81	-0.56	0.94								-0.23	-6.97
81	-0.56	0.94								-0.23	-6.97
82	-0.56	0.94								0.00	-7.37
82	-0.56	0.94								0.00	-7.37
82.5	-0.56	0.94								0.09	-7.51
82.5	-0.56	0.94								0.09	-7.51
83	-0.56	0.94								0.14	-7.60
83	-0.56	0.94								0.14	-7.60
84	-0.56	0.94								0.15	-7.62
84	-0.56	0.94								0.15	-7.62
85	-0.56	0.94								0.03	-7.40
85	-0.56	0.94								0.03	-7.40
86	-0.56	0.94								-0.23	-6.97
86	-0.56	0.94								-0.23	-6.97
87	-0.56	0.94								-0.63	-6.30
87	-0.56	0.94								-0.63	-6.30
88	-0.58	0.93								-0.91	-5.04
88	-0.58	0.93								-1.06	-4.81
89	-0.58	0.93								-1.71	-3.76
89	-0.58	0.93								-1.71	-3.76
90	-0.58	0.93								-2.49	-2.49

Anexo 5C - E.L. Descompressão (Longo Prazo)

$$M_{total} \cong \sum M_{fases} + \left(M_{el} - \sum M_{fases} \right) \times \frac{\varphi}{1 + \rho \cdot \varphi}$$

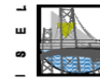
Elem. Nº	x (m)	Σ M Fases P ₀ (kN·m)	Σ M Fases P.P (kN·m)	M _{elástico} P ₀ (kN·m)	M _{elástico} P.P (kN·m)	$M_{t_{Redist.(P.E)}} = M_{t_{Parcial}} \times P_{\infty} / P_0$		M _{total} (P.P) Redistrib. (kN·m)
						M _{total} (P.E) Parcial (kN·m)	M _{total} (P.E) Redistrib. (kN·m)	
Vi1	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vi1	1	-2614.61	1006.00	-2548.82	884.05	-2561.30	-2311.00	907.19
Vi2	1	-2614.61	1006.00	-2548.82	884.05	-2561.30	-2311.00	907.19
Vi2	2	-4832.43	1870.43	-4700.86	1632.19	-4725.83	-4264.00	1677.40
Vi3	2	-5114.94	1870.43	-4983.37	1632.19	-5008.34	-4518.90	1677.40
Vi3	3	-6935.99	2599.56	-6738.63	2250.45	-6775.54	-6113.40	2315.74
Vi4	3	-6935.99	2599.56	-6738.63	2250.45	-6775.54	-6113.40	2315.74
Vi4	4	-8360.25	3199.70	-8097.10	2744.87	-8146.32	-7350.23	2829.94
Vi5	4	-8360.25	3199.70	-8097.10	2744.87	-8146.32	-7350.23	2829.94
Vi5	5	-9387.74	3670.83	-9058.80	3115.45	-9120.33	-8229.05	3219.33
Vi6	5	-9387.74	3670.83	-9058.80	3115.45	-9120.33	-8229.05	3219.33
Vi6	6	-10018.44	4012.97	-9623.72	3362.19	-9697.55	-8749.86	3483.91
Vi7	6	-10018.44	4012.97	-9623.72	3362.19	-9697.55	-8749.86	3483.91
Vi7	7	-10252.37	4226.10	-9791.86	3485.09	-9877.99	-8912.67	3623.69
Vi8	7	-10252.37	4226.10	-9791.86	3485.09	-9877.99	-8912.67	3623.69
Vi8	7.5	-10220.54	4284.29	-9727.14	3500.10	-9819.42	-8859.83	3646.77
Vi9	7.5	-10220.54	4284.29	-9727.14	3500.10	-9819.42	-8859.83	3646.77
Vi9	8	-10100.37	4310.23	-9574.07	3484.15	-9672.51	-8727.27	3638.66
Vi10	8	-10100.37	4310.23	-9574.07	3484.15	-9672.51	-8727.27	3638.66
Vi10	9	-9627.55	4265.37	-9035.47	3359.37	-9146.21	-8252.40	3528.83
Vi11	9	-9627.55	4265.37	-9035.47	3359.37	-9146.21	-8252.40	3528.83
Vi11	10	-8844.78	4091.50	-8186.91	3110.76	-8309.96	-7497.87	3294.19
Vi12	10	-8844.78	4091.50	-8186.91	3110.76	-8309.96	-7497.87	3294.19
Vi12	11	-7752.04	3788.64	-7028.39	2738.30	-7163.74	-6463.67	2934.75
Vi13	11	-7752.04	3788.64	-7028.39	2738.30	-7163.74	-6463.67	2934.75
Vi13	12	-6349.35	3356.77	-5559.91	2242.00	-5707.56	-5149.79	2450.50
Vi14	12	-6349.35	3356.77	-5559.91	2242.00	-5707.56	-5149.79	2450.50
Vi14	13	-4636.69	2795.91	-3781.47	1621.86	-3941.42	-3556.25	1841.45
Vi15	13	-4636.69	2795.91	-3781.47	1621.86	-3941.42	-3556.25	1841.45

Vi15	14	-2614.08	2106.04	-1693.06	877.88	-1865.33	-1683.04	1107.59
Vi16	14	-2614.08	2106.04	-1693.06	877.88	-1865.33	-1683.04	1107.59
Vi16	15	-281.50	1287.18	705.30	10.06	520.73	469.84	248.93
Vi17	15	-281.50	1287.18	705.30	10.06	520.73	469.84	248.93
Vi17	15.99	2333.07	349.43	3385.00	-971.07	3188.25	2876.68	-724.09
Vi18	15.99	2333.07	349.43	3385.00	-971.07	3188.25	2876.68	-724.09
Vi18	16.25	3070.10	82.19	4139.13	-1248.86	3939.18	3554.23	-999.91
Vi19	16.25	3070.10	82.19	4139.13	-1248.86	3939.18	3554.23	-999.91
Vi19	17	5022.94	-737.56	6141.31	-2097.10	5932.13	5352.42	-1842.81
Vi20	17	5022.94	-737.56	6141.31	-2097.10	5932.13	5352.42	-1842.81
Vi20	18	6993.89	-1943.42	8178.05	-3336.44	7953.32	7176.09	-3072.07
Vi21	18	7276.40	-1943.42	8460.56	-3336.44	8235.83	7430.99	-3072.07
Vi21	19	8524.12	-3284.58	9774.06	-4705.65	9536.85	8604.86	-4435.96
Vi22	19	8524.12	-3284.58	9774.06	-4705.65	9536.85	8604.86	-4435.96
Vi22	20	9048.59	-4767.31	10364.33	-6210.78	10114.62	9126.18	-5936.83
Vi23	20	9527.98	-5336.30	10552.69	-6262.78	10358.22	9345.97	-6086.95
Vi23	21	9173.51	-3781.33	10152.08	-4767.59	9966.36	8992.41	-4580.41
Vi24	21	9173.51	-3781.33	10152.08	-4767.59	9966.36	8992.41	-4580.41
Vi24	22	8095.80	-2367.93	9028.23	-3408.30	8851.27	7986.28	-3210.86
Vi25	22	8095.80	-2367.93	9028.23	-3408.30	8851.27	7986.28	-3210.86
Vi25	22.5	7285.72	-1714.32	8195.08	-2779.63	8022.50	7238.51	-2577.45
Vi26	22.5	7003.21	-1714.32	7912.57	-2779.63	7739.99	6983.61	-2577.45
Vi26	23.5	4840.64	-507.00	5703.86	-1618.18	5542.41	5000.78	-1410.35
Vi27	23.5	4840.64	-507.00	5703.86	-1618.18	5542.41	5000.78	-1410.35
Vi27	23.75	4186.99	-225.33	5038.68	-1347.17	4879.38	4402.55	-1137.34
Vi28	23.75	4186.99	-225.33	5038.68	-1347.17	4879.38	4402.55	-1137.34
Vi28	24.01	3494.17	59.06	4333.86	-1073.52	4176.80	3768.63	-861.69
Vi29	24.01	3494.17	59.06	4333.86	-1073.52	4176.80	3768.63	-861.69
Vi29	24.5	2245.42	571.32	3062.49	-580.57	2909.67	2625.33	-365.12
Vi30	24.5	2245.42	571.32	3062.49	-580.57	2909.67	2625.33	-365.12
Vi30	25	1047.90	1062.10	1841.90	-108.20	1693.39	1527.91	110.69
Vi31	25	1047.90	1062.10	1841.90	-108.20	1693.39	1527.91	110.69
Vi31	25.5	-72.14	1520.64	698.80	333.20	554.61	500.41	555.30
Vi32	25.5	-72.14	1520.64	698.80	333.20	554.61	500.41	555.30
Vi32	26.5	-2079.73	2340.96	-1354.93	1123.13	-1490.50	-1344.84	1350.91
Vi33	26.5	-2079.73	2340.96	-1354.93	1123.13	-1490.50	-1344.84	1350.91
Vi33	27.5	-3777.36	3032.28	-3098.71	1789.22	-3225.64	-2910.42	2021.72
Vi34	27.5	-3777.36	3032.28	-3098.71	1789.22	-3225.64	-2910.42	2021.72
Vi34	28.5	-5165.03	3594.59	-4532.52	2331.47	-4650.82	-4196.33	2567.72
Vi35	28.5	-5165.03	3594.59	-4532.52	2331.47	-4650.82	-4196.33	2567.72
Vi35	29.5	-6242.75	4027.91	-5656.38	2749.89	-5766.05	-5202.57	2988.92
Vi36	29.5	-6242.75	4027.91	-5656.38	2749.89	-5766.05	-5202.57	2988.92



Vi36	30.5	-7010.50	4332.23	-6470.27	3044.46	-6571.31	-5929.14	3285.32
Vi37	30.5	-7010.50	4332.23	-6470.27	3044.46	-6571.31	-5929.14	3285.32
Vi37	31.5	-7468.29	4507.55	-6974.20	3215.19	-7066.62	-6376.04	3456.91
Vi38	31.5	-7468.29	4507.55	-6974.20	3215.19	-7066.62	-6376.04	3456.91
Vi38	32.5	-7616.12	4553.87	-7168.18	3262.08	-7251.96	-6543.27	3503.69
Vi39	32.5	-7616.12	4553.87	-7168.18	3262.08	-7251.96	-6543.27	3503.69
Vi39	33.5	-7454.00	4471.19	-7052.19	3185.13	-7127.34	-6430.83	3425.67
Vi40	33.5	-7454.00	4471.19	-7052.19	3185.13	-7127.34	-6430.83	3425.67
Vi40	34.5	-6981.91	4259.51	-6626.25	2984.34	-6692.77	-6038.72	3222.84
Vi41	34.5	-6981.91	4259.51	-6626.25	2984.34	-6692.77	-6038.72	3222.84
Vi41	35.5	-6199.86	3918.83	-5890.34	2659.71	-5948.23	-5366.94	2895.21
Vi42	35.5	-6199.86	3918.83	-5890.34	2659.71	-5948.23	-5366.94	2895.21
Vi42	36.5	-5107.85	3449.15	-4844.47	2211.24	-4893.74	-4415.50	2442.77
Vi43	36.5	-5107.85	3449.15	-4844.47	2211.24	-4893.74	-4415.50	2442.77
Vi43	37.5	-3705.89	2850.47	-3488.65	1638.93	-3529.28	-3184.38	1865.53
Vi44	37.5	-3705.89	2850.47	-3488.65	1638.93	-3529.28	-3184.38	1865.53
Vi44	38.5	-1993.96	2122.78	-1822.86	942.78	-1854.86	-1673.60	1163.49
Vi45	38.5	-1993.96	2122.78	-1822.86	942.78	-1854.86	-1673.60	1163.49
Vi45	39.5	27.93	1266.10	152.88	122.79	129.51	116.86	336.63
Vi46	39.5	27.93	1266.10	152.88	122.79	129.51	116.86	336.63
Vi46	40.5	2359.78	280.42	2438.59	-821.04	2423.85	2186.98	-615.02
Vi47	40.5	2359.78	280.42	2438.59	-821.04	2423.85	2186.98	-615.02
Vi47	40.99	3615.53	-249.65	3671.74	-1328.72	3661.22	3303.43	-1126.90
Vi48	40.99	3615.53	-249.65	3671.74	-1328.72	3661.22	3303.43	-1126.90
Vi48	41.25	4312.07	-543.49	4356.28	-1610.18	4348.01	3923.11	-1410.67
Vi49	41.25	4312.07	-543.49	4356.28	-1610.18	4348.01	3923.11	-1410.67
Vi49	41.5	4969.30	-834.26	5001.97	-1888.71	4995.86	4507.64	-1691.49
Vi50	41.5	4969.30	-834.26	5001.97	-1888.71	4995.86	4507.64	-1691.49
Vi50	42.5	7146.17	-2077.94	7132.69	-3080.22	7135.25	6437.96	-2890.00
Vi51	42.5	7428.68	-2077.94	7415.20	-3080.22	7417.76	6692.87	-2890.00
Vi51	43	8245.89	-2749.73	8209.35	-3723.92	8216.29	7413.36	-3539.03
Vi52	43	8245.89	-2749.73	8209.35	-3723.92	8216.29	7413.36	-3539.03
Vi52	44	9337.90	-4199.49	9255.22	-5113.26	9270.91	8364.92	-4939.84
Vi53	44	9337.90	-4199.49	9255.22	-5113.26	9270.91	8364.92	-4939.84
Vi53	45	9706.67	-5790.83	9577.84	-6638.51	9602.29	8663.92	-6477.64
Vi54	45	9481.24	-5532.65	9577.84	-6638.51	9559.51	8625.31	-6428.64
Vi54	46	9118.03	-3923.18	9255.22	-5113.26	9229.18	8327.27	-4887.40
Vi55	46	9118.03	-3923.18	9255.22	-5113.26	9229.18	8327.27	-4887.40
Vi55	47	8031.58	-2455.28	8209.35	-3723.92	8175.61	7376.66	-3483.15
Vi56	47	8031.58	-2455.28	8209.35	-3723.92	8175.61	7376.66	-3483.15
Vi56	47.5	7217.14	-1774.43	7415.20	-3080.22	7377.61	6656.64	-2832.40
Vi57	47.5	6934.63	-1774.43	7132.69	-3080.22	7095.10	6401.74	-2832.40

Vi57	48.5	4763.32	-512.61	5001.97	-1888.71	4957.33	4472.88	-1631.33
Vi58	48.5	4763.32	-512.61	5001.97	-1888.71	4957.33	4472.88	-1631.33
Vi58	48.75	4107.48	-217.32	4356.28	-1610.18	4309.75	3888.58	-1349.66
Vi59	48.75	4107.48	-217.32	4356.28	-1610.18	4309.75	3888.58	-1349.66
Vi59	49.01	3412.39	81.24	3671.74	-1328.72	3623.23	3269.15	-1065.01
Vi60	49.01	3412.39	81.24	3671.74	-1328.72	3623.23	3269.15	-1065.01
Vi60	49.5	2159.35	620.20	2438.59	-821.04	2386.36	2153.16	-551.47
Vi61	49.5	2159.35	620.20	2438.59	-821.04	2386.36	2153.16	-551.47
Vi61	50	957.46	1138.23	1256.99	-333.64	1200.97	1083.60	-58.35
Vi62	50	957.46	1138.23	1256.99	-333.64	1200.97	1083.60	-58.35
Vi62	50.5	-166.94	1624.01	152.88	122.79	93.06	83.97	403.58
Vi63	50.5	-166.94	1624.01	152.88	122.79	93.06	83.97	403.58
Vi63	51.5	-2183.27	2498.83	-1822.86	942.78	-1890.27	-1705.55	1233.82
Vi64	51.5	-2183.27	2498.83	-1822.86	942.78	-1890.27	-1705.55	1233.82
Vi64	52.5	-3889.65	3244.64	-3488.65	1638.93	-3563.65	-3215.39	1939.26
Vi65	52.5	-3889.65	3244.64	-3488.65	1638.93	-3563.65	-3215.39	1939.26
Vi65	53.5	-5286.06	3861.45	-4844.47	2211.24	-4927.07	-4445.57	2519.89
Vi66	53.5	-5286.06	3861.45	-4844.47	2211.24	-4927.07	-4445.57	2519.89
Vi66	54.5	-6372.51	4349.27	-5890.34	2659.71	-5980.52	-5396.08	2975.72
Vi67	54.5	-6372.51	4349.27	-5890.34	2659.71	-5980.52	-5396.08	2975.72
Vi67	55.5	-7149.00	4708.08	-6626.25	2984.34	-6724.02	-6066.92	3306.74
Vi68	55.5	-7149.00	4708.08	-6626.25	2984.34	-6724.02	-6066.92	3306.74
Vi68	56.5	-7615.54	4937.90	-7052.19	3185.13	-7157.56	-6458.09	3512.96
Vi69	56.5	-7615.54	4937.90	-7052.19	3185.13	-7157.56	-6458.09	3512.96
Vi69	57.5	-7772.11	5038.71	-7168.18	3262.08	-7281.14	-6569.59	3594.37
Vi70	57.5	-7772.11	5038.71	-7168.18	3262.08	-7281.14	-6569.59	3594.37
Vi70	58.5	-7618.72	5010.52	-6974.20	3215.19	-7094.75	-6401.42	3550.98
Vi71	58.5	-7618.72	5010.52	-6974.20	3215.19	-7094.75	-6401.42	3550.98
Vi71	59.5	-7155.37	4853.34	-6470.27	3044.46	-6598.41	-5953.58	3382.78
Vi72	59.5	-7155.37	4853.34	-6470.27	3044.46	-6598.41	-5953.58	3382.78
Vi72	60.5	-6382.07	4567.15	-5656.38	2749.89	-5792.11	-5226.08	3089.78
Vi73	60.5	-6382.07	4567.15	-5656.38	2749.89	-5792.11	-5226.08	3089.78
Vi73	61.5	-5298.80	4151.96	-4532.52	2331.47	-4675.84	-4218.90	2671.97
Vi74	61.5	-5298.80	4151.96	-4532.52	2331.47	-4675.84	-4218.90	2671.97
Vi74	62.5	-3905.57	3607.78	-3098.71	1789.22	-3249.62	-2932.05	2129.36
Vi75	62.5	-3905.57	3607.78	-3098.71	1789.22	-3249.62	-2932.05	2129.36
Vi75	63.5	-2202.38	2934.59	-1354.93	1123.13	-1513.44	-1365.54	1461.94
Vi76	63.5	-2202.38	2934.59	-1354.93	1123.13	-1513.44	-1365.54	1461.94
Vi76	64.5	-189.24	2132.41	698.80	333.20	532.70	480.65	669.72
Vi77	64.5	-189.24	2132.41	698.80	333.20	532.70	480.65	669.72
Vi77	65.5	2133.87	1201.22	3062.49	-580.57	2888.81	2606.50	-247.31
Vi78	65.5	2133.87	1201.22	3062.49	-580.57	2888.81	2606.50	-247.31



Vi78	65.99	3385.35	697.85	4333.86	-1073.52	4156.45	3750.26	-742.21
Vi79	65.99	3385.35	697.85	4333.86	-1073.52	4156.45	3750.26	-742.21
Vi79	66.25	4079.61	418.17	5038.68	-1347.17	4859.30	4384.42	-1016.98
Vi80	66.25	4079.61	418.17	5038.68	-1347.17	4859.30	4384.42	-1016.98
Vi80	66.5	4734.65	141.03	5703.86	-1618.18	5522.58	4982.89	-1289.14
Vi81	66.5	4734.65	141.03	5703.86	-1618.18	5522.58	4982.89	-1289.14
Vi81	67.5	6902.78	-1048.15	7912.57	-2779.63	7720.93	6966.41	-2451.03
Vi82	67.5	7185.29	-1048.15	8195.08	-2779.63	8003.44	7221.31	-2451.03
Vi82	68	7998.14	-1692.69	9028.23	-3408.30	8832.73	7969.56	-3082.71
Vi83	68	7998.14	-1692.69	9028.23	-3408.30	8832.73	7969.56	-3082.71
Vi83	69	9081.41	-3087.96	10152.08	-4767.59	9948.89	8976.64	-4448.82
Vi84	69	9081.41	-3087.96	10152.08	-4767.59	9948.89	8976.64	-4448.82
Vi84	70	9441.43	-4624.81	10552.69	-6262.78	10341.80	9331.15	-5951.92
Vi85	70	8999.80	-3937.35	10364.33	-6210.78	10105.36	9117.82	-5779.32
Vi85	71	8477.71	-2496.11	9774.06	-4705.65	9528.04	8596.92	-4286.32
Vi86	71	8477.71	-2496.11	9774.06	-4705.65	9528.04	8596.92	-4286.32
Vi86	72	7232.37	-1196.45	8460.56	-3336.44	8227.47	7423.45	-2930.30
Vi87	72	6949.86	-1196.45	8178.05	-3336.44	7944.96	7168.55	-2930.30
Vi87	73	4981.28	-32.08	6141.31	-2097.10	5924.34	5345.39	-1710.86
Vi88	73	4981.28	-32.08	6141.31	-2097.10	5924.34	5345.39	-1710.86
Vi88	73.75	3030.22	756.53	4139.13	-1248.86	3931.72	3547.50	-873.78
Vi89	73.75	3030.22	756.53	4139.13	-1248.86	3931.72	3547.50	-873.78
Vi89	74	2321.75	1003.28	3413.62	-981.60	3209.40	2895.76	-610.35
Vi90	74	2321.75	1003.28	3413.62	-981.60	3209.40	2895.76	-610.35
Vi90	74.01	2293.82	1012.99	3385.00	-971.07	3180.91	2870.06	-599.98
Vi91	74.01	2293.82	1012.99	3385.00	-971.07	3180.91	2870.06	-599.98
Vi91	75	-318.40	1909.65	705.30	10.06	513.83	463.61	365.35
Vi92	75	-318.40	1909.65	705.30	10.06	513.83	463.61	365.35
Vi92	76	-2648.60	2687.02	-1693.06	877.88	-1871.79	-1688.87	1216.26
Vi93	76	-2648.60	2687.02	-1693.06	877.88	-1871.79	-1688.87	1216.26
Vi93	77	-4668.84	3335.38	-3781.47	1621.86	-3947.44	-3561.68	1942.35
Vi94	77	-4668.84	3335.38	-3781.47	1621.86	-3947.44	-3561.68	1942.35
Vi94	78	-6379.12	3854.75	-5559.91	2242.00	-5713.13	-5154.82	2543.64
Vi95	78	-6379.12	3854.75	-5559.91	2242.00	-5713.13	-5154.82	2543.64
Vi95	79	-7779.43	4245.12	-7028.39	2738.30	-7168.86	-6468.29	3020.13
Vi96	79	-7779.43	4245.12	-7028.39	2738.30	-7168.86	-6468.29	3020.13
Vi96	80	-8869.79	4506.49	-8186.91	3110.76	-8314.63	-7502.09	3371.81
Vi97	80	-8869.79	4506.49	-8186.91	3110.76	-8314.63	-7502.09	3371.81
Vi97	81	-9650.19	4638.85	-9035.47	3359.37	-9150.45	-8256.22	3598.68
Vi98	81	-9650.19	4638.85	-9035.47	3359.37	-9150.45	-8256.22	3598.68
Vi98	82	-10120.63	4642.22	-9574.07	3484.15	-9676.30	-8730.69	3700.75
Vi99	82	-10120.63	4642.22	-9574.07	3484.15	-9676.30	-8730.69	3700.75

Vi99	82.5	-10239.61	4595.53	-9727.14	3500.10	-9822.99	-8863.04	3704.99
Vi100	82.5	-10239.61	4595.53	-9727.14	3500.10	-9822.99	-8863.04	3704.99
Vi100	83	-10270.25	4516.59	-9791.86	3485.09	-9881.34	-8915.69	3678.02
Vi101	83	-10270.25	4516.59	-9791.86	3485.09	-9881.34	-8915.69	3678.02
Vi101	84	-10033.95	4261.96	-9623.72	3362.19	-9700.45	-8752.48	3530.48
Vi102	84	-10033.95	4261.96	-9623.72	3362.19	-9700.45	-8752.48	3530.48
Vi102	85	-9400.86	3878.32	-9058.80	3115.45	-9122.78	-8231.26	3258.14
Vi103	85	-9400.86	3878.32	-9058.80	3115.45	-9122.78	-8231.26	3258.14
Vi103	86	-8371.00	3365.69	-8097.10	2744.87	-8148.33	-7352.04	2860.99
Vi104	86	-8371.00	3365.69	-8097.10	2744.87	-8148.33	-7352.04	2860.99
Vi104	87	-6944.36	2724.06	-6738.63	2250.45	-6777.67	-6115.33	2340.33
Vi105	87	-6944.36	2724.06	-6738.63	2250.45	-6777.67	-6115.33	2340.33
Vi105	88	-5120.94	1953.43	-4983.37	1632.19	-5009.48	-4519.93	1693.15
Vi106	88	-4837.19	1953.43	-4700.86	1632.19	-4726.73	-4264.81	1693.15
Vi106	89	-2616.98	1047.50	-2548.82	884.05	-2561.76	-2311.41	915.07
Vi107	89	-2616.98	1047.50	-2548.82	884.05	-2561.76	-2311.41	915.07
Vi107	90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

x (m)	vs (m)	vi (m)	M _{QP} Máx. (L. Prazo)	M _{QP} Mín. (L. Prazo)	σ _s - Máx. (MPa)	σ _s - Mín. (MPa)	σ _i - Máx. (MPa)	σ _i - Mín. (MPa)
0	-0.58	0.93	0.00	0.00	-2.49	-2.49	-2.49	-2.49
1	-0.58	0.93	890.16	238.12	-2.24	-1.91	-2.91	-3.43
1	-0.58	0.93	890.16	238.12	-2.24	-1.91	-2.91	-3.43
2	-0.58	0.93	1652.64	421.24	-2.03	-1.41	-3.24	-4.23
2	-0.58	0.93	1652.64	421.24	-1.90	-1.29	-3.45	-4.44
3	-0.56	0.94	2299.25	549.30	-1.99	-1.11	-4.00	-5.48
3	-0.56	0.94	2299.25	549.30	-1.99	-1.11	-4.00	-5.48
4	-0.56	0.94	2830.72	622.38	-1.89	-0.79	-4.17	-6.03
4	-0.56	0.94	2830.72	622.38	-1.89	-0.79	-4.17	-6.03
5	-0.56	0.94	3262.27	640.48	-1.86	-0.55	-4.21	-6.43
5	-0.56	0.94	3262.27	640.48	-1.86	-0.55	-4.21	-6.43
6	-0.56	0.94	3583.35	603.59	-1.90	-0.40	-4.16	-6.68
6	-0.56	0.94	3583.35	603.59	-1.90	-0.40	-4.16	-6.68
7	-0.56	0.94	3791.20	511.74	-1.99	-0.35	-4.00	-6.77
7	-0.56	0.94	3791.20	511.74	-1.99	-0.35	-4.00	-6.77
7.5	-0.56	0.94	3852.82	445.11	-2.06	-0.35	-3.89	-6.77
7.5	-0.56	0.94	3852.82	445.11	-2.06	-0.35	-3.89	-6.77
8	-0.56	0.94	3886.83	364.81	-2.14	-0.37	-3.75	-6.73
8	-0.56	0.94	3886.83	364.81	-2.14	-0.37	-3.75	-6.73

9	-0.56	0.94	3871.50	162.85	-2.31	-0.46	-3.46	-6.59
9	-0.56	0.94	3871.50	162.85	-2.31	-0.46	-3.46	-6.59
10	-0.56	0.94	3756.57	-94.06	-2.51	-0.59	-3.12	-6.37
10	-0.56	0.94	3756.57	-94.06	-2.51	-0.59	-3.12	-6.37
11	-0.56	0.94	3534.75	-405.96	-2.74	-0.77	-2.73	-6.06
11	-0.56	0.94	3534.75	-405.96	-2.74	-0.77	-2.73	-6.06
12	-0.56	0.94	3205.14	-772.86	-2.99	-1.00	-2.31	-5.67
12	-0.56	0.94	3205.14	-772.86	-2.99	-1.00	-2.31	-5.67
13	-0.56	0.94	2769.38	-1194.80	-3.27	-1.28	-1.85	-5.20
13	-0.56	0.94	2769.38	-1194.80	-3.27	-1.28	-1.85	-5.20
14	-0.56	0.94	2229.61	-1671.74	-3.57	-1.61	-1.34	-4.64
14	-0.56	0.94	2229.61	-1671.74	-3.57	-1.61	-1.34	-4.64
15	-0.56	0.94	1587.64	-2203.64	-3.89	-1.99	-0.79	-3.99
15	-0.56	0.94	1587.64	-2203.64	-3.89	-1.99	-0.79	-3.99
15.99	-0.56	0.94	854.59	-2784.89	-4.24	-2.42	-0.20	-3.27
15.99	-0.56	0.94	854.59	-2784.89	-4.24	-2.42	-0.20	-3.27
16.25	-0.56	0.94	652.73	-2953.69	-4.34	-2.54	-0.03	-3.08
16.25	-0.56	0.94	652.73	-2953.69	-4.34	-2.54	-0.03	-3.08
17	-0.56	0.94	82.93	-3507.62	-4.54	-2.74	0.30	-2.74
17	-0.56	0.94	82.93	-3507.62	-4.54	-2.74	0.30	-2.74
18	-0.58	0.93	-664.00	-4388.76	-4.21	-2.35	0.27	-2.72
18	-0.58	0.93	-664.00	-4388.76	-4.34	-2.48	0.47	-2.52
19	-0.58	0.93	-1320.42	-5417.37	-3.92	-1.87	-0.21	-3.50
19	-0.58	0.93	-1320.42	-5417.37	-3.92	-1.87	-0.21	-3.50
20	-0.58	0.93	-209.53	-6584.44	-3.98	-0.80	-0.10	-5.22
20	-0.58	0.93	-209.53	-6584.44	-4.02	-0.83	-0.04	-5.17
21	-0.58	0.93	308.34	-3792.60	-4.85	-2.80	1.30	-2.00
21	-0.58	0.93	308.34	-3792.60	-4.85	-2.80	1.30	-2.00
22	-0.58	0.93	830.84	-2826.73	-5.29	-3.47	2.01	-0.93
22	-0.58	0.93	830.84	-2826.73	-5.29	-3.47	2.01	-0.93
22.5	-0.58	0.93	1123.72	-2408.22	-5.38	-3.62	2.15	-0.68
22.5	-0.58	0.93	1123.72	-2408.22	-5.25	-3.49	1.95	-0.89
23.5	-0.56	0.94	1730.52	-1674.37	-5.40	-3.70	1.76	-1.12
23.5	-0.56	0.94	1730.52	-1674.37	-5.40	-3.70	1.76	-1.12
23.75	-0.56	0.94	1880.01	-1512.78	-5.31	-3.61	1.61	-1.26
23.75	-0.56	0.94	1880.01	-1512.78	-5.31	-3.61	1.61	-1.26
24.01	-0.56	0.94	2035.61	-1355.03	-5.21	-3.51	1.44	-1.43
24.01	-0.56	0.94	2035.61	-1355.03	-5.21	-3.51	1.44	-1.43
24.5	-0.56	0.94	2328.71	-1084.06	-5.03	-3.33	1.14	-1.74
24.5	-0.56	0.94	2328.71	-1084.06	-5.03	-3.33	1.14	-1.74
25	-0.56	0.94	2601.61	-840.54	-4.86	-3.14	0.85	-2.06
25	-0.56	0.94	2601.61	-840.54	-4.86	-3.14	0.85	-2.06

25.5	-0.56	0.94	2911.99	-631.76	-4.72	-2.95	0.62	-2.38
25.5	-0.56	0.94	2911.99	-631.76	-4.72	-2.95	0.62	-2.38
26.5	-0.56	0.94	3486.30	-323.32	-4.49	-2.58	0.21	-3.01
26.5	-0.56	0.94	3486.30	-323.32	-4.49	-2.58	0.21	-3.01
27.5	-0.56	0.94	3967.24	-77.60	-4.28	-2.25	-0.14	-3.55
27.5	-0.56	0.94	3967.24	-77.60	-4.28	-2.25	-0.14	-3.55
28.5	-0.56	0.94	4346.74	112.82	-4.10	-1.98	-0.44	-4.02
28.5	-0.56	0.94	4346.74	112.82	-4.10	-1.98	-0.44	-4.02
29.5	-0.56	0.94	4623.38	248.21	-3.94	-1.75	-0.70	-4.40
29.5	-0.56	0.94	4623.38	248.21	-3.94	-1.75	-0.70	-4.40
30.5	-0.56	0.94	4796.43	328.57	-3.81	-1.58	-0.92	-4.69
30.5	-0.56	0.94	4796.43	328.57	-3.81	-1.58	-0.92	-4.69
31.5	-0.56	0.94	4865.27	353.92	-3.71	-1.45	-1.09	-4.91
31.5	-0.56	0.94	4865.27	353.92	-3.71	-1.45	-1.09	-4.91
32.5	-0.56	0.94	4829.72	308.74	-3.63	-1.37	-1.22	-5.05
32.5	-0.56	0.94	4829.72	308.74	-3.63	-1.37	-1.22	-5.05
33.5	-0.56	0.94	4696.18	186.65	-3.58	-1.33	-1.31	-5.12
33.5	-0.56	0.94	4696.18	186.65	-3.58	-1.33	-1.31	-5.12
34.5	-0.56	0.94	4458.41	9.52	-3.56	-1.33	-1.35	-5.11
34.5	-0.56	0.94	4458.41	9.52	-3.56	-1.33	-1.35	-5.11
35.5	-0.56	0.94	4116.40	-222.62	-3.56	-1.39	-1.35	-5.01
35.5	-0.56	0.94	4116.40	-222.62	-3.56	-1.39	-1.35	-5.01
36.5	-0.56	0.94	3670.67	-509.79	-3.59	-1.50	-1.30	-4.84
36.5	-0.56	0.94	3670.67	-509.79	-3.59	-1.50	-1.30	-4.84
37.5	-0.56	0.94	3130.96	-860.98	-3.64	-1.65	-1.21	-4.58
37.5	-0.56	0.94	3130.96	-860.98	-3.64	-1.65	-1.21	-4.58
38.5	-0.56	0.94	2492.67	-1270.53	-3.73	-1.85	-1.06	-4.24
38.5	-0.56	0.94	2492.67	-1270.53	-3.73	-1.85	-1.06	-4.24
39.5	-0.56	0.94	1763.68	-1745.74	-3.85	-2.09	-0.86	-3.83
39.5	-0.56	0.94	1763.68	-1745.74	-3.85	-2.09	-0.86	-3.83
40.5	-0.56	0.94	1010.17	-2349.43	-4.03	-2.35	-0.56	-3.39
40.5	-0.56	0.94	1010.17	-2349.43	-4.03	-2.35	-0.56	-3.39
40.99	-0.56	0.94	630.62	-2692.06	-4.14	-2.48	-0.37	-3.17
40.99	-0.56	0.94	630.62	-2692.06	-4.14	-2.48	-0.37	-3.17
41.25	-0.56	0.94	428.61	-2887.24	-4.21	-2.55	-0.25	-3.05
41.25	-0.56	0.94	428.61	-2887.24	-4.21	-2.55	-0.25	-3.05
41.5	-0.56	0.94	233.62	-3083.79	-4.26	-2.60	-0.16	-2.96
41.5	-0.56	0.94	233.62	-3083.79	-4.26	-2.60	-0.16	-2.96
42.5	-0.58	0.93	-554.72	-3957.49	-3.99	-2.29	-0.09	-2.82
42.5	-0.58	0.93	-554.72	-3957.49	-4.12	-2.42	0.11	-2.62
43	-0.58	0.93	-941.07	-4446.22	-3.96	-2.21	-0.14	-2.95
43	-0.58	0.93	-941.07	-4446.22	-3.96	-2.21	-0.14	-2.95

44	-0.58	0.93	-1653.05	-5524.10	-3.38	-1.45	-1.07	-4.18
44	-0.58	0.93	-1653.05	-5524.10	-3.38	-1.45	-1.07	-4.18
45	-0.58	0.93	-1223.08	-6819.43	-2.98	-0.18	-1.72	-6.22
45	-0.58	0.93	-1223.08	-6819.43	-2.98	-0.19	-1.71	-6.21
46	-0.58	0.93	-620.42	-4491.94	-3.90	-1.97	-0.23	-3.34
46	-0.58	0.93	-620.42	-4491.94	-3.90	-1.97	-0.23	-3.34
47	-0.58	0.93	-4.92	-3510.43	-4.44	-2.69	0.63	-2.19
47	-0.58	0.93	-4.92	-3510.43	-4.44	-2.69	0.63	-2.19
47.5	-0.58	0.93	333.00	-3069.56	-4.57	-2.87	0.85	-1.89
47.5	-0.58	0.93	333.00	-3069.56	-4.44	-2.74	0.64	-2.09
48.5	-0.56	0.94	1025.11	-2292.54	-4.67	-3.01	0.53	-2.27
48.5	-0.56	0.94	1025.11	-2292.54	-4.67	-3.01	0.53	-2.27
48.75	-0.56	0.94	1195.98	-2119.86	-4.61	-2.95	0.42	-2.38
48.75	-0.56	0.94	1195.98	-2119.86	-4.61	-2.95	0.42	-2.38
49.01	-0.56	0.94	1372.92	-1949.77	-4.53	-2.86	0.29	-2.52
49.01	-0.56	0.94	1372.92	-1949.77	-4.53	-2.86	0.29	-2.52
49.5	-0.56	0.94	1704.90	-1654.39	-4.39	-2.71	0.06	-2.78
49.5	-0.56	0.94	1704.90	-1654.39	-4.39	-2.71	0.06	-2.78
50	-0.56	0.94	2016.69	-1385.60	-4.26	-2.56	-0.17	-3.04
50	-0.56	0.94	2016.69	-1385.60	-4.26	-2.56	-0.17	-3.04
50.5	-0.56	0.94	2361.92	-1147.15	-4.16	-2.41	-0.33	-3.29
50.5	-0.56	0.94	2361.92	-1147.15	-4.16	-2.41	-0.33	-3.29
51.5	-0.56	0.94	2994.49	-768.41	-4.00	-2.12	-0.61	-3.79
51.5	-0.56	0.94	2994.49	-768.41	-4.00	-2.12	-0.61	-3.79
52.5	-0.56	0.94	3536.39	-455.30	-3.87	-1.87	-0.83	-4.20
52.5	-0.56	0.94	3536.39	-455.30	-3.87	-1.87	-0.83	-4.20
53.5	-0.56	0.94	3979.69	-200.55	-3.77	-1.67	-1.00	-4.53
53.5	-0.56	0.94	3979.69	-200.55	-3.77	-1.67	-1.00	-4.53
54.5	-0.56	0.94	4329.04	-9.83	-3.69	-1.52	-1.12	-4.79
54.5	-0.56	0.94	4329.04	-9.83	-3.69	-1.52	-1.12	-4.79
55.5	-0.56	0.94	4574.67	125.86	-3.65	-1.42	-1.20	-4.96
55.5	-0.56	0.94	4574.67	125.86	-3.65	-1.42	-1.20	-4.96
56.5	-0.56	0.94	4716.07	206.55	-3.62	-1.37	-1.24	-5.05
56.5	-0.56	0.94	4716.07	206.55	-3.62	-1.37	-1.24	-5.05
57.5	-0.56	0.94	4753.22	232.21	-3.63	-1.36	-1.23	-5.06
57.5	-0.56	0.94	4753.22	232.21	-3.63	-1.36	-1.23	-5.06
58.5	-0.56	0.94	4692.40	180.98	-3.66	-1.40	-1.18	-4.99
58.5	-0.56	0.94	4692.40	180.98	-3.66	-1.40	-1.18	-4.99
59.5	-0.56	0.94	4527.17	59.18	-3.72	-1.48	-1.08	-4.86
59.5	-0.56	0.94	4527.17	59.18	-3.72	-1.48	-1.08	-4.86
60.5	-0.56	0.94	4257.74	-117.64	-3.80	-1.61	-0.94	-4.64
60.5	-0.56	0.94	4257.74	-117.64	-3.80	-1.61	-0.94	-4.64

61.5	-0.56	0.94	3884.70	-349.47	-3.91	-1.79	-0.76	-4.34
61.5	-0.56	0.94	3884.70	-349.47	-3.91	-1.79	-0.76	-4.34
62.5	-0.56	0.94	3408.84	-636.35	-4.04	-2.02	-0.54	-3.95
62.5	-0.56	0.94	3408.84	-636.35	-4.04	-2.02	-0.54	-3.95
63.5	-0.56	0.94	2831.47	-978.49	-4.20	-2.30	-0.26	-3.48
63.5	-0.56	0.94	2831.47	-978.49	-4.20	-2.30	-0.26	-3.48
64.5	-0.56	0.94	2160.40	-1383.37	-4.39	-2.62	0.06	-2.93
64.5	-0.56	0.94	2160.40	-1383.37	-4.39	-2.62	0.06	-2.93
65.5	-0.56	0.94	1480.61	-1932.12	-4.66	-2.95	0.51	-2.38
65.5	-0.56	0.94	1480.61	-1932.12	-4.66	-2.95	0.51	-2.38
65.99	-0.56	0.94	1140.29	-2250.35	-4.81	-3.12	0.77	-2.10
65.99	-0.56	0.94	1140.29	-2250.35	-4.81	-3.12	0.77	-2.10
66.25	-0.56	0.94	959.59	-2433.20	-4.90	-3.21	0.92	-1.95
66.25	-0.56	0.94	959.59	-2433.20	-4.90	-3.21	0.92	-1.95
66.5	-0.56	0.94	786.01	-2618.90	-4.98	-3.28	1.05	-1.83
66.5	-0.56	0.94	786.01	-2618.90	-4.98	-3.28	1.05	-1.83
67.5	-0.58	0.93	82.77	-3449.19	-4.79	-3.03	1.20	-1.64
67.5	-0.58	0.93	82.77	-3449.19	-4.92	-3.15	1.40	-1.43
68	-0.58	0.93	-258.33	-3915.90	-4.80	-2.98	1.22	-1.71
68	-0.58	0.93	-258.33	-3915.90	-4.80	-2.98	1.22	-1.71
69	-0.58	0.93	-877.28	-4978.20	-4.32	-2.27	0.44	-2.86
69	-0.58	0.93	-877.28	-4978.20	-4.32	-2.27	0.44	-2.86
70	-0.58	0.93	-1060.23	-6248.12	-3.65	-1.06	-0.63	-4.80
70	-0.58	0.93	-1060.23	-6248.12	-3.63	-1.04	-0.66	-4.83
71	-0.58	0.93	-460.94	-4557.90	-4.42	-2.37	0.60	-2.69
71	-0.58	0.93	-460.94	-4557.90	-4.42	-2.37	0.60	-2.69
72	-0.58	0.93	150.23	-3574.52	-4.81	-2.95	1.24	-1.76
72	-0.58	0.93	150.23	-3574.52	-4.68	-2.83	1.03	-1.96
73	-0.56	0.94	851.93	-2738.62	-4.98	-3.19	1.05	-1.98
73	-0.56	0.94	851.93	-2738.62	-4.98	-3.19	1.05	-1.98
73.75	-0.56	0.94	1387.82	-2218.61	-4.77	-2.97	0.69	-2.35
73.75	-0.56	0.94	1387.82	-2218.61	-4.77	-2.97	0.69	-2.35
74	-0.56	0.94	1570.07	-2067.39	-4.67	-2.85	0.52	-2.55
74	-0.56	0.94	1570.07	-2067.39	-4.67	-2.85	0.52	-2.55
74.01	-0.56	0.94	1577.92	-2061.58	-4.66	-2.84	0.51	-2.56
74.01	-0.56	0.94	1577.92	-2061.58	-4.66	-2.84	0.51	-2.56
75	-0.56	0.94	2265.83	-1525.13	-4.29	-2.39	-0.12	-3.33
75	-0.56	0.94	2265.83	-1525.13	-4.29	-2.39	-0.12	-3.33
76	-0.56	0.94	2862.58	-1038.43	-3.93	-1.98	-0.72	-4.01
76	-0.56	0.94	2862.58	-1038.43	-3.93	-1.98	-0.72	-4.01
77	-0.56	0.94	3357.21	-606.73	-3.61	-1.62	-1.27	-4.62
77	-0.56	0.94	3357.21	-606.73	-3.61	-1.62	-1.27	-4.62

78	-0.56	0.94	3747.78	-230.07	-3.31	-1.32	-1.78	-5.14
78	-0.56	0.94	3747.78	-230.07	-3.31	-1.32	-1.78	-5.14
79	-0.56	0.94	4032.21	91.61	-3.03	-1.06	-2.24	-5.57
79	-0.56	0.94	4032.21	91.61	-3.03	-1.06	-2.24	-5.57
80	-0.56	0.94	4208.81	358.29	-2.78	-0.85	-2.67	-5.93
80	-0.56	0.94	4208.81	358.29	-2.78	-0.85	-2.67	-5.93
81	-0.56	0.94	4278.61	569.97	-2.55	-0.69	-3.06	-6.19
81	-0.56	0.94	4278.61	569.97	-2.55	-0.69	-3.06	-6.19
82	-0.56	0.94	4248.74	726.64	-2.35	-0.58	-3.40	-6.37
82	-0.56	0.94	4248.74	726.64	-2.35	-0.58	-3.40	-6.37
82.5	-0.56	0.94	4192.11	784.37	-2.25	-0.55	-3.55	-6.43
82.5	-0.56	0.94	4192.11	784.37	-2.25	-0.55	-3.55	-6.43
83	-0.56	0.94	4107.88	828.32	-2.17	-0.53	-3.69	-6.46
83	-0.56	0.94	4107.88	828.32	-2.17	-0.53	-3.69	-6.46
84	-0.56	0.94	3854.75	874.99	-2.05	-0.56	-3.89	-6.41
84	-0.56	0.94	3854.75	874.99	-2.05	-0.56	-3.89	-6.41
85	-0.56	0.94	3488.44	866.70	-1.99	-0.68	-3.99	-6.21
85	-0.56	0.94	3488.44	866.70	-1.99	-0.68	-3.99	-6.21
86	-0.56	0.94	3011.70	803.37	-2.00	-0.89	-3.99	-5.85
86	-0.56	0.94	3011.70	803.37	-2.00	-0.89	-3.99	-5.85
87	-0.58	0.93	2434.98	685.03	-1.83	-0.95	-3.57	-4.98
87	-0.58	0.93	2434.98	685.03	-1.83	-0.95	-3.57	-4.98
88	-0.58	0.93	1743.13	511.70	-1.95	-1.34	-3.36	-4.35
88	-0.58	0.93	1743.13	511.70	-2.08	-1.47	-3.16	-4.15
89	-0.58	0.93	935.40	283.35	-2.26	-1.94	-2.86	-3.39
89	-0.58	0.93	935.40	283.35	-2.26	-1.94	-2.86	-3.39
90	-0.58	0.93	0.00	0.00	-2.49	-2.49	-2.49	-2.49

Anexo 6A – E.L. Largura de Fendas (Curto Prazo)

Elem. Nº	x (m)	M _{freq1} Máx. (kN·m)	M _{freq2} Máx. (kN·m)	M _{freq3} Máx. (kN·m)	M _{freq1} Mín. (kN·m)	M _{freq2} Mín. (kN·m)	M _{freq3} Mín. (kN·m)
	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vi1	1	2020.07	1793.56	1828.21	1089.47	1135.07	1119.36
Vi2	2	3740.23	3323.53	3392.83	1988.02	2079.23	2047.80
Vi3	3	5184.19	4607.75	4711.70	2701.61	2838.45	2791.31
Vi4	4	6359.11	5652.99	5791.59	3236.39	3418.85	3356.00
Vi5	5	7287.80	6474.47	6647.72	3592.36	3820.44	3741.87
Vi6	6	7954.46	7061.65	7269.55	3769.51	4043.19	3948.92
Vi7	7	8354.92	7411.75	7654.30	3767.87	4087.14	3977.15
Vi8	7.5	8455.58	7498.06	7757.94	3699.87	4041.97	3924.12
Vi9	8	8490.73	7525.79	7803.00	3587.28	3952.17	3826.47
Vi10	9	8363.74	7405.03	7716.89	3227.79	3638.33	3496.92
Vi11	10	7991.03	7060.84	7407.35	2689.55	3145.71	2988.58
Vi12	11	7361.62	6485.91	6867.06	1972.49	2474.25	2301.41
Vi13	12	6474.20	5679.35	6095.16	1076.57	1623.95	1435.40
Vi14	13	5331.22	4642.81	5093.26	1.77	594.77	390.51
Vi15	14	3935.86	3378.41	3863.51	-1251.88	-613.24	-833.22
Vi16	15	2290.88	1887.97	2407.72	-2684.32	-2000.07	-2235.75
Vi17	15.99	421.20	192.95	747.01	-4279.33	-3549.67	-3800.92
Vi18	16.25	-99.48	-281.67	281.40	-4738.09	-3992.91	-4248.24
Vi19	17	-1619.25	-1685.19	-1096.13	-6198.47	-5385.40	-5652.52
Vi20	18	-3710.70	-3652.11	-3028.41	-8443.77	-7492.98	-7775.80
Vi21	19	-5768.75	-5658.39	-5000.04	-11012.67	-9877.90	-10176.44
Vi22	20	-6298.79	-6743.53	-6081.98	-13897.67	-12537.20	-12851.45
Vi23	21	-4314.28	-4714.28	-4056.53	-9558.35	-8942.73	-9239.73
Vi24	22	-2431.25	-2816.31	-2162.36	-7025.18	-6593.31	-6890.43
Vi25	22.5	-1482.94	-1886.66	-1234.62	-5895.87	-5533.99	-5831.16
Vi26	23.5	369.96	-102.23	546.02	-3867.30	-3614.41	-3911.71
Vi27	23.75	814.80	322.31	969.61	-3408.01	-3175.74	-3473.07
Vi28	24.01	1271.27	755.77	1402.07	-2952.20	-2738.03	-3035.39
Vi29	24.5	2113.59	1549.75	2194.19	-2150.36	-1962.21	-2259.63
Vi30	25	2910.00	2303.11	2945.65	-1405.49	-1234.19	-1531.67
Vi31	25.5	3738.52	3062.98	3703.62	-736.80	-571.86	-869.41
Vi32	26.5	5253.67	4443.41	5080.25	364.64	550.78	253.12
Vi33	27.5	6532.42	5606.63	6239.66	1275.66	1486.87	1189.08
Vi34	28.5	7562.67	6544.56	7173.79	2007.38	2243.81	1945.90
Vi35	29.5	8342.29	7255.80	7881.22	2560.23	2821.89	2523.86
Vi36	30.5	8870.18	7739.60	8361.22	2934.20	3221.10	2922.95

Vi37	31.5	9145.42	7995.35	8613.18	3129.30	3441.46	3143.18
Vi38	32.5	9167.73	8022.88	8636.90	3122.26	3467.44	3169.04
Vi39	33.5	8946.73	7828.58	8438.79	2903.53	3292.68	2994.16
Vi40	34.5	8473.03	7406.20	8012.62	2505.88	2939.03	2640.39
Vi41	35.5	7746.63	6755.74	7358.35	1929.40	2406.54	2107.78
Vi42	36.5	6768.30	5877.72	6476.53	1174.02	1695.17	1396.29
Vi43	37.5	5548.19	4787.90	5376.90	230.78	789.95	496.95
Vi44	38.5	4082.28	3477.73	4054.84	-894.78	-299.57	-584.60
Vi45	39.5	2383.98	1953.03	2518.24	-2215.17	-1578.58	-1855.64
Vi46	40.5	552.56	279.96	833.28	-3824.61	-3109.91	-3379.01
Vi47	40.99	-395.49	-595.38	-47.88	-4718.65	-3952.30	-4217.49
Vi48	41.25	-908.87	-1072.54	-528.14	-5222.48	-4424.72	-4687.84
Vi49	41.5	-1409.76	-1539.98	-998.56	-5726.40	-4895.76	-5156.88
Vi50	42.5	-3486.09	-3495.56	-2966.03	-7933.55	-6944.79	-7197.94
Vi51	43	-4550.17	-4513.47	-3989.89	-9152.58	-8069.13	-8318.30
Vi52	44	-6668.54	-6590.51	-6078.82	-11822.56	-10520.16	-10761.35
Vi53	45	-7182.43	-7661.53	-7161.73	-14927.15	-13324.57	-13557.79
Vi54	46	-5119.61	-5557.89	-5046.20	-10274.32	-9488.00	-9729.19
Vi55	47	-3145.94	-3577.32	-3053.74	-7748.89	-7133.34	-7382.50
Vi56	47.5	-2154.52	-2607.84	-2078.31	-6601.65	-6056.85	-6310.00
Vi57	48.5	-222.52	-748.49	-207.07	-4539.53	-4104.51	-4365.63
Vi58	48.75	242.20	-305.16	239.24	-4071.42	-3657.35	-3920.46
Vi59	49.01	717.96	146.92	694.42	-3605.20	-3210.00	-3475.19
Vi60	49.5	1594.66	974.69	1528.01	-2782.05	-2414.87	-2683.96
Vi61	50	2424.96	1761.74	2321.00	-2014.87	-1666.79	-1939.86
Vi62	50.5	3281.34	2551.26	3116.48	-1317.28	-979.99	-1257.05
Vi63	51.5	4835.01	3979.55	4556.66	-141.60	202.56	-82.48
Vi64	52.5	6156.32	5193.32	5782.32	839.30	1195.63	902.63
Vi65	53.5	7231.85	6186.75	6785.56	1637.88	2004.42	1705.53
Vi66	54.5	8065.59	6968.39	7571.00	2248.58	2619.33	2320.57
Vi67	55.5	8647.42	7522.46	8128.87	2680.40	3055.37	2756.74
Vi68	56.5	8976.55	7848.46	8458.68	2933.38	3312.58	3014.06
Vi69	57.5	9052.99	7946.38	8560.40	3007.47	3390.91	3092.52
Vi70	58.5	8886.12	7822.49	8440.31	2869.89	3268.52	2970.24
Vi71	59.5	8466.29	7470.34	8091.96	2530.11	2951.71	2653.56
Vi72	60.5	7793.83	6890.15	7515.58	2011.46	2456.04	2158.01
Vi73	61.5	6869.62	6082.52	6711.75	1313.95	1781.53	1483.62
Vi74	62.5	5694.83	5048.23	5681.26	437.53	928.12	630.33
Vi75	63.5	4271.43	3788.58	4425.42	-618.12	-104.39	-402.06
Vi76	64.5	2611.14	2311.40	2952.03	-1864.22	-1323.48	-1621.02
Vi77	65.5	841.45	701.66	1346.10	-3422.45	-2810.27	-3107.69
Vi78	65.99	-71.71	-139.55	506.75	-4295.18	-3633.35	-3930.71

Vi79	66.25	-565.82	-598.10	49.19	-4788.65	-4096.16	-4393.49
Vi80	66.5	-1046.81	-1046.74	-398.50	-5284.09	-4558.94	-4856.24
Vi81	67.5	-3044.37	-2927.61	-2275.57	-7457.32	-6574.95	-6872.13
Vi82	68	-4065.00	-3905.48	-3251.53	-8658.93	-7682.48	-7979.60
Vi83	69	-6092.71	-5899.90	-5242.14	-11336.76	-10128.34	-10425.33
Vi84	70	-6560.29	-6883.98	-6190.97	-14434.42	-12917.72	-13214.60
Vi85	71	-4479.54	-4798.92	-4140.56	-9723.46	-9018.43	-9316.97
Vi86	72	-2489.35	-2837.88	-2214.17	-7222.42	-6678.74	-6961.56
Vi87	73	-465.75	-916.19	-327.13	-5044.97	-4616.40	-4883.51
Vi88	73.75	1003.14	453.42	1016.48	-3635.48	-3257.84	-3513.16
Vi89	74	1486.17	898.10	1452.50	-3210.86	-2842.57	-3093.97
Vi90	74.01	1506.20	916.28	1470.34	-3194.36	-2826.36	-3077.60
Vi91	75	3308.17	2566.16	3085.91	-1666.55	-1321.55	-1557.24
Vi92	76	4885.33	4011.38	4496.49	-301.92	20.07	-199.91
Vi93	77	6212.95	5230.63	5681.09	883.86	1182.84	978.58
Vi94	78	7288.16	6221.99	6637.80	1890.76	2166.74	1978.19
Vi95	79	8107.81	6983.37	7364.52	2718.83	2971.81	2798.98
Vi96	80	8669.39	7513.08	7859.59	3368.08	3598.06	3440.93
Vi97	81	8974.41	7812.15	8124.00	3838.48	4045.46	3904.04
Vi98	82	9033.59	7887.70	8164.90	4130.03	4314.00	4188.30
Vi99	82.5	8964.51	7837.35	8097.22	4208.76	4381.23	4263.38
Vi100	83	8829.94	7728.43	7970.98	4242.74	4403.72	4293.73
Vi101	84	8361.57	7333.05	7540.95	4176.61	4314.59	4220.31
Vi102	85	7627.07	6700.65	6873.90	3931.69	4046.65	3968.09
Vi103	86	6630.59	5833.98	5972.58	3507.87	3599.84	3536.99
Vi104	87	5387.80	4743.48	4847.44	2905.21	2974.18	2927.04
Vi105	88	3875.97	3414.02	3483.32	2123.71	2169.68	2138.26
Vi106	89	2087.93	1838.80	1873.45	1157.31	1180.30	1164.59
Vi107	90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

x (m)	Comb. Freq1	Comb. Freq2	Comb. Freq3	Comb. Freq1	Comb. Freq2	Comb. Freq3	Comb. Freq1	Comb. Freq2	Comb. Freq3	Comb. Freq1	Comb. Freq2	Comb. Freq3
	σ Máx. (MPa)	σ Máx. (MPa)	σ Máx. (MPa)	σ Mín. (MPa)	σ Mín. (MPa)	σ Mín. (MPa)	σ Máx. (MPa)	σ Máx. (MPa)	σ Máx. (MPa)	σ Mín. (MPa)	σ Mín. (MPa)	σ Mín. (MPa)
0	-2.49	-2.49	-2.49	-2.49	-2.49	-2.49	-2.49	-2.49	-2.49	-2.49	-2.49	-2.49
1	-2.23	-2.12	-2.13	-1.77	-1.79	-1.78	-2.92	-3.10	-3.07	-3.67	-3.63	-3.64
2	-2.01	-1.81	-1.84	-1.14	-1.19	-1.17	-3.27	-3.60	-3.55	-4.67	-4.60	-4.63
3	-1.96	-1.67	-1.72	-0.72	-0.79	-0.76	-4.05	-4.54	-4.45	-6.15	-6.03	-6.07
4	-1.87	-1.51	-1.58	-0.31	-0.40	-0.36	-4.21	-4.80	-4.69	-6.85	-6.69	-6.74
5	-1.85	-1.44	-1.53	0.00	-0.12	-0.08	-4.23	-4.92	-4.78	-7.36	-7.16	-7.23
6	-1.90	-1.46	-1.56	0.19	0.06	0.10	-4.15	-4.90	-4.73	-7.69	-7.45	-7.53
7	-2.02	-1.55	-1.67	0.28	0.12	0.17	-3.95	-4.75	-4.54	-7.83	-7.56	-7.65
7.5	-2.10	-1.62	-1.75	0.28	0.11	0.17	-3.81	-4.62	-4.40	-7.83	-7.54	-7.64
8	-2.20	-1.71	-1.85	0.26	0.08	0.14	-3.65	-4.47	-4.23	-7.80	-7.49	-7.59
9	-2.40	-1.92	-2.08	0.17	-0.04	0.03	-3.31	-4.12	-3.85	-7.65	-7.30	-7.42
10	-2.64	-2.17	-2.35	0.01	-0.21	-0.14	-2.90	-3.69	-3.40	-7.38	-7.00	-7.13
11	-2.90	-2.47	-2.66	-0.21	-0.46	-0.37	-2.46	-3.20	-2.87	-7.01	-6.59	-6.73
12	-3.20	-2.80	-3.01	-0.49	-0.77	-0.67	-1.96	-2.64	-2.29	-6.53	-6.06	-6.22
13	-3.51	-3.17	-3.39	-0.85	-1.14	-1.04	-1.43	-2.01	-1.63	-5.93	-5.43	-5.60
14	-3.86	-3.58	-3.82	-1.26	-1.58	-1.47	-0.84	-1.31	-0.90	-5.23	-4.69	-4.87
15	-4.24	-4.04	-4.30	-1.75	-2.09	-1.97	-0.21	-0.55	-0.11	-4.41	-3.83	-4.03
15.99	-4.64	-4.53	-4.81	-2.29	-2.66	-2.53	0.48	0.29	0.75	-3.49	-2.88	-3.09
16.25	-4.76	-4.67	-4.95	-2.44	-2.81	-2.68	0.68	0.52	1.00	-3.24	-2.61	-2.83
17	-5.00	-4.97	-5.26	-2.71	-3.12	-2.98	1.08	1.03	1.53	-2.79	-2.10	-2.32
18	-4.72	-4.75	-5.06	-2.36	-2.84	-2.70	1.09	1.14	1.64	-2.71	-1.94	-2.17
19	-4.49	-4.55	-4.88	-1.88	-2.44	-2.29	0.72	0.81	1.34	-3.49	-2.58	-2.82
20	-4.52	-4.30	-4.63	-0.73	-1.41	-1.25	0.77	0.41	0.95	-5.33	-4.24	-4.49
21	-5.41	-5.21	-5.54	-2.79	-3.10	-2.95	2.20	1.87	2.40	-2.02	-1.52	-1.76
22	-5.79	-5.59	-5.92	-3.49	-3.71	-3.56	2.80	2.50	3.02	-0.89	-0.54	-0.78
22.5	-5.84	-5.64	-5.97	-3.64	-3.82	-3.67	2.90	2.57	3.10	-0.65	-0.36	-0.60
23.5	-5.78	-5.54	-5.87	-3.66	-3.78	-3.63	2.40	2.00	2.54	-1.19	-0.97	-1.22
23.75	-5.67	-5.42	-5.74	-3.55	-3.67	-3.52	2.21	1.79	2.34	-1.36	-1.16	-1.41
24.01	-5.54	-5.28	-5.61	-3.43	-3.54	-3.39	2.00	1.56	2.11	-1.57	-1.39	-1.64
24.5	-5.33	-5.05	-5.37	-3.19	-3.29	-3.14	1.64	1.16	1.70	-1.97	-1.81	-2.06
25	-5.12	-4.81	-5.13	-2.96	-3.04	-2.89	1.28	0.77	1.31	-2.37	-2.22	-2.48
25.5	-4.96	-4.62	-4.94	-2.72	-2.80	-2.65	1.01	0.44	0.98	-2.77	-2.63	-2.88
26.5	-4.69	-4.28	-4.60	-2.24	-2.34	-2.19	0.56	-0.13	0.41	-3.57	-3.42	-3.67
27.5	-4.46	-3.99	-4.31	-1.83	-1.93	-1.78	0.16	-0.62	-0.08	-4.28	-4.10	-4.35
28.5	-4.25	-3.74	-4.06	-1.47	-1.59	-1.44	-0.18	-1.04	-0.51	-4.87	-4.67	-4.92
29.5	-4.08	-3.54	-3.85	-1.19	-1.32	-1.17	-0.47	-1.39	-0.86	-5.35	-5.13	-5.38
30.5	-3.94	-3.37	-3.68	-0.97	-1.11	-0.96	-0.71	-1.66	-1.14	-5.73	-5.48	-5.74
31.5	-3.82	-3.25	-3.56	-0.81	-0.97	-0.82	-0.90	-1.87	-1.35	-5.99	-5.72	-5.98
32.5	-3.74	-3.17	-3.47	-0.71	-0.89	-0.74	-1.05	-2.02	-1.50	-6.16	-5.87	-6.12
33.5	-3.69	-3.13	-3.43	-0.66	-0.86	-0.71	-1.14	-2.08	-1.57	-6.24	-5.91	-6.17
34.5	-3.66	-3.13	-3.43	-0.68	-0.89	-0.74	-1.18	-2.08	-1.57	-6.22	-5.85	-6.11
35.5	-3.67	-3.17	-3.47	-0.76	-0.99	-0.84	-1.17	-2.01	-1.50	-6.09	-5.68	-5.93

36.5	-3.70	-3.25	-3.55	-0.90	-1.16	-1.01	-1.11	-1.86	-1.36	-5.84	-5.40	-5.65
37.5	-3.77	-3.39	-3.68	-1.11	-1.39	-1.24	-1.00	-1.64	-1.14	-5.49	-5.02	-5.27
38.5	-3.87	-3.57	-3.85	-1.38	-1.68	-1.53	-0.83	-1.34	-0.85	-5.03	-4.53	-4.77
39.5	-4.01	-3.79	-4.07	-1.71	-2.02	-1.89	-0.59	-0.96	-0.48	-4.48	-3.94	-4.18
40.5	-4.23	-4.10	-4.37	-2.04	-2.40	-2.27	-0.21	-0.44	0.03	-3.91	-3.30	-3.53
40.99	-4.38	-4.28	-4.55	-2.21	-2.60	-2.46	0.03	-0.14	0.33	-3.62	-2.97	-3.20
41.25	-4.46	-4.38	-4.65	-2.30	-2.70	-2.57	0.18	0.04	0.50	-3.47	-2.80	-3.02
41.5	-4.54	-4.47	-4.74	-2.38	-2.79	-2.66	0.30	0.19	0.65	-3.35	-2.65	-2.87
42.5	-4.31	-4.31	-4.57	-2.09	-2.59	-2.46	0.43	0.43	0.85	-3.14	-2.34	-2.55
43	-4.32	-4.34	-4.60	-2.02	-2.56	-2.44	0.45	0.47	0.90	-3.25	-2.38	-2.58
44	-3.79	-3.82	-4.08	-1.21	-1.86	-1.74	-0.42	-0.35	0.06	-4.56	-3.51	-3.70
45	-3.69	-3.45	-3.70	0.18	-0.62	-0.51	-0.57	-0.96	-0.55	-6.79	-5.50	-5.69
46	-4.56	-4.34	-4.60	-1.99	-2.38	-2.26	0.83	0.48	0.89	-3.31	-2.68	-2.88
47	-5.02	-4.81	-5.07	-2.72	-3.03	-2.91	1.57	1.23	1.65	-2.12	-1.63	-1.83
47.5	-5.12	-4.89	-5.16	-2.90	-3.17	-3.05	1.73	1.37	1.79	-1.84	-1.40	-1.61
48.5	-5.13	-4.87	-5.14	-2.97	-3.19	-3.06	1.30	0.86	1.31	-2.35	-1.98	-2.20
48.75	-5.04	-4.76	-5.04	-2.88	-3.09	-2.96	1.15	0.69	1.15	-2.50	-2.15	-2.37
49.01	-4.93	-4.65	-4.92	-2.77	-2.97	-2.84	0.97	0.49	0.95	-2.68	-2.35	-2.57
49.5	-4.76	-4.45	-4.72	-2.57	-2.75	-2.61	0.67	0.15	0.61	-3.03	-2.72	-2.94
50	-4.58	-4.25	-4.53	-2.36	-2.53	-2.40	0.37	-0.19	0.29	-3.38	-3.08	-3.31
50.5	-4.46	-4.09	-4.37	-2.15	-2.32	-2.18	0.16	-0.45	0.03	-3.72	-3.44	-3.67
51.5	-4.24	-3.82	-4.11	-1.75	-1.93	-1.78	-0.19	-0.91	-0.43	-4.40	-4.11	-4.35
52.5	-4.07	-3.59	-3.89	-1.41	-1.59	-1.44	-0.48	-1.30	-0.80	-4.98	-4.68	-4.92
53.5	-3.93	-3.41	-3.71	-1.13	-1.32	-1.17	-0.72	-1.60	-1.10	-5.45	-5.14	-5.39
54.5	-3.83	-3.28	-3.58	-0.92	-1.10	-0.95	-0.90	-1.83	-1.32	-5.82	-5.50	-5.75
55.5	-3.75	-3.19	-3.49	-0.76	-0.95	-0.80	-1.03	-1.98	-1.47	-6.07	-5.76	-6.01
56.5	-3.70	-3.14	-3.44	-0.68	-0.87	-0.72	-1.11	-2.06	-1.55	-6.22	-5.90	-6.15
57.5	-3.68	-3.13	-3.43	-0.66	-0.85	-0.70	-1.14	-2.08	-1.56	-6.25	-5.93	-6.18
58.5	-3.69	-3.16	-3.47	-0.68	-0.88	-0.73	-1.12	-2.02	-1.50	-6.21	-5.87	-6.12
59.5	-3.74	-3.24	-3.55	-0.77	-0.98	-0.83	-1.05	-1.89	-1.37	-6.07	-5.71	-5.96
60.5	-3.81	-3.35	-3.67	-0.91	-1.14	-0.99	-0.93	-1.69	-1.17	-5.82	-5.44	-5.69
61.5	-3.91	-3.51	-3.83	-1.13	-1.36	-1.21	-0.76	-1.43	-0.90	-5.46	-5.06	-5.31
62.5	-4.04	-3.71	-4.03	-1.41	-1.65	-1.50	-0.54	-1.09	-0.55	-4.99	-4.57	-4.82
63.5	-4.20	-3.96	-4.27	-1.75	-2.01	-1.86	-0.27	-0.68	-0.14	-4.41	-3.97	-4.22
64.5	-4.39	-4.24	-4.56	-2.15	-2.42	-2.28	0.06	-0.19	0.35	-3.72	-3.27	-3.52
65.5	-4.69	-4.62	-4.94	-2.56	-2.86	-2.71	0.56	0.44	0.99	-3.04	-2.52	-2.78
65.99	-4.87	-4.84	-5.16	-2.76	-3.09	-2.94	0.86	0.81	1.35	-2.70	-2.15	-2.40
66.25	-4.98	-4.96	-5.28	-2.86	-3.21	-3.06	1.04	1.02	1.56	-2.53	-1.94	-2.19
66.5	-5.07	-5.07	-5.39	-2.95	-3.31	-3.16	1.20	1.20	1.75	-2.38	-1.77	-2.02
67.5	-4.92	-4.98	-5.31	-2.72	-3.16	-3.01	1.42	1.51	2.03	-2.13	-1.42	-1.66
68	-4.97	-5.05	-5.38	-2.68	-3.17	-3.02	1.49	1.62	2.15	-2.20	-1.41	-1.65
69	-4.52	-4.62	-4.95	-1.90	-2.51	-2.36	0.77	0.92	1.45	-3.45	-2.48	-2.71
70	-4.49	-4.33	-4.67	-0.56	-1.31	-1.17	0.71	0.45	1.01	-5.61	-4.39	-4.63
71	-5.14	-4.98	-5.31	-2.52	-2.87	-2.72	1.76	1.50	2.03	-2.45	-1.89	-2.13
72	-5.47	-5.30	-5.61	-3.11	-3.38	-3.24	2.30	2.02	2.52	-1.50	-1.06	-1.29
73	-5.58	-5.35	-5.65	-3.29	-3.50	-3.37	2.06	1.68	2.18	-1.81	-1.45	-1.67

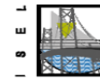
73.75	-5.31	-5.04	-5.32	-2.99	-3.18	-3.05	1.61	1.14	1.62	-2.31	-1.99	-2.21
74	-5.19	-4.90	-5.17	-2.84	-3.02	-2.90	1.40	0.91	1.37	-2.57	-2.25	-2.47
74.01	-5.19	-4.89	-5.17	-2.83	-3.02	-2.89	1.40	0.90	1.37	-2.58	-2.27	-2.48
75	-4.75	-4.37	-4.63	-2.26	-2.43	-2.31	0.65	0.03	0.47	-3.55	-3.26	-3.46
76	-4.34	-3.90	-4.14	-1.74	-1.90	-1.79	-0.04	-0.78	-0.37	-4.42	-4.15	-4.34
77	-3.95	-3.46	-3.69	-1.29	-1.44	-1.33	-0.68	-1.51	-1.13	-5.19	-4.93	-5.11
78	-3.60	-3.07	-3.28	-0.90	-1.04	-0.95	-1.28	-2.18	-1.83	-5.84	-5.61	-5.76
79	-3.28	-2.72	-2.91	-0.58	-0.71	-0.62	-1.83	-2.78	-2.45	-6.38	-6.17	-6.31
80	-2.98	-2.40	-2.57	-0.33	-0.44	-0.36	-2.33	-3.31	-3.01	-6.81	-6.62	-6.75
81	-2.71	-2.13	-2.28	-0.14	-0.24	-0.17	-2.79	-3.77	-3.51	-7.13	-6.95	-7.07
82	-2.47	-1.89	-2.03	-0.01	-0.11	-0.04	-3.19	-4.16	-3.93	-7.34	-7.18	-7.29
82.5	-2.36	-1.79	-1.92	0.02	-0.06	0.00	-3.38	-4.33	-4.12	-7.40	-7.26	-7.36
83	-2.26	-1.70	-1.83	0.04	-0.04	0.01	-3.55	-4.48	-4.28	-7.43	-7.29	-7.38
84	-2.11	-1.59	-1.70	-0.01	-0.08	-0.03	-3.80	-4.67	-4.50	-7.34	-7.22	-7.30
85	-2.02	-1.56	-1.64	-0.17	-0.23	-0.19	-3.95	-4.73	-4.58	-7.07	-6.97	-7.04
86	-2.00	-1.60	-1.67	-0.44	-0.49	-0.46	-3.98	-4.65	-4.53	-6.62	-6.54	-6.59
87	-2.06	-1.74	-1.79	-0.82	-0.85	-0.83	-3.88	-4.42	-4.34	-5.98	-5.92	-5.96
88	-1.94	-1.71	-1.75	-1.07	-1.09	-1.07	-3.38	-3.76	-3.70	-4.79	-4.75	-4.78
89	-2.26	-2.14	-2.16	-1.80	-1.81	-1.80	-2.86	-3.06	-3.04	-3.61	-3.59	-3.61
90	-2.49	-2.49	-2.49	-2.49	-2.49	-2.49	-2.49	-2.49	-2.49	-2.49	-2.49	-2.49

Anexo 6B – E.L. Largura de Fendas (Longo Prazo)

x (m)	φ	vs (m)	vi (m)	M _{freq1} Máx. (kN·m)	M _{freq2} Máx. (kN·m)	M _{freq3} Máx. (kN·m)	M _{freq1} Mín. (kN·m)	M _{freq2} Mín. (kN·m)	M _{freq3} Mín. (kN·m)
0	2.30	-0.58	0.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	2.30	-0.58	0.93	1119.90	893.38	928.03	189.30	234.90	219.19
1	2.30	-0.58	0.93	1119.90	893.38	928.03	189.30	234.90	219.19
2	2.30	-0.58	0.93	2075.79	1659.09	1728.39	323.58	414.79	383.36
2	2.30	-0.58	0.93	2075.79	1659.09	1728.39	323.58	414.79	383.36
3	2.33	-0.56	0.94	2885.36	2308.92	2412.87	402.78	539.62	492.48
3	2.33	-0.56	0.94	2885.36	2308.92	2412.87	402.78	539.62	492.48
4	2.33	-0.56	0.94	3549.73	2843.62	2982.22	427.02	609.48	546.63
4	2.33	-0.56	0.94	3549.73	2843.62	2982.22	427.02	609.48	546.63
5	2.33	-0.56	0.94	4091.72	3278.39	3451.64	396.28	624.35	545.79
5	2.33	-0.56	0.94	4091.72	3278.39	3451.64	396.28	624.35	545.79
6	2.33	-0.56	0.94	4495.51	3602.70	3810.60	310.57	584.24	489.97
6	2.33	-0.56	0.94	4495.51	3602.70	3810.60	310.57	584.24	489.97
7	2.33	-0.56	0.94	4756.95	3813.77	4056.32	169.89	489.16	379.17
7	2.33	-0.56	0.94	4756.95	3813.77	4056.32	169.89	489.16	379.17
7.5	2.33	-0.56	0.94	4834.53	3877.01	4136.89	78.82	420.92	303.07
7.5	2.33	-0.56	0.94	4834.53	3877.01	4136.89	78.82	420.92	303.07
8	2.33	-0.56	0.94	4877.56	3912.63	4189.83	-25.88	339.01	213.31
8	2.33	-0.56	0.94	4877.56	3912.63	4189.83	-25.88	339.01	213.31
9	2.33	-0.56	0.94	4859.23	3900.52	4212.38	-276.72	133.82	-7.59
9	2.33	-0.56	0.94	4859.23	3900.52	4212.38	-276.72	133.82	-7.59
10	2.33	-0.56	0.94	4719.01	3788.83	4135.33	-582.46	-126.31	-283.44
10	2.33	-0.56	0.94	4719.01	3788.83	4135.33	-582.46	-126.31	-283.44
11	2.33	-0.56	0.94	4445.93	3570.22	3951.38	-943.20	-441.43	-614.27
11	2.33	-0.56	0.94	4445.93	3570.22	3951.38	-943.20	-441.43	-614.27
12	2.33	-0.56	0.94	4038.69	3243.84	3659.64	-1358.94	-811.57	-1000.12
12	2.33	-0.56	0.94	4038.69	3243.84	3659.64	-1358.94	-811.57	-1000.12
13	2.33	-0.56	0.94	3499.72	2811.31	3261.76	-1829.73	-1236.73	-1440.99
13	2.33	-0.56	0.94	3499.72	2811.31	3261.76	-1829.73	-1236.73	-1440.99
14	2.33	-0.56	0.94	2832.22	2274.76	2759.86	-2355.53	-1716.89	-1936.86
14	2.33	-0.56	0.94	2832.22	2274.76	2759.86	-2355.53	-1716.89	-1936.86
15	2.33	-0.56	0.94	2038.93	1636.01	2155.77	-2936.27	-2252.02	-2487.71
15	2.33	-0.56	0.94	2038.93	1636.01	2155.77	-2936.27	-2252.02	-2487.71
15.99	2.33	-0.56	0.94	1134.41	906.16	1460.22	-3566.12	-2836.46	-3087.71
15.99	2.33	-0.56	0.94	1134.41	906.16	1460.22	-3566.12	-2836.46	-3087.71
16.25	2.33	-0.56	0.94	887.33	705.14	1268.21	-3751.28	-3006.10	-3261.42

16.25	2.33	-0.56	0.94	887.33	705.14	1268.21	-3751.28	-3006.10	-3261.42
17	2.33	-0.56	0.94	203.70	137.76	726.82	-4375.52	-3562.45	-3829.56
17	2.33	-0.56	0.94	203.70	137.76	726.82	-4375.52	-3562.45	-3829.56
18	2.30	-0.58	0.93	-664.54	-605.95	17.75	-5397.61	-4446.81	-4729.64
18	2.30	-0.58	0.93	-664.54	-605.95	17.75	-5397.61	-4446.81	-4729.64
19	2.30	-0.58	0.93	-1369.50	-1259.14	-600.79	-6613.42	-5478.65	-5777.19
19	2.30	-0.58	0.93	-1369.50	-1259.14	-600.79	-6613.42	-5478.65	-5777.19
20	2.30	-0.58	0.93	303.02	-141.73	519.82	-8009.41	-6648.95	-6963.20
20	2.30	-0.58	0.93	303.02	-141.73	519.82	-8009.41	-6648.95	-6963.20
21	2.30	-0.58	0.93	772.09	372.10	1029.85	-4471.97	-3856.35	-4153.35
21	2.30	-0.58	0.93	772.09	372.10	1029.85	-4471.97	-3856.35	-4153.35
22	2.30	-0.58	0.93	1275.62	890.56	1544.50	-3318.31	-2886.45	-3183.56
22	2.30	-0.58	0.93	1275.62	890.56	1544.50	-3318.31	-2886.45	-3183.56
22.5	2.30	-0.58	0.93	1585.13	1181.41	1833.46	-2827.80	-2465.91	-2763.09
22.5	2.30	-0.58	0.93	1585.13	1181.41	1833.46	-2827.80	-2465.91	-2763.09
23.5	2.33	-0.56	0.94	2256.35	1784.17	2432.41	-1980.90	-1728.01	-2025.31
23.5	2.33	-0.56	0.94	2256.35	1784.17	2432.41	-1980.90	-1728.01	-2025.31
23.75	2.33	-0.56	0.94	2425.13	1932.64	2579.93	-1797.69	-1565.41	-1862.74
23.75	2.33	-0.56	0.94	2425.13	1932.64	2579.93	-1797.69	-1565.41	-1862.74
24.01	2.33	-0.56	0.94	2602.69	2087.19	2733.50	-1620.78	-1406.61	-1703.97
24.01	2.33	-0.56	0.94	2602.69	2087.19	2733.50	-1620.78	-1406.61	-1703.97
24.5	2.33	-0.56	0.94	2942.14	2378.30	3022.75	-1321.81	-1133.65	-1431.07
24.5	2.33	-0.56	0.94	2942.14	2378.30	3022.75	-1321.81	-1133.65	-1431.07
25	2.33	-0.56	0.94	3256.07	2649.19	3291.73	-1059.42	-888.12	-1185.60
25	2.33	-0.56	0.94	3256.07	2649.19	3291.73	-1059.42	-888.12	-1185.60
25.5	2.33	-0.56	0.94	3633.08	2957.54	3598.17	-842.25	-677.31	-974.85
25.5	2.33	-0.56	0.94	3633.08	2957.54	3598.17	-842.25	-677.31	-974.85
26.5	2.33	-0.56	0.94	4338.07	3527.80	4164.64	-550.97	-364.83	-662.49
26.5	2.33	-0.56	0.94	4338.07	3527.80	4164.64	-550.97	-364.83	-662.49
27.5	2.33	-0.56	0.94	4930.50	4004.70	4637.73	-326.27	-115.06	-412.84
27.5	2.33	-0.56	0.94	4930.50	4004.70	4637.73	-326.27	-115.06	-412.84
28.5	2.33	-0.56	0.94	5398.26	4380.15	5009.38	-157.03	79.40	-218.50
28.5	2.33	-0.56	0.94	5398.26	4380.15	5009.38	-157.03	79.40	-218.50
29.5	2.33	-0.56	0.94	5739.24	4652.75	5278.18	-42.82	218.84	-79.19
29.5	2.33	-0.56	0.94	5739.24	4652.75	5278.18	-42.82	218.84	-79.19
30.5	2.33	-0.56	0.94	5952.33	4821.75	5443.38	16.35	303.25	5.10
30.5	2.33	-0.56	0.94	5952.33	4821.75	5443.38	16.35	303.25	5.10
31.5	2.33	-0.56	0.94	6036.61	4886.54	5504.37	20.49	332.65	34.37
31.5	2.33	-0.56	0.94	6036.61	4886.54	5504.37	20.49	332.65	34.37
32.5	2.33	-0.56	0.94	5991.80	4846.95	5460.97	-53.67	291.51	-6.89
32.5	2.33	-0.56	0.94	5991.80	4846.95	5460.97	-53.67	291.51	-6.89
33.5	2.33	-0.56	0.94	5827.52	4709.37	5319.58	-215.68	173.47	-125.05
33.5	2.33	-0.56	0.94	5827.52	4709.37	5319.58	-215.68	173.47	-125.05

34.5	2.33	-0.56	0.94	5534.38	4467.55	5073.97	-432.77	0.38	-298.26
34.5	2.33	-0.56	0.94	5534.38	4467.55	5073.97	-432.77	0.38	-298.26
35.5	2.33	-0.56	0.94	5112.38	4121.49	4724.10	-704.85	-227.71	-526.47
35.5	2.33	-0.56	0.94	5112.38	4121.49	4724.10	-704.85	-227.71	-526.47
36.5	2.33	-0.56	0.94	4562.29	3671.71	4270.52	-1031.99	-510.84	-809.72
36.5	2.33	-0.56	0.94	4562.29	3671.71	4270.52	-1031.99	-510.84	-809.72
37.5	2.33	-0.56	0.94	3894.26	3133.96	3722.97	-1423.16	-863.98	-1156.98
37.5	2.33	-0.56	0.94	3894.26	3133.96	3722.97	-1423.16	-863.98	-1156.98
38.5	2.33	-0.56	0.94	3104.27	2499.72	3076.83	-1872.79	-1277.58	-1562.61
38.5	2.33	-0.56	0.94	3104.27	2499.72	3076.83	-1872.79	-1277.58	-1562.61
39.5	2.33	-0.56	0.94	2205.73	1774.77	2339.99	-2393.43	-1756.84	-2033.90
39.5	2.33	-0.56	0.94	2205.73	1774.77	2339.99	-2393.43	-1756.84	-2033.90
40.5	2.33	-0.56	0.94	1297.91	1025.31	1578.63	-3079.27	-2364.57	-2633.66
40.5	2.33	-0.56	0.94	1297.91	1025.31	1578.63	-3079.27	-2364.57	-2633.66
40.99	2.33	-0.56	0.94	847.63	647.74	1195.23	-3475.53	-2709.18	-2974.37
40.99	2.33	-0.56	0.94	847.63	647.74	1195.23	-3475.53	-2709.18	-2974.37
41.25	2.33	-0.56	0.94	610.45	446.78	991.18	-3703.16	-2905.41	-3168.52
41.25	2.33	-0.56	0.94	610.45	446.78	991.18	-3703.16	-2905.41	-3168.52
41.5	2.33	-0.56	0.94	383.03	252.80	794.23	-3933.62	-3102.97	-3364.09
41.5	2.33	-0.56	0.94	383.03	252.80	794.23	-3933.62	-3102.97	-3364.09
42.5	2.30	-0.58	0.93	-522.03	-531.49	-1.96	-4969.49	-3980.72	-4233.87
42.5	2.30	-0.58	0.93	-522.03	-531.49	-1.96	-4969.49	-3980.72	-4233.87
43	2.30	-0.58	0.93	-952.52	-915.82	-392.24	-5554.93	-4471.48	-4720.64
43	2.30	-0.58	0.93	-952.52	-915.82	-392.24	-5554.93	-4471.48	-4720.64
44	2.30	-0.58	0.93	-1701.78	-1623.75	-1112.06	-6855.79	-5553.39	-5794.59
44	2.30	-0.58	0.93	-1701.78	-1623.75	-1112.06	-6855.79	-5553.39	-5794.59
45	2.30	-0.58	0.93	-710.64	-1189.74	-689.95	-8455.36	-6852.78	-7086.00
45	2.30	-0.58	0.93	-710.64	-1189.74	-689.95	-8455.36	-6852.78	-7086.00
46	2.30	-0.58	0.93	-152.85	-591.13	-79.44	-5307.55	-4521.23	-4762.43
46	2.30	-0.58	0.93	-152.85	-591.13	-79.44	-5307.55	-4521.23	-4762.43
47	2.30	-0.58	0.93	451.71	20.33	543.92	-4151.24	-3535.68	-3784.85
47	2.30	-0.58	0.93	451.71	20.33	543.92	-4151.24	-3535.68	-3784.85
47.5	2.30	-0.58	0.93	809.55	356.23	885.76	-3637.58	-3092.79	-3345.94
47.5	2.30	-0.58	0.93	809.55	356.23	885.76	-3637.58	-3092.79	-3345.94
48.5	2.33	-0.56	0.94	1570.27	1044.29	1585.72	-2746.74	-2311.72	-2572.84
48.5	2.33	-0.56	0.94	1570.27	1044.29	1585.72	-2746.74	-2311.72	-2572.84
48.75	2.33	-0.56	0.94	1761.51	1214.16	1758.55	-2552.10	-2138.03	-2401.15
48.75	2.33	-0.56	0.94	1761.51	1214.16	1758.55	-2552.10	-2138.03	-2401.15
49.01	2.33	-0.56	0.94	1961.08	1390.04	1937.53	-2362.08	-1966.89	-2232.07
49.01	2.33	-0.56	0.94	1961.08	1390.04	1937.53	-2362.08	-1966.89	-2232.07
49.5	2.33	-0.56	0.94	2340.01	1720.04	2273.36	-2036.70	-1669.53	-1938.62
49.5	2.33	-0.56	0.94	2340.01	1720.04	2273.36	-2036.70	-1669.53	-1938.62
50	2.33	-0.56	0.94	2693.03	2029.80	2589.07	-1746.81	-1398.72	-1671.79



50	2.33	-0.56	0.94	2693.03	2029.80	2589.07	-1746.81	-1398.72	-1671.79
50.5	2.33	-0.56	0.94	3103.09	2373.01	2938.22	-1495.53	-1158.24	-1435.30
50.5	2.33	-0.56	0.94	3103.09	2373.01	2938.22	-1495.53	-1158.24	-1435.30
51.5	2.33	-0.56	0.94	3857.00	3001.54	3578.65	-1119.61	-775.46	-1060.49
51.5	2.33	-0.56	0.94	3857.00	3001.54	3578.65	-1119.61	-775.46	-1060.49
52.5	2.33	-0.56	0.94	4502.39	3539.39	4128.39	-814.63	-458.30	-751.30
52.5	2.33	-0.56	0.94	4502.39	3539.39	4128.39	-814.63	-458.30	-751.30
53.5	2.33	-0.56	0.94	5025.84	3980.74	4579.55	-568.13	-201.60	-500.48
53.5	2.33	-0.56	0.94	5025.84	3980.74	4579.55	-568.13	-201.60	-500.48
54.5	2.33	-0.56	0.94	5431.34	4334.13	4936.74	-385.67	-14.92	-313.68
54.5	2.33	-0.56	0.94	5431.34	4334.13	4936.74	-385.67	-14.92	-313.68
55.5	2.33	-0.56	0.94	5708.77	4583.81	5190.22	-258.25	116.72	-181.91
55.5	2.33	-0.56	0.94	5708.77	4583.81	5190.22	-258.25	116.72	-181.91
56.5	2.33	-0.56	0.94	5857.34	4729.25	5339.47	-185.83	193.37	-105.15
56.5	2.33	-0.56	0.94	5857.34	4729.25	5339.47	-185.83	193.37	-105.15
57.5	2.33	-0.56	0.94	5877.06	4770.45	5384.47	-168.46	214.98	-83.41
57.5	2.33	-0.56	0.94	5877.06	4770.45	5384.47	-168.46	214.98	-83.41
58.5	2.33	-0.56	0.94	5777.31	4713.68	5331.50	-238.92	159.71	-138.57
58.5	2.33	-0.56	0.94	5777.31	4713.68	5331.50	-238.92	159.71	-138.57
59.5	2.33	-0.56	0.94	5548.44	4552.49	5174.11	-387.74	33.86	-264.29
59.5	2.33	-0.56	0.94	5548.44	4552.49	5174.11	-387.74	33.86	-264.29
60.5	2.33	-0.56	0.94	5190.78	4287.11	4912.53	-591.59	-147.01	-445.04
60.5	2.33	-0.56	0.94	5190.78	4287.11	4912.53	-591.59	-147.01	-445.04
61.5	2.33	-0.56	0.94	4705.21	3918.12	4547.35	-850.45	-382.88	-680.79
61.5	2.33	-0.56	0.94	4705.21	3918.12	4547.35	-850.45	-382.88	-680.79
62.5	2.33	-0.56	0.94	4092.90	3446.30	4079.34	-1164.39	-673.81	-971.59
62.5	2.33	-0.56	0.94	4092.90	3446.30	4079.34	-1164.39	-673.81	-971.59
63.5	2.33	-0.56	0.94	3355.82	2872.97	3509.81	-1533.73	-1020.00	-1317.66
63.5	2.33	-0.56	0.94	3355.82	2872.97	3509.81	-1533.73	-1020.00	-1317.66
64.5	2.33	-0.56	0.94	2505.70	2205.95	2846.59	-1969.67	-1428.93	-1726.47
64.5	2.33	-0.56	0.94	2505.70	2205.95	2846.59	-1969.67	-1428.93	-1726.47
65.5	2.33	-0.56	0.94	1670.00	1530.21	2174.65	-2593.90	-1981.71	-2279.13
65.5	2.33	-0.56	0.94	1670.00	1530.21	2174.65	-2593.90	-1981.71	-2279.13
65.99	2.33	-0.56	0.94	1259.71	1191.87	1838.18	-2963.76	-2301.93	-2599.29
65.99	2.33	-0.56	0.94	1259.71	1191.87	1838.18	-2963.76	-2301.93	-2599.29
66.25	2.33	-0.56	0.94	1044.51	1012.23	1659.52	-3178.32	-2485.83	-2783.16
66.25	2.33	-0.56	0.94	1044.51	1012.23	1659.52	-3178.32	-2485.83	-2783.16
66.5	2.33	-0.56	0.94	839.58	839.65	1487.90	-3397.70	-2672.54	-2969.84
66.5	2.33	-0.56	0.94	839.58	839.65	1487.90	-3397.70	-2672.54	-2969.84
67.5	2.30	-0.58	0.93	23.71	140.46	792.51	-4389.25	-3506.88	-3804.06
67.5	2.30	-0.58	0.93	23.71	140.46	792.51	-4389.25	-3506.88	-3804.06
68	2.30	-0.58	0.93	-358.14	-198.61	455.33	-4952.07	-3975.62	-4272.73
68	2.30	-0.58	0.93	-358.14	-198.61	455.33	-4952.07	-3975.62	-4272.73

69	2.30	-0.58	0.93	-1006.33	-813.52	-155.77	-6250.38	-5041.96	-5338.96
69	2.30	-0.58	0.93	-1006.33	-813.52	-155.77	-6250.38	-5041.96	-5338.96
70	2.30	-0.58	0.93	-672.04	-995.72	-302.72	-7832.62	-6315.92	-6612.79
70	2.30	-0.58	0.93	-672.04	-995.72	-302.72	-7832.62	-6315.92	-6612.79
71	2.30	-0.58	0.93	-80.28	-399.67	258.69	-5324.21	-4619.18	-4917.71
71	2.30	-0.58	0.93	-80.28	-399.67	258.69	-5324.21	-4619.18	-4917.71
72	2.30	-0.58	0.93	556.82	208.29	831.99	-4176.25	-3632.57	-3915.40
72	2.30	-0.58	0.93	556.82	208.29	831.99	-4176.25	-3632.57	-3915.40
73	2.33	-0.56	0.94	1357.20	906.76	1495.82	-3222.02	-2793.45	-3060.56
73	2.33	-0.56	0.94	1357.20	906.76	1495.82	-3222.02	-2793.45	-3060.56
73.75	2.33	-0.56	0.94	1989.96	1440.23	2003.30	-2648.67	-2271.02	-2526.35
73.75	2.33	-0.56	0.94	1989.96	1440.23	2003.30	-2648.67	-2271.02	-2526.35
74	2.33	-0.56	0.94	2209.75	1621.68	2176.08	-2487.28	-2118.99	-2370.39
74	2.33	-0.56	0.94	2209.75	1621.68	2176.08	-2487.28	-2118.99	-2370.39
74.01	2.33	-0.56	0.94	2219.41	1629.49	2183.55	-2481.15	-2113.15	-2364.39
74.01	2.33	-0.56	0.94	2219.41	1629.49	2183.55	-2481.15	-2113.15	-2364.39
75	2.33	-0.56	0.94	3056.21	2314.20	2833.96	-1918.50	-1573.50	-1809.19
75	2.33	-0.56	0.94	3056.21	2314.20	2833.96	-1918.50	-1573.50	-1809.19
76	2.33	-0.56	0.94	3781.68	2907.74	3392.84	-1405.56	-1083.58	-1303.56
76	2.33	-0.56	0.94	3781.68	2907.74	3392.84	-1405.56	-1083.58	-1303.56
77	2.33	-0.56	0.94	4381.45	3399.13	3849.59	-947.63	-648.66	-852.92
77	2.33	-0.56	0.94	4381.45	3399.13	3849.59	-947.63	-648.66	-852.92
78	2.33	-0.56	0.94	4852.65	3786.48	4202.28	-544.76	-268.77	-457.32
78	2.33	-0.56	0.94	4852.65	3786.48	4202.28	-544.76	-268.77	-457.32
79	2.33	-0.56	0.94	5192.12	4067.68	4448.84	-196.85	56.13	-116.71
79	2.33	-0.56	0.94	5192.12	4067.68	4448.84	-196.85	56.13	-116.71
80	2.33	-0.56	0.94	5397.37	4241.07	4587.57	96.06	326.04	168.91
80	2.33	-0.56	0.94	5397.37	4241.07	4587.57	96.06	326.04	168.91
81	2.33	-0.56	0.94	5469.90	4307.64	4619.49	333.97	540.95	399.53
81	2.33	-0.56	0.94	5469.90	4307.64	4619.49	333.97	540.95	399.53
82	2.33	-0.56	0.94	5420.42	4274.54	4551.74	516.86	700.84	575.14
82	2.33	-0.56	0.94	5420.42	4274.54	4551.74	516.86	700.84	575.14
82.5	2.33	-0.56	0.94	5343.46	4216.30	4476.17	587.71	760.18	642.33
82.5	2.33	-0.56	0.94	5343.46	4216.30	4476.17	587.71	760.18	642.33
83	2.33	-0.56	0.94	5231.97	4130.45	4373.00	644.77	805.74	695.76
83	2.33	-0.56	0.94	5231.97	4130.45	4373.00	644.77	805.74	695.76
84	2.33	-0.56	0.94	4902.62	3874.10	4082.01	717.66	855.64	761.36
84	2.33	-0.56	0.94	4902.62	3874.10	4082.01	717.66	855.64	761.36
85	2.33	-0.56	0.94	4430.99	3504.57	3677.82	735.61	850.57	772.01
85	2.33	-0.56	0.94	4430.99	3504.57	3677.82	735.61	850.57	772.01
86	2.33	-0.56	0.94	3821.21	3024.60	3163.20	698.50	790.46	727.61
86	2.33	-0.56	0.94	3821.21	3024.60	3163.20	698.50	790.46	727.61
87	2.30	-0.58	0.93	3088.97	2444.66	2548.61	606.38	675.36	628.22

87	2.30	-0.58	0.93	3088.97	2444.66	2548.61	606.38	675.36	628.22
88	2.30	-0.58	0.93	2211.53	1749.58	1818.88	459.27	505.24	473.82
88	2.30	-0.58	0.93	2211.53	1749.58	1818.88	459.27	505.24	473.82
89	2.30	-0.58	0.93	1187.76	938.62	973.27	257.14	280.13	264.41
89	2.30	-0.58	0.93	1187.76	938.62	973.27	257.14	280.13	264.41
90	2.30	-0.58	0.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

x (m)	Comb. Freq1	Comb. Freq2	Comb. Freq3	Comb. Freq1	Comb. Freq2	Comb. Freq3	Comb. Freq1	Comb. Freq2	Comb. Freq3	Comb. Freq1	Comb. Freq2	Comb. Freq3
	σ_s Máx. (MPa)	σ_s Máx. (MPa)	σ_s Máx. (MPa)	σ_s Mín. (MPa)	σ_s Mín. (MPa)	σ_s Mín. (MPa)	σ_i Máx. (MPa)	σ_i Máx. (MPa)	σ_i Máx. (MPa)	σ_i Mín. (MPa)	σ_i Mín. (MPa)	σ_i Mín. (MPa)
0	-2.49	-2.49	-2.49	-2.49	-2.49	-2.49	-2.49	-2.49	-2.49	-2.49	-2.49	-2.49
1	-2.35	-2.24	-2.26	-1.89	-1.91	-1.90	-2.72	-2.90	-2.88	-3.47	-3.43	-3.45
1	-2.35	-2.24	-2.26	-1.89	-1.91	-1.90	-2.72	-2.90	-2.88	-3.47	-3.43	-3.45
2	-2.24	-2.03	-2.07	-1.36	-1.41	-1.39	-2.90	-3.24	-3.18	-4.31	-4.24	-4.26
2	-2.11	-1.90	-1.94	-1.24	-1.28	-1.27	-3.11	-3.44	-3.39	-4.52	-4.44	-4.47
3	-2.28	-1.99	-2.04	-1.04	-1.11	-1.08	-3.51	-4.00	-3.91	-5.61	-5.49	-5.53
3	-2.28	-1.99	-2.04	-1.04	-1.11	-1.08	-3.51	-4.00	-3.91	-5.61	-5.49	-5.53
4	-2.25	-1.90	-1.97	-0.69	-0.78	-0.75	-3.56	-4.15	-4.04	-6.20	-6.04	-6.10
4	-2.25	-1.90	-1.97	-0.69	-0.78	-0.75	-3.56	-4.15	-4.04	-6.20	-6.04	-6.10
5	-2.28	-1.87	-1.96	-0.43	-0.54	-0.50	-3.51	-4.20	-4.05	-6.64	-6.44	-6.51
5	-2.28	-1.87	-1.96	-0.43	-0.54	-0.50	-3.51	-4.20	-4.05	-6.64	-6.44	-6.51
6	-2.35	-1.91	-2.01	-0.26	-0.39	-0.35	-3.39	-4.14	-3.97	-6.93	-6.69	-6.77
6	-2.35	-1.91	-2.01	-0.26	-0.39	-0.35	-3.39	-4.14	-3.97	-6.93	-6.69	-6.77
7	-2.47	-2.00	-2.12	-0.18	-0.34	-0.28	-3.19	-3.98	-3.78	-7.06	-6.79	-6.89
7	-2.47	-2.00	-2.12	-0.18	-0.34	-0.28	-3.19	-3.98	-3.78	-7.06	-6.79	-6.89
7.5	-2.55	-2.07	-2.20	-0.17	-0.34	-0.28	-3.06	-3.87	-3.65	-7.08	-6.79	-6.89
7.5	-2.55	-2.07	-2.20	-0.17	-0.34	-0.28	-3.06	-3.87	-3.65	-7.08	-6.79	-6.89
8	-2.63	-2.15	-2.29	-0.18	-0.36	-0.30	-2.92	-3.73	-3.50	-7.06	-6.75	-6.86
8	-2.63	-2.15	-2.29	-0.18	-0.36	-0.30	-2.92	-3.73	-3.50	-7.06	-6.75	-6.86
9	-2.81	-2.33	-2.48	-0.24	-0.44	-0.37	-2.62	-3.43	-3.17	-6.96	-6.62	-6.74
9	-2.81	-2.33	-2.48	-0.24	-0.44	-0.37	-2.62	-3.43	-3.17	-6.96	-6.62	-6.74
10	-3.00	-2.53	-2.70	-0.34	-0.57	-0.49	-2.30	-3.09	-2.80	-6.78	-6.40	-6.53
10	-3.00	-2.53	-2.70	-0.34	-0.57	-0.49	-2.30	-3.09	-2.80	-6.78	-6.40	-6.53
11	-3.20	-2.76	-2.95	-0.50	-0.75	-0.66	-1.96	-2.70	-2.38	-6.52	-6.09	-6.24
11	-3.20	-2.76	-2.95	-0.50	-0.75	-0.66	-1.96	-2.70	-2.38	-6.52	-6.09	-6.24
12	-3.41	-3.01	-3.22	-0.71	-0.98	-0.89	-1.61	-2.28	-1.93	-6.17	-5.70	-5.86
12	-3.41	-3.01	-3.22	-0.71	-0.98	-0.89	-1.61	-2.28	-1.93	-6.17	-5.70	-5.86
13	-3.63	-3.29	-3.51	-0.96	-1.26	-1.16	-1.23	-1.81	-1.43	-5.73	-5.23	-5.40
13	-3.63	-3.29	-3.51	-0.96	-1.26	-1.16	-1.23	-1.81	-1.43	-5.73	-5.23	-5.40

14	-3.87	-3.59	-3.83	-1.27	-1.59	-1.48	-0.83	-1.30	-0.89	-5.21	-4.68	-4.86
14	-3.87	-3.59	-3.83	-1.27	-1.59	-1.48	-0.83	-1.30	-0.89	-5.21	-4.68	-4.86
15	-4.12	-3.92	-4.18	-1.63	-1.97	-1.85	-0.41	-0.75	-0.31	-4.61	-4.03	-4.23
15	-4.12	-3.92	-4.18	-1.63	-1.97	-1.85	-0.41	-0.75	-0.31	-4.61	-4.03	-4.23
15.99	-4.38	-4.27	-4.55	-2.03	-2.40	-2.27	0.04	-0.15	0.32	-3.93	-3.32	-3.53
15.99	-4.38	-4.27	-4.55	-2.03	-2.40	-2.27	0.04	-0.15	0.32	-3.93	-3.32	-3.53
16.25	-4.46	-4.37	-4.65	-2.14	-2.51	-2.38	0.17	0.02	0.49	-3.75	-3.12	-3.34
16.25	-4.46	-4.37	-4.65	-2.14	-2.51	-2.38	0.17	0.02	0.49	-3.75	-3.12	-3.34
17	-4.60	-4.56	-4.86	-2.30	-2.71	-2.58	0.40	0.34	0.84	-3.47	-2.78	-3.01
17	-4.60	-4.56	-4.86	-2.30	-2.71	-2.58	0.40	0.34	0.84	-3.47	-2.78	-3.01
18	-4.21	-4.24	-4.55	-1.85	-2.32	-2.18	0.27	0.32	0.82	-3.53	-2.77	-3.00
18	-4.34	-4.37	-4.68	-1.98	-2.45	-2.31	0.47	0.52	1.02	-3.33	-2.56	-2.79
19	-3.89	-3.95	-4.28	-1.27	-1.84	-1.69	-0.25	-0.16	0.37	-4.46	-3.55	-3.79
19	-3.89	-3.95	-4.28	-1.27	-1.84	-1.69	-0.25	-0.16	0.37	-4.46	-3.55	-3.79
20	-4.24	-4.02	-4.35	-0.09	-0.77	-0.61	0.31	-0.05	0.49	-6.37	-5.27	-5.53
20	-4.27	-4.05	-4.38	-0.12	-0.80	-0.65	0.37	0.01	0.54	-6.31	-5.22	-5.47
21	-5.08	-4.88	-5.21	-2.46	-2.77	-2.62	1.67	1.35	1.88	-2.54	-2.05	-2.29
21	-5.08	-4.88	-5.21	-2.46	-2.77	-2.62	1.67	1.35	1.88	-2.54	-2.05	-2.29
22	-5.51	-5.32	-5.65	-3.22	-3.44	-3.29	2.37	2.06	2.58	-1.32	-0.98	-1.22
22	-5.51	-5.32	-5.65	-3.22	-3.44	-3.29	2.37	2.06	2.58	-1.32	-0.98	-1.22
22.5	-5.61	-5.41	-5.74	-3.41	-3.59	-3.44	2.52	2.20	2.72	-1.02	-0.73	-0.97
22.5	-5.48	-5.28	-5.61	-3.28	-3.46	-3.31	2.32	1.99	2.52	-1.23	-0.94	-1.17
23.5	-5.66	-5.43	-5.75	-3.54	-3.67	-3.52	2.20	1.80	2.35	-1.38	-1.16	-1.41
23.5	-5.66	-5.43	-5.75	-3.54	-3.67	-3.52	2.20	1.80	2.35	-1.38	-1.16	-1.41
23.75	-5.59	-5.34	-5.66	-3.47	-3.59	-3.44	2.07	1.66	2.20	-1.50	-1.30	-1.55
23.75	-5.59	-5.34	-5.66	-3.47	-3.59	-3.44	2.07	1.66	2.20	-1.50	-1.30	-1.55
24.01	-5.49	-5.24	-5.56	-3.38	-3.49	-3.34	1.92	1.48	2.03	-1.65	-1.47	-1.72
24.01	-5.49	-5.24	-5.56	-3.38	-3.49	-3.34	1.92	1.48	2.03	-1.65	-1.47	-1.72
24.5	-5.34	-5.06	-5.38	-3.21	-3.30	-3.15	1.66	1.18	1.73	-1.94	-1.79	-2.04
24.5	-5.34	-5.06	-5.38	-3.21	-3.30	-3.15	1.66	1.18	1.73	-1.94	-1.79	-2.04
25	-5.19	-4.88	-5.20	-3.03	-3.11	-2.96	1.40	0.89	1.43	-2.25	-2.10	-2.35
25	-5.19	-4.88	-5.20	-3.03	-3.11	-2.96	1.40	0.89	1.43	-2.25	-2.10	-2.35
25.5	-5.08	-4.75	-5.07	-2.84	-2.93	-2.78	1.22	0.65	1.20	-2.56	-2.42	-2.67
25.5	-5.08	-4.75	-5.07	-2.84	-2.93	-2.78	1.22	0.65	1.20	-2.56	-2.42	-2.67
26.5	-4.91	-4.51	-4.82	-2.46	-2.56	-2.41	0.93	0.25	0.79	-3.20	-3.04	-3.29
26.5	-4.91	-4.51	-4.82	-2.46	-2.56	-2.41	0.93	0.25	0.79	-3.20	-3.04	-3.29
27.5	-4.76	-4.30	-4.61	-2.13	-2.24	-2.09	0.68	-0.10	0.43	-3.76	-3.59	-3.84
27.5	-4.76	-4.30	-4.61	-2.13	-2.24	-2.09	0.68	-0.10	0.43	-3.76	-3.59	-3.84
28.5	-4.62	-4.11	-4.43	-1.84	-1.96	-1.81	0.45	-0.41	0.12	-4.25	-4.05	-4.30
28.5	-4.62	-4.11	-4.43	-1.84	-1.96	-1.81	0.45	-0.41	0.12	-4.25	-4.05	-4.30
29.5	-4.50	-3.96	-4.27	-1.61	-1.74	-1.59	0.24	-0.68	-0.15	-4.64	-4.42	-4.68
29.5	-4.50	-3.96	-4.27	-1.61	-1.74	-1.59	0.24	-0.68	-0.15	-4.64	-4.42	-4.68

30.5	-4.39	-3.83	-4.14	-1.42	-1.57	-1.42	0.06	-0.90	-0.37	-4.96	-4.72	-4.97
30.5	-4.39	-3.83	-4.14	-1.42	-1.57	-1.42	0.06	-0.90	-0.37	-4.96	-4.72	-4.97
31.5	-4.30	-3.72	-4.03	-1.29	-1.44	-1.29	-0.10	-1.08	-0.55	-5.19	-4.92	-5.18
31.5	-4.30	-3.72	-4.03	-1.29	-1.44	-1.29	-0.10	-1.08	-0.55	-5.19	-4.92	-5.18
32.5	-4.21	-3.64	-3.95	-1.19	-1.36	-1.21	-0.24	-1.21	-0.69	-5.35	-5.06	-5.31
32.5	-4.21	-3.64	-3.95	-1.19	-1.36	-1.21	-0.24	-1.21	-0.69	-5.35	-5.06	-5.31
33.5	-4.15	-3.59	-3.90	-1.13	-1.32	-1.17	-0.35	-1.30	-0.78	-5.46	-5.13	-5.38
33.5	-4.15	-3.59	-3.90	-1.13	-1.32	-1.17	-0.35	-1.30	-0.78	-5.46	-5.13	-5.38
34.5	-4.10	-3.56	-3.87	-1.11	-1.33	-1.18	-0.44	-1.34	-0.83	-5.48	-5.12	-5.37
34.5	-4.10	-3.56	-3.87	-1.11	-1.33	-1.18	-0.44	-1.34	-0.83	-5.48	-5.12	-5.37
35.5	-4.06	-3.56	-3.86	-1.15	-1.39	-1.24	-0.51	-1.34	-0.83	-5.42	-5.02	-5.27
35.5	-4.06	-3.56	-3.86	-1.15	-1.39	-1.24	-0.51	-1.34	-0.83	-5.42	-5.02	-5.27
36.5	-4.03	-3.59	-3.89	-1.23	-1.49	-1.34	-0.55	-1.30	-0.80	-5.28	-4.84	-5.09
36.5	-4.03	-3.59	-3.89	-1.23	-1.49	-1.34	-0.55	-1.30	-0.80	-5.28	-4.84	-5.09
37.5	-4.03	-3.65	-3.94	-1.37	-1.64	-1.50	-0.56	-1.20	-0.71	-5.06	-4.58	-4.83
37.5	-4.03	-3.65	-3.94	-1.37	-1.64	-1.50	-0.56	-1.20	-0.71	-5.06	-4.58	-4.83
38.5	-4.04	-3.73	-4.02	-1.54	-1.84	-1.70	-0.55	-1.06	-0.57	-4.75	-4.25	-4.49
38.5	-4.04	-3.73	-4.02	-1.54	-1.84	-1.70	-0.55	-1.06	-0.57	-4.75	-4.25	-4.49
39.5	-4.07	-3.85	-4.14	-1.77	-2.08	-1.95	-0.49	-0.85	-0.38	-4.38	-3.84	-4.07
39.5	-4.07	-3.85	-4.14	-1.77	-2.08	-1.95	-0.49	-0.85	-0.38	-4.38	-3.84	-4.07
40.5	-4.17	-4.04	-4.31	-1.98	-2.34	-2.21	-0.31	-0.54	-0.08	-4.01	-3.41	-3.64
40.5	-4.17	-4.04	-4.31	-1.98	-2.34	-2.21	-0.31	-0.54	-0.08	-4.01	-3.41	-3.64
40.99	-4.25	-4.15	-4.42	-2.09	-2.47	-2.34	-0.18	-0.35	0.11	-3.84	-3.19	-3.41
40.99	-4.25	-4.15	-4.42	-2.09	-2.47	-2.34	-0.18	-0.35	0.11	-3.84	-3.19	-3.41
41.25	-4.30	-4.22	-4.49	-2.14	-2.54	-2.41	-0.10	-0.24	0.22	-3.74	-3.07	-3.29
41.25	-4.30	-4.22	-4.49	-2.14	-2.54	-2.41	-0.10	-0.24	0.22	-3.74	-3.07	-3.29
41.5	-4.34	-4.27	-4.54	-2.18	-2.59	-2.46	-0.03	-0.14	0.31	-3.68	-2.98	-3.20
41.5	-4.34	-4.27	-4.54	-2.18	-2.59	-2.46	-0.03	-0.14	0.31	-3.68	-2.98	-3.20
42.5	-4.00	-4.00	-4.26	-1.79	-2.28	-2.15	-0.06	-0.07	0.35	-3.64	-2.84	-3.05
42.5	-4.13	-4.13	-4.39	-1.91	-2.41	-2.28	0.14	0.13	0.56	-3.43	-2.64	-2.84
43	-3.95	-3.97	-4.23	-1.66	-2.20	-2.07	-0.15	-0.12	0.30	-3.84	-2.97	-3.17
43	-3.95	-3.97	-4.23	-1.66	-2.20	-2.07	-0.15	-0.12	0.30	-3.84	-2.97	-3.17
44	-3.35	-3.39	-3.65	-0.78	-1.43	-1.31	-1.11	-1.05	-0.64	-5.25	-4.20	-4.40
44	-3.35	-3.39	-3.65	-0.78	-1.43	-1.31	-1.11	-1.05	-0.64	-5.25	-4.20	-4.40
45	-3.23	-2.99	-3.24	0.63	-0.17	-0.05	-1.31	-1.69	-1.29	-7.53	-6.24	-6.43
45	-3.24	-3.00	-3.25	0.63	-0.17	-0.05	-1.30	-1.69	-1.28	-7.52	-6.23	-6.42
46	-4.14	-3.92	-4.17	-1.56	-1.95	-1.83	0.15	-0.21	0.21	-3.99	-3.36	-3.56
46	-4.14	-3.92	-4.17	-1.56	-1.95	-1.83	0.15	-0.21	0.21	-3.99	-3.36	-3.56
47	-4.66	-4.45	-4.71	-2.37	-2.67	-2.55	1.00	0.65	1.07	-2.70	-2.21	-2.41
47	-4.66	-4.45	-4.71	-2.37	-2.67	-2.55	1.00	0.65	1.07	-2.70	-2.21	-2.41
47.5	-4.81	-4.58	-4.85	-2.59	-2.86	-2.73	1.23	0.86	1.29	-2.34	-1.91	-2.11
47.5	-4.68	-4.45	-4.72	-2.46	-2.73	-2.61	1.02	0.66	1.08	-2.55	-2.11	-2.31

48.5	-4.95	-4.68	-4.95	-2.78	-3.00	-2.87	0.99	0.55	1.00	-2.66	-2.29	-2.51
48.5	-4.95	-4.68	-4.95	-2.78	-3.00	-2.87	0.99	0.55	1.00	-2.66	-2.29	-2.51
48.75	-4.89	-4.62	-4.89	-2.73	-2.94	-2.81	0.90	0.43	0.89	-2.75	-2.40	-2.62
48.75	-4.89	-4.62	-4.89	-2.73	-2.94	-2.81	0.90	0.43	0.89	-2.75	-2.40	-2.62
49.01	-4.82	-4.54	-4.81	-2.66	-2.86	-2.72	0.78	0.30	0.76	-2.87	-2.54	-2.76
49.01	-4.82	-4.54	-4.81	-2.66	-2.86	-2.72	0.78	0.30	0.76	-2.87	-2.54	-2.76
49.5	-4.71	-4.40	-4.68	-2.52	-2.70	-2.57	0.59	0.07	0.54	-3.11	-2.80	-3.02
49.5	-4.71	-4.40	-4.68	-2.52	-2.70	-2.57	0.59	0.07	0.54	-3.11	-2.80	-3.02
50	-4.60	-4.27	-4.55	-2.38	-2.55	-2.41	0.40	-0.16	0.32	-3.35	-3.05	-3.28
50	-4.60	-4.27	-4.55	-2.38	-2.55	-2.41	0.40	-0.16	0.32	-3.35	-3.05	-3.28
50.5	-4.53	-4.17	-4.45	-2.23	-2.40	-2.26	0.30	-0.32	0.16	-3.59	-3.30	-3.54
50.5	-4.53	-4.17	-4.45	-2.23	-2.40	-2.26	0.30	-0.32	0.16	-3.59	-3.30	-3.54
51.5	-4.43	-4.00	-4.29	-1.94	-2.11	-1.97	0.12	-0.60	-0.11	-4.08	-3.79	-4.03
51.5	-4.43	-4.00	-4.29	-1.94	-2.11	-1.97	0.12	-0.60	-0.11	-4.08	-3.79	-4.03
52.5	-4.35	-3.87	-4.16	-1.69	-1.87	-1.72	-0.01	-0.83	-0.33	-4.51	-4.20	-4.45
52.5	-4.35	-3.87	-4.16	-1.69	-1.87	-1.72	-0.01	-0.83	-0.33	-4.51	-4.20	-4.45
53.5	-4.29	-3.77	-4.07	-1.49	-1.67	-1.52	-0.12	-1.00	-0.50	-4.85	-4.54	-4.79
53.5	-4.29	-3.77	-4.07	-1.49	-1.67	-1.52	-0.12	-1.00	-0.50	-4.85	-4.54	-4.79
54.5	-4.24	-3.69	-4.00	-1.33	-1.52	-1.37	-0.19	-1.12	-0.61	-5.11	-4.80	-5.05
54.5	-4.24	-3.69	-4.00	-1.33	-1.52	-1.37	-0.19	-1.12	-0.61	-5.11	-4.80	-5.05
55.5	-4.21	-3.65	-3.95	-1.23	-1.41	-1.26	-0.25	-1.20	-0.68	-5.29	-4.97	-5.22
55.5	-4.21	-3.65	-3.95	-1.23	-1.41	-1.26	-0.25	-1.20	-0.68	-5.29	-4.97	-5.22
56.5	-4.19	-3.63	-3.94	-1.17	-1.36	-1.21	-0.28	-1.23	-0.71	-5.38	-5.06	-5.32
56.5	-4.19	-3.63	-3.94	-1.17	-1.36	-1.21	-0.28	-1.23	-0.71	-5.38	-5.06	-5.32
57.5	-4.19	-3.64	-3.94	-1.16	-1.36	-1.21	-0.29	-1.22	-0.70	-5.39	-5.07	-5.32
57.5	-4.19	-3.64	-3.94	-1.16	-1.36	-1.21	-0.29	-1.22	-0.70	-5.39	-5.07	-5.32
58.5	-4.20	-3.67	-3.98	-1.19	-1.39	-1.24	-0.26	-1.16	-0.64	-5.35	-5.01	-5.26
58.5	-4.20	-3.67	-3.98	-1.19	-1.39	-1.24	-0.26	-1.16	-0.64	-5.35	-5.01	-5.26
59.5	-4.23	-3.73	-4.04	-1.26	-1.47	-1.32	-0.22	-1.06	-0.54	-5.24	-4.88	-5.13
59.5	-4.23	-3.73	-4.04	-1.26	-1.47	-1.32	-0.22	-1.06	-0.54	-5.24	-4.88	-5.13
60.5	-4.27	-3.81	-4.13	-1.37	-1.59	-1.45	-0.16	-0.92	-0.39	-5.04	-4.67	-4.92
60.5	-4.27	-3.81	-4.13	-1.37	-1.59	-1.45	-0.16	-0.92	-0.39	-5.04	-4.67	-4.92
61.5	-4.32	-3.92	-4.24	-1.54	-1.77	-1.62	-0.07	-0.73	-0.20	-4.76	-4.37	-4.62
61.5	-4.32	-3.92	-4.24	-1.54	-1.77	-1.62	-0.07	-0.73	-0.20	-4.76	-4.37	-4.62
62.5	-4.38	-4.06	-4.38	-1.75	-2.00	-1.85	0.04	-0.50	0.03	-4.40	-3.99	-4.24
62.5	-4.38	-4.06	-4.38	-1.75	-2.00	-1.85	0.04	-0.50	0.03	-4.40	-3.99	-4.24
63.5	-4.46	-4.22	-4.54	-2.02	-2.28	-2.13	0.18	-0.23	0.31	-3.95	-3.52	-3.77
63.5	-4.46	-4.22	-4.54	-2.02	-2.28	-2.13	0.18	-0.23	0.31	-3.95	-3.52	-3.77
64.5	-4.57	-4.42	-4.74	-2.33	-2.60	-2.45	0.35	0.10	0.64	-3.43	-2.97	-3.22
64.5	-4.57	-4.42	-4.74	-2.33	-2.60	-2.45	0.35	0.10	0.64	-3.43	-2.97	-3.22
65.5	-4.75	-4.68	-5.01	-2.62	-2.93	-2.78	0.67	0.55	1.09	-2.94	-2.42	-2.67
65.5	-4.75	-4.68	-5.01	-2.62	-2.93	-2.78	0.67	0.55	1.09	-2.94	-2.42	-2.67

65.99	-4.87	-4.84	-5.16	-2.76	-3.09	-2.94	0.87	0.81	1.36	-2.70	-2.14	-2.39
65.99	-4.87	-4.84	-5.16	-2.76	-3.09	-2.94	0.87	0.81	1.36	-2.70	-2.14	-2.39
66.25	-4.95	-4.93	-5.25	-2.83	-3.18	-3.03	0.99	0.96	1.51	-2.58	-1.99	-2.24
66.25	-4.95	-4.93	-5.25	-2.83	-3.18	-3.03	0.99	0.96	1.51	-2.58	-1.99	-2.24
66.5	-5.01	-5.01	-5.33	-2.89	-3.25	-3.10	1.09	1.09	1.64	-2.49	-1.87	-2.13
66.5	-5.01	-5.01	-5.33	-2.89	-3.25	-3.10	1.09	1.09	1.64	-2.49	-1.87	-2.13
67.5	-4.76	-4.82	-5.14	-2.56	-3.00	-2.85	1.15	1.25	1.77	-2.39	-1.68	-1.92
67.5	-4.89	-4.95	-5.27	-2.68	-3.13	-2.98	1.36	1.45	1.97	-2.19	-1.48	-1.72
68	-4.75	-4.83	-5.16	-2.46	-2.95	-2.80	1.14	1.27	1.80	-2.55	-1.76	-2.00
68	-4.75	-4.83	-5.16	-2.46	-2.95	-2.80	1.14	1.27	1.80	-2.55	-1.76	-2.00
69	-4.25	-4.35	-4.68	-1.63	-2.24	-2.09	0.33	0.49	1.02	-3.88	-2.91	-3.15
69	-4.25	-4.35	-4.68	-1.63	-2.24	-2.09	0.33	0.49	1.02	-3.88	-2.91	-3.15
70	-3.85	-3.68	-4.03	-0.27	-1.03	-0.88	-0.32	-0.58	-0.02	-6.07	-4.85	-5.09
70	-3.83	-3.66	-4.01	-0.25	-1.01	-0.86	-0.35	-0.61	-0.06	-6.10	-4.89	-5.12
71	-4.61	-4.45	-4.78	-1.99	-2.34	-2.19	0.90	0.65	1.18	-3.31	-2.74	-2.98
71	-4.61	-4.45	-4.78	-1.99	-2.34	-2.19	0.90	0.65	1.18	-3.31	-2.74	-2.98
72	-5.02	-4.84	-5.15	-2.65	-2.92	-2.78	1.56	1.28	1.78	-2.24	-1.80	-2.03
72	-4.89	-4.71	-5.03	-2.53	-2.80	-2.66	1.36	1.08	1.58	-2.44	-2.01	-2.23
73	-5.24	-5.01	-5.30	-2.94	-3.16	-3.02	1.48	1.10	1.60	-2.39	-2.03	-2.25
73	-5.24	-5.01	-5.30	-2.94	-3.16	-3.02	1.48	1.10	1.60	-2.39	-2.03	-2.25
73.75	-5.07	-4.80	-5.08	-2.75	-2.94	-2.81	1.20	0.74	1.21	-2.72	-2.40	-2.61
73.75	-5.07	-4.80	-5.08	-2.75	-2.94	-2.81	1.20	0.74	1.21	-2.72	-2.40	-2.61
74	-4.99	-4.69	-4.97	-2.64	-2.82	-2.69	1.06	0.56	1.03	-2.91	-2.60	-2.81
74	-4.99	-4.69	-4.97	-2.64	-2.82	-2.69	1.06	0.56	1.03	-2.91	-2.60	-2.81
74.01	-4.98	-4.69	-4.97	-2.63	-2.82	-2.69	1.06	0.56	1.03	-2.92	-2.61	-2.82
74.01	-4.98	-4.69	-4.97	-2.63	-2.82	-2.69	1.06	0.56	1.03	-2.92	-2.61	-2.82
75	-4.68	-4.31	-4.57	-2.19	-2.36	-2.25	0.55	-0.08	0.36	-3.66	-3.37	-3.57
75	-4.68	-4.31	-4.57	-2.19	-2.36	-2.25	0.55	-0.08	0.36	-3.66	-3.37	-3.57
76	-4.39	-3.96	-4.20	-1.80	-1.96	-1.85	0.06	-0.68	-0.27	-4.33	-4.05	-4.24
76	-4.39	-3.96	-4.20	-1.80	-1.96	-1.85	0.06	-0.68	-0.27	-4.33	-4.05	-4.24
77	-4.12	-3.63	-3.85	-1.45	-1.60	-1.50	-0.40	-1.23	-0.85	-4.91	-4.65	-4.83
77	-4.12	-3.63	-3.85	-1.45	-1.60	-1.50	-0.40	-1.23	-0.85	-4.91	-4.65	-4.83
78	-3.86	-3.33	-3.53	-1.16	-1.30	-1.20	-0.84	-1.74	-1.39	-5.41	-5.17	-5.33
78	-3.86	-3.33	-3.53	-1.16	-1.30	-1.20	-0.84	-1.74	-1.39	-5.41	-5.17	-5.33
79	-3.61	-3.05	-3.24	-0.91	-1.04	-0.95	-1.26	-2.21	-1.89	-5.82	-5.60	-5.75
79	-3.61	-3.05	-3.24	-0.91	-1.04	-0.95	-1.26	-2.21	-1.89	-5.82	-5.60	-5.75
80	-3.37	-2.79	-2.97	-0.72	-0.83	-0.75	-1.67	-2.64	-2.35	-6.15	-5.95	-6.09
80	-3.37	-2.79	-2.97	-0.72	-0.83	-0.75	-1.67	-2.64	-2.35	-6.15	-5.95	-6.09
81	-3.14	-2.56	-2.72	-0.57	-0.68	-0.61	-2.05	-3.03	-2.77	-6.39	-6.22	-6.34
81	-3.14	-2.56	-2.72	-0.57	-0.68	-0.61	-2.05	-3.03	-2.77	-6.39	-6.22	-6.34
82	-2.93	-2.36	-2.50	-0.48	-0.57	-0.51	-2.41	-3.38	-3.14	-6.55	-6.40	-6.50
82	-2.93	-2.36	-2.50	-0.48	-0.57	-0.51	-2.41	-3.38	-3.14	-6.55	-6.40	-6.50

82.5	-2.83	-2.27	-2.40	-0.45	-0.54	-0.48	-2.58	-3.53	-3.31	-6.60	-6.45	-6.55
82.5	-2.83	-2.27	-2.40	-0.45	-0.54	-0.48	-2.58	-3.53	-3.31	-6.60	-6.45	-6.55
83	-2.73	-2.18	-2.30	-0.44	-0.52	-0.46	-2.74	-3.67	-3.47	-6.62	-6.48	-6.58
83	-2.73	-2.18	-2.30	-0.44	-0.52	-0.46	-2.74	-3.67	-3.47	-6.62	-6.48	-6.58
84	-2.58	-2.06	-2.17	-0.48	-0.55	-0.51	-3.01	-3.88	-3.70	-6.54	-6.43	-6.51
84	-2.58	-2.06	-2.17	-0.48	-0.55	-0.51	-3.01	-3.88	-3.70	-6.54	-6.43	-6.51
85	-2.47	-2.00	-2.09	-0.62	-0.67	-0.63	-3.20	-3.98	-3.83	-6.32	-6.22	-6.29
85	-2.47	-2.00	-2.09	-0.62	-0.67	-0.63	-3.20	-3.98	-3.83	-6.32	-6.22	-6.29
86	-2.40	-2.00	-2.07	-0.84	-0.89	-0.85	-3.30	-3.98	-3.86	-5.94	-5.87	-5.92
86	-2.40	-2.00	-2.07	-0.84	-0.89	-0.85	-3.30	-3.98	-3.86	-5.94	-5.87	-5.92
87	-2.15	-1.83	-1.88	-0.91	-0.95	-0.92	-3.05	-3.56	-3.48	-5.04	-4.98	-5.02
87	-2.15	-1.83	-1.88	-0.91	-0.95	-0.92	-3.05	-3.56	-3.48	-5.04	-4.98	-5.02
88	-2.19	-1.96	-1.99	-1.31	-1.34	-1.32	-2.99	-3.36	-3.30	-4.40	-4.36	-4.38
88	-2.31	-2.08	-2.12	-1.44	-1.46	-1.45	-2.78	-3.15	-3.10	-4.19	-4.15	-4.18
89	-2.39	-2.27	-2.28	-1.93	-1.94	-1.93	-2.66	-2.86	-2.83	-3.41	-3.39	-3.40
89	-2.39	-2.27	-2.28	-1.93	-1.94	-1.93	-2.66	-2.86	-2.83	-3.41	-3.39	-3.40
90	-2.49	-2.49	-2.49	-2.49	-2.49	-2.49	-2.49	-2.49	-2.49	-2.49	-2.49	-2.49

Anexo 7A - E.L. Último de Flexão (Curto Prazo)

$$P_0 = 14125.74 \text{ kN};$$

$$\sigma_{P0} = 1327.61 \text{ MPa/cabo};$$

$$F_P = 14896.00 \text{ kN}$$

M + →

$$F_c = 17125.50 \text{ kN}$$

$$A_p = 106.40 \text{ cm}^2$$

$$f_{pd} = 1400 \text{ MPa}$$

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

$$f_{cd} = 23.3 \text{ MPa}$$

$$d = 1.45 \text{ m}$$

$$E_p = 195 \text{ Gpa}$$

M - →

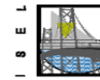
$$F_c = 17475.00 \text{ kN}$$

$$\sigma_{P_{\infty}} (\text{médio}) = 1197.87 \text{ MPa/cabo}$$

**Comb. Fundamental
(Curto Prazo)**

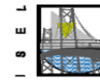
Elem. N°	x (m)	M _{Ed} Mín. (kN·m)	M _{Ed} Máx. (kN·m)	bt M- (m)	bt M+ (m)	As M- (cm ²)	As M+ (cm ²)	Fs M- (kN)	Fs M+ (kN)
Vi1	0	0.00	0.00	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi1	1	1681.32	3825.85	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi2	1	1681.32	3825.85	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi2	2	3069.92	7079.59	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi3	2	3069.64	7080.81	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi3	3	3890.69	9477.21	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi4	3	3890.40	9478.24	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi4	4	4717.38	11706.25	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi5	4	4717.10	11707.10	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi5	5	5267.19	13485.44	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi6	5	5267.19	13485.44	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi6	6	5681.90	14943.20	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi7	6	5681.90	14943.20	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi7	7	5820.05	15900.52	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi8	7	5820.05	15900.52	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi8	7.5	5732.11	16128.55	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi9	7.5	5732.11	16128.55	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi9	8	5670.41	16348.17	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi10	8	5670.41	16348.17	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi10	9	5168.27	16212.72	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi11	9	5167.99	16212.56	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36

Vi11	10	4585.08	15862.82	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi12	10	4584.80	15862.48	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi12	11	3638.43	14932.02	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi13	11	3638.15	14931.45	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi13	12	2610.76	13756.04	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi14	12	2610.48	13755.25	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi14	13	1219.49	12002.00	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi15	13	1219.21	12001.01	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi15	14	-394.03	9847.40	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi16	14	-394.31	9846.24	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi16	15	-2370.93	7129.54	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi17	15	-2371.21	7128.22	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi17	15.99	-4434.64	4200.24	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi18	15.99	-4434.64	4200.24	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi18	16.25	-5069.40	3358.55	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi19	16.25	-5069.40	3358.55	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi19	17	-7140.43	994.32	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi20	17	-7140.43	994.32	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi20	18	-10495.08	-2172.88	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi21	18	-10495.08	-2172.88	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi21	19	-14047.54	-4564.02	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi22	19	-14047.54	-4564.02	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi22	20	-18619.69	-7499.14	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi23	20	-15112.19	-3277.40	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi23	21	-9921.07	-390.72	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi24	21	-9921.07	-390.72	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi24	22	-5914.78	2037.71	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi25	22	-5914.78	2037.71	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi25	22.5	-4093.68	3446.43	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi26	22.5	-4093.68	3446.43	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi26	23.5	-1276.20	5824.75	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi27	23.5	-1276.20	5824.75	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi27	23.75	-526.45	6565.25	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi28	23.75	-526.45	6565.25	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi28	24.01	170.50	7283.50	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi29	24.01	170.50	7283.50	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi29	24.5	1233.22	8455.66	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi30	24.5	1233.22	8455.66	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi30	25	2378.06	9776.75	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi31	25	2378.06	9776.75	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi31	25.5	3318.04	11150.95	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi32	25.5	3318.04	11150.95	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36



Vi32	26.5	4706.16	13632.62	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi33	26.5	4706.16	13632.62	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi33	27.5	5843.10	15753.63	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi34	27.5	5843.10	15753.63	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi34	28.5	6756.65	17483.74	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi35	28.5	6756.65	17483.74	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi35	29.5	7447.88	18817.64	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi36	29.5	7447.88	18817.64	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi36	30.5	7775.51	19583.05	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi37	30.5	7775.51	19583.05	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi37	31.5	8022.09	20116.69	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi38	31.5	8022.09	20116.69	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi38	32.5	7847.05	20078.85	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi39	32.5	7846.93	20078.75	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi39	33.5	7367.52	19663.08	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi40	33.5	7367.40	19662.79	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi40	34.5	6524.30	18676.41	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi41	34.5	6524.18	18675.92	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi41	35.5	5600.11	17457.84	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi42	35.5	5599.99	17457.15	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi42	36.5	4312.28	15670.30	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi43	36.5	4312.16	15669.42	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi43	37.5	2943.41	13655.65	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi44	37.5	2943.29	13654.58	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi44	38.5	1068.95	10910.00	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi45	38.5	1068.83	10908.76	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi45	39.5	-926.28	7983.23	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi46	39.5	-926.60	7982.01	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi46	40.5	-3419.22	4954.02	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi47	40.5	-3419.79	4952.88	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi47	40.99	-4883.62	3354.28	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi48	40.99	-4883.62	3354.28	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi48	41.25	-5716.19	2497.07	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi49	41.25	-5716.19	2497.07	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi49	41.5	-6592.54	1619.65	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi50	41.5	-6592.54	1619.65	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi50	42.5	-10197.70	-1643.49	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi51	42.5	-10198.89	-1644.29	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi51	43	-11991.75	-2996.25	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi52	43	-11991.75	-2996.25	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi52	44	-16398.35	-6000.34	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi53	44	-16399.98	-6000.25	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36

Vi53	45	-21841.64	-9205.68	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi54	45	-17610.06	-4971.57	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi54	46	-12529.38	-2127.92	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi55	46	-12527.75	-2128.02	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi55	47	-8482.53	514.05	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi56	47	-8481.18	514.31	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi56	47.5	-6586.62	2024.46	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi57	47.5	-6586.62	2024.46	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi57	48.5	-3625.34	4587.16	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi58	48.5	-3624.47	4587.74	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi58	48.75	-2838.54	5374.74	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi59	48.75	-2838.54	5374.74	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi59	49.01	-2100.00	6137.90	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi60	49.01	-2100.00	6137.90	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi60	49.5	-954.64	7389.76	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi61	49.5	-954.64	7389.76	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi61	50	275.93	8789.18	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi62	50	275.93	8789.18	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi62	50.5	1318.14	10226.63	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi63	50.5	1318.14	10226.63	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi63	51.5	2951.79	12790.99	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi64	51.5	2951.91	12791.83	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi64	52.5	4323.35	15005.79	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi65	52.5	4323.47	15006.47	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi65	53.5	5471.82	16828.65	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi66	53.5	5471.94	16829.16	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi66	54.5	6397.95	18254.90	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi67	54.5	6398.07	18255.25	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi67	55.5	6960.48	19112.21	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi68	55.5	6960.60	19112.38	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi68	56.5	7442.02	19737.63	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi69	56.5	7442.14	19737.63	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi69	57.5	7559.97	19792.00	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi70	57.5	7560.08	19791.85	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi70	58.5	7373.59	19468.44	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi71	58.5	7373.56	19468.09	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi71	59.5	6765.32	18573.32	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi72	59.5	6765.29	18572.77	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi72	60.5	6075.97	17446.48	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi73	60.5	6075.95	17445.73	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi73	61.5	5023.11	15751.11	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi74	61.5	5023.09	15750.17	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36



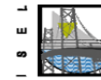
Vi74	62.5	3889.07	13829.16	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi75	62.5	3889.05	13828.03	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi75	63.5	2249.29	11177.01	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi76	63.5	2249.26	11175.70	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi76	64.5	499.49	8332.50	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi77	64.5	499.49	8332.50	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi77	65.5	-1805.75	5444.82	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi78	65.5	-1805.75	5444.82	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi78	65.99	-3186.94	3926.05	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi79	65.99	-3186.94	3926.05	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi79	66.25	-3978.03	3113.71	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi80	66.25	-3978.03	3113.71	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi80	66.5	-4818.19	2282.82	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi81	66.5	-4818.19	2282.82	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi81	67.5	-8279.82	-796.14	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi82	67.5	-8279.82	-796.14	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi82	68	-9999.17	-2046.68	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi83	68	-9999.17	-2046.68	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi83	69	-14367.09	-4836.77	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi84	69	-14367.09	-4836.77	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi84	70	-19731.51	-7859.09	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi85	70	-15038.65	-3880.43	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi85	71	-10824.52	-1340.99	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi86	71	-10824.52	-1340.99	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi86	72	-7159.18	1219.52	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi87	72	-7159.18	1219.52	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi87	73	-4256.67	3878.07	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi88	73	-4256.67	3878.07	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi88	73.75	-2312.88	6115.12	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi89	73.75	-2312.88	6115.12	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi89	74	-1717.24	6912.23	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi90	74	-1717.24	6912.23	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi90	74.01	-1722.22	6912.73	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi91	74.01	-1722.22	6912.73	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi91	75	173.22	9672.76	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi92	75	173.22	9672.76	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi92	76	1980.59	12221.06	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi93	76	1980.59	12221.06	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi93	77	3424.45	14206.35	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi94	77	3424.45	14206.35	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi94	78	4645.95	15790.95	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi95	78	4645.95	15790.95	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36

Vi95	79	5504.01	16797.49	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi96	79	5504.01	16797.49	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi96	80	6281.11	17558.72	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi97	80	6281.11	17558.72	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi97	81	6694.71	17739.40	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi98	81	6694.71	17739.40	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi98	82	7027.28	17705.32	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi99	82	7027.28	17705.32	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi99	82.5	7004.34	17400.87	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi100	82.5	7004.34	17400.87	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi100	83	7007.24	17088.06	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi101	83	7007.24	17088.06	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi101	84	6699.63	15960.97	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi102	84	6699.63	15960.97	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi102	85	6115.51	14333.60	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi103	85	6115.51	14333.60	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi103	86	5395.80	12385.80	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi104	86	5395.80	12385.80	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi104	87	4399.41	9987.26	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi105	87	4399.41	9987.26	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi105	88	3126.34	7081.14	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi106	88	3126.34	7081.14	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi106	89	1850.92	3995.50	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi107	89	1850.92	3995.50	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36
Vi107	90	0.00	0.00	3.5	2.5	98.20	78.56	4271.70	3417.36

	y (m)	x (m)	ds (m)	Zs (m)
M -	0.30	0.38	1.45	1.30
M +	0.21	0.26	1.45	1.35

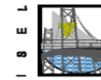
x (m)	dp (m) M ⁻	dp (m) M ⁺	Zp (m) M ⁻	Zp (m) M ⁺	Fp (kN) M ⁻	Fp (kN) M ⁺	M _{Rd} (kN.m) M ⁻	M _{Rd} (kN.m) M ⁺
0	0.94	0.56	0.79	0.46	14896.00	14896.00	-17321.05	11374.03
1	0.74	0.76	0.59	0.65	14896.00	14896.00	-14391.01	14304.07
1	0.74	0.76	0.59	0.65	14896.00	14896.00	-14391.01	14304.07
2	0.57	0.93	0.42	0.82	14896.00	14896.00	-11878.05	16817.03
2	0.57	0.93	0.42	0.82	14896.00	14896.00	-11878.05	16817.03
3	0.43	1.07	0.28	0.96	14896.00	14896.00	-9782.18	18912.89
3	0.43	1.07	0.28	0.96	14896.00	14896.00	-9782.18	18912.89
4	0.32	1.18	0.17	1.07	13083.92	14896.00	-7793.18	20591.67
4	0.32	1.18	0.17	1.07	13083.92	14896.00	-7793.18	20591.67
5	0.24	1.26	0.09	1.16	11443.72	14896.00	-6543.09	21853.37
5	0.24	1.26	0.09	1.16	11443.72	14896.00	-6543.09	21853.37
6	0.18	1.32	0.03	1.22	10345.73	14896.00	-5861.51	22697.97
6	0.18	1.32	0.03	1.22	10345.73	14896.00	-5861.51	22697.97
7	0.15	1.35	0.00	1.24	9789.96	14896.00	-5563.98	23125.48
7	0.15	1.35	0.00	1.24	9789.96	14896.00	-5563.98	23125.48
7.5	0.15	1.35	0.00	1.25	9715.41	14896.00	-5526.49	23182.83
7.5	0.15	1.35	0.00	1.25	9715.41	14896.00	-5526.49	23182.83
8	0.15	1.35	0.00	1.24	9859.43	14896.00	-5599.43	23072.04
8	0.15	1.35	0.00	1.24	9859.43	14896.00	-5599.43	23072.04
9	0.18	1.32	0.03	1.22	10275.78	14896.00	-5822.31	22751.78
9	0.18	1.32	0.03	1.22	10275.78	14896.00	-5822.31	22751.78
10	0.22	1.28	0.07	1.18	11118.15	14896.00	-6328.01	22103.80
10	0.22	1.28	0.07	1.18	11118.15	14896.00	-6328.01	22103.80
11	0.29	1.21	0.14	1.11	12386.54	14896.00	-7227.72	21128.12
11	0.29	1.21	0.14	1.11	12386.54	14896.00	-7227.72	21128.12
12	0.37	1.13	0.22	1.02	14080.96	14896.00	-8688.86	19824.72
12	0.37	1.13	0.22	1.02	14080.96	14896.00	-8688.86	19824.72
13	0.48	1.02	0.33	0.91	14896.00	14896.00	-10501.48	18193.60
13	0.48	1.02	0.33	0.91	14896.00	14896.00	-10501.48	18193.60
14	0.61	0.89	0.46	0.78	14896.00	14896.00	-12460.30	16234.78
14	0.61	0.89	0.46	0.78	14896.00	14896.00	-12460.30	16234.78
15	0.77	0.73	0.62	0.63	14896.00	14896.00	-14746.84	13948.24
15	0.77	0.73	0.62	0.63	14896.00	14896.00	-14746.84	13948.24
15.99	0.94	0.56	0.79	0.46	14896.00	14896.00	-17308.78	11386.30
15.99	0.94	0.56	0.79	0.46	14896.00	14896.00	-17308.78	11386.30
16.25	0.99	0.51	0.84	0.41	14896.00	14896.00	-18065.85	10629.23
16.25	0.99	0.51	0.84	0.41	14896.00	14896.00	-18065.85	10629.23
17	1.12	0.38	0.97	0.28	14896.00	14896.00	-19996.37	8698.71
17	1.12	0.38	0.97	0.28	14896.00	14896.00	-19996.37	8698.71
18	1.25	0.25	1.10	0.15	14896.00	13846.34	-21903.06	6637.30

18	1.25	0.25	1.10	0.15	14896.00	13846.34	-21903.06	6637.30
19	1.32	0.18	1.17	0.07	14896.00	11721.74	-23047.07	5423.90
19	1.32	0.18	1.17	0.07	14896.00	11721.74	-23047.07	5423.90
20	1.35	0.15	1.20	0.05	14896.00	11013.54	-23428.41	5091.96
20	1.35	0.15	1.20	0.05	14896.00	11013.54	-23428.41	5091.96
21	1.32	0.18	1.17	0.07	14896.00	11721.74	-23047.07	5423.90
21	1.32	0.18	1.17	0.07	14896.00	11721.74	-23047.07	5423.90
22	1.25	0.25	1.10	0.15	14896.00	13846.34	-21903.06	6637.30
22	1.25	0.25	1.10	0.15	14896.00	13846.34	-21903.06	6637.30
22.5	1.19	0.31	1.04	0.21	14896.00	14896.00	-21045.05	7650.03
22.5	1.19	0.31	1.04	0.21	14896.00	14896.00	-21045.05	7650.03
23.5	1.04	0.46	0.89	0.36	14896.00	14896.00	-18757.02	9938.05
23.5	1.04	0.46	0.89	0.36	14896.00	14896.00	-18757.02	9938.05
23.75	0.99	0.51	0.84	0.41	14896.00	14896.00	-18065.85	10629.23
23.75	0.99	0.51	0.84	0.41	14896.00	14896.00	-18065.85	10629.23
24.01	0.94	0.56	0.79	0.46	14896.00	14896.00	-17296.46	11398.62
24.01	0.94	0.56	0.79	0.46	14896.00	14896.00	-17296.46	11398.62
24.5	0.86	0.64	0.71	0.53	14896.00	14896.00	-16132.16	12562.92
24.5	0.86	0.64	0.71	0.53	14896.00	14896.00	-16132.16	12562.92
25	0.77	0.73	0.62	0.62	14896.00	14896.00	-14858.56	13836.52
25	0.77	0.73	0.62	0.62	14896.00	14896.00	-14858.56	13836.52
25.5	0.69	0.81	0.54	0.70	14896.00	14896.00	-13666.88	15028.20
25.5	0.69	0.81	0.54	0.70	14896.00	14896.00	-13666.88	15028.20
26.5	0.55	0.95	0.40	0.84	14896.00	14896.00	-11529.30	17165.78
26.5	0.55	0.95	0.40	0.84	14896.00	14896.00	-11529.30	17165.78
27.5	0.43	1.07	0.28	0.97	14896.00	14896.00	-9719.43	18975.64
27.5	0.43	1.07	0.28	0.97	14896.00	14896.00	-9719.43	18975.64
28.5	0.33	1.17	0.18	1.06	13257.96	14896.00	-7942.13	20457.80
28.5	0.33	1.17	0.18	1.06	13257.96	14896.00	-7942.13	20457.80
29.5	0.25	1.25	0.10	1.14	11757.19	14896.00	-6760.53	21612.24
29.5	0.25	1.25	0.10	1.14	11757.19	14896.00	-6760.53	21612.24
30.5	0.20	1.30	0.05	1.20	10682.44	14896.00	-6057.29	22438.96
30.5	0.20	1.30	0.05	1.20	10682.44	14896.00	-6057.29	22438.96
31.5	0.16	1.34	0.01	1.23	10033.72	14896.00	-5690.55	22937.98
31.5	0.16	1.34	0.01	1.23	10033.72	14896.00	-5690.55	22937.98
32.5	0.15	1.35	0.00	1.24	9811.02	14896.00	-5574.67	23109.28
32.5	0.15	1.35	0.00	1.24	9811.02	14896.00	-5574.67	23109.28
33.5	0.16	1.34	0.01	1.23	10014.35	14896.00	-5680.27	22952.88
33.5	0.16	1.34	0.01	1.23	10014.35	14896.00	-5680.27	22952.88
34.5	0.20	1.30	0.05	1.20	10643.71	14896.00	-6034.17	22468.76
34.5	0.20	1.30	0.05	1.20	10643.71	14896.00	-6034.17	22468.76
35.5	0.25	1.25	0.10	1.15	11699.09	14896.00	-6719.46	21656.92



35.5	0.25	1.25	0.10	1.15	11699.09	14896.00	-6719.46	21656.92
36.5	0.33	1.17	0.18	1.07	13180.50	14896.00	-7875.45	20517.38
36.5	0.33	1.17	0.18	1.07	13180.50	14896.00	-7875.45	20517.38
37.5	0.42	1.08	0.27	0.97	14896.00	14896.00	-9644.96	19050.12
37.5	0.42	1.08	0.27	0.97	14896.00	14896.00	-9644.96	19050.12
38.5	0.55	0.95	0.40	0.85	14896.00	14896.00	-11439.92	17255.16
38.5	0.55	0.95	0.40	0.85	14896.00	14896.00	-11439.92	17255.16
39.5	0.69	0.81	0.54	0.71	14896.00	14896.00	-13562.60	15132.48
39.5	0.69	0.81	0.54	0.71	14896.00	14896.00	-13562.60	15132.48
40.5	0.85	0.65	0.70	0.54	14896.00	14896.00	-16013.00	12682.08
40.5	0.85	0.65	0.70	0.54	14896.00	14896.00	-16013.00	12682.08
40.99	0.94	0.56	0.79	0.46	14896.00	14896.00	-17308.78	11386.30
40.99	0.94	0.56	0.79	0.46	14896.00	14896.00	-17308.78	11386.30
41.25	0.99	0.51	0.84	0.41	14896.00	14896.00	-18065.85	10629.23
41.25	0.99	0.51	0.84	0.41	14896.00	14896.00	-18065.85	10629.23
41.5	1.04	0.46	0.89	0.36	14896.00	14896.00	-18757.02	9938.05
41.5	1.04	0.46	0.89	0.36	14896.00	14896.00	-18757.02	9938.05
42.5	1.19	0.31	1.04	0.21	14896.00	14896.00	-21045.05	7650.03
42.5	1.19	0.31	1.04	0.21	14896.00	14896.00	-21045.05	7650.03
43	1.25	0.25	1.10	0.15	14896.00	13846.34	-21903.06	6637.30
43	1.25	0.25	1.10	0.15	14896.00	13846.34	-21903.06	6637.30
44	1.32	0.18	1.17	0.07	14896.00	11721.74	-23047.07	5423.90
44	1.32	0.18	1.17	0.07	14896.00	11721.74	-23047.07	5423.90
45	1.35	0.15	1.20	0.05	14896.00	11013.54	-23428.41	5091.96
45	1.35	0.15	1.20	0.05	14896.00	11013.54	-23428.41	5091.96
46	1.32	0.18	1.17	0.07	14896.00	11721.74	-23047.07	5423.90
46	1.32	0.18	1.17	0.07	14896.00	11721.74	-23047.07	5423.90
47	1.25	0.25	1.10	0.15	14896.00	13846.34	-21903.06	6637.30
47	1.25	0.25	1.10	0.15	14896.00	13846.34	-21903.06	6637.30
47.5	1.19	0.31	1.04	0.21	14896.00	14896.00	-21045.05	7650.03
47.5	1.19	0.31	1.04	0.21	14896.00	14896.00	-21045.05	7650.03
48.5	1.04	0.46	0.89	0.36	14896.00	14896.00	-18757.02	9938.05
48.5	1.04	0.46	0.89	0.36	14896.00	14896.00	-18757.02	9938.05
48.75	0.99	0.51	0.84	0.41	14896.00	14896.00	-18065.85	10629.23
48.75	0.99	0.51	0.84	0.41	14896.00	14896.00	-18065.85	10629.23
49.01	0.94	0.56	0.79	0.46	14896.00	14896.00	-17296.46	11398.62
49.01	0.94	0.56	0.79	0.46	14896.00	14896.00	-17296.46	11398.62
49.5	0.86	0.64	0.71	0.53	14896.00	14896.00	-16132.16	12562.92
49.5	0.86	0.64	0.71	0.53	14896.00	14896.00	-16132.16	12562.92
50	0.77	0.73	0.62	0.62	14896.00	14896.00	-14858.56	13836.52
50	0.77	0.73	0.62	0.62	14896.00	14896.00	-14858.56	13836.52
50.5	0.69	0.81	0.54	0.70	14896.00	14896.00	-13666.88	15028.20

50.5	0.69	0.81	0.54	0.70	14896.00	14896.00	-13666.88	15028.20
51.5	0.55	0.95	0.40	0.84	14896.00	14896.00	-11529.30	17165.78
51.5	0.55	0.95	0.40	0.84	14896.00	14896.00	-11529.30	17165.78
52.5	0.43	1.07	0.28	0.97	14896.00	14896.00	-9719.43	18975.64
52.5	0.43	1.07	0.28	0.97	14896.00	14896.00	-9719.43	18975.64
53.5	0.33	1.17	0.18	1.06	13257.96	14896.00	-7942.13	20457.80
53.5	0.33	1.17	0.18	1.06	13257.96	14896.00	-7942.13	20457.80
54.5	0.25	1.25	0.10	1.14	11757.19	14896.00	-6760.53	21612.24
54.5	0.25	1.25	0.10	1.14	11757.19	14896.00	-6760.53	21612.24
55.5	0.20	1.30	0.05	1.20	10682.44	14896.00	-6057.29	22438.96
55.5	0.20	1.30	0.05	1.20	10682.44	14896.00	-6057.29	22438.96
56.5	0.16	1.34	0.01	1.23	10033.72	14896.00	-5690.55	22937.98
56.5	0.16	1.34	0.01	1.23	10033.72	14896.00	-5690.55	22937.98
57.5	0.15	1.35	0.00	1.24	9811.02	14896.00	-5574.67	23109.28
57.5	0.15	1.35	0.00	1.24	9811.02	14896.00	-5574.67	23109.28
58.5	0.16	1.34	0.01	1.23	10014.35	14896.00	-5680.27	22952.88
58.5	0.16	1.34	0.01	1.23	10014.35	14896.00	-5680.27	22952.88
59.5	0.20	1.30	0.05	1.20	10643.71	14896.00	-6034.17	22468.76
59.5	0.20	1.30	0.05	1.20	10643.71	14896.00	-6034.17	22468.76
60.5	0.25	1.25	0.10	1.15	11699.09	14896.00	-6719.46	21656.92
60.5	0.25	1.25	0.10	1.15	11699.09	14896.00	-6719.46	21656.92
61.5	0.33	1.17	0.18	1.07	13180.50	14896.00	-7875.45	20517.38
61.5	0.33	1.17	0.18	1.07	13180.50	14896.00	-7875.45	20517.38
62.5	0.42	1.08	0.27	0.97	14896.00	14896.00	-9644.96	19050.12
62.5	0.42	1.08	0.27	0.97	14896.00	14896.00	-9644.96	19050.12
63.5	0.55	0.95	0.40	0.85	14896.00	14896.00	-11439.92	17255.16
63.5	0.55	0.95	0.40	0.85	14896.00	14896.00	-11439.92	17255.16
64.5	0.69	0.81	0.54	0.71	14896.00	14896.00	-13562.60	15132.48
64.5	0.69	0.81	0.54	0.71	14896.00	14896.00	-13562.60	15132.48
65.5	0.85	0.65	0.70	0.54	14896.00	14896.00	-16013.00	12682.08
65.5	0.85	0.65	0.70	0.54	14896.00	14896.00	-16013.00	12682.08
65.99	0.94	0.56	0.79	0.46	14896.00	14896.00	-17308.78	11386.30
65.99	0.94	0.56	0.79	0.46	14896.00	14896.00	-17308.78	11386.30
66.25	0.99	0.51	0.84	0.41	14896.00	14896.00	-18065.85	10629.23
66.25	0.99	0.51	0.84	0.41	14896.00	14896.00	-18065.85	10629.23
66.5	1.04	0.46	0.89	0.36	14896.00	14896.00	-18757.02	9938.05
66.5	1.04	0.46	0.89	0.36	14896.00	14896.00	-18757.02	9938.05
67.5	1.19	0.31	1.04	0.21	14896.00	14896.00	-21045.05	7650.03
67.5	1.19	0.31	1.04	0.21	14896.00	14896.00	-21045.05	7650.03
68	1.25	0.25	1.10	0.15	14896.00	13846.34	-21903.06	6637.30
68	1.25	0.25	1.10	0.15	14896.00	13846.34	-21903.06	6637.30
69	1.32	0.18	1.17	0.07	14896.00	11721.74	-23047.07	5423.90



69	1.32	0.18	1.17	0.07	14896.00	11721.74	-23047.07	5423.90
70	1.35	0.15	1.20	0.05	14896.00	11013.54	-23428.41	5091.96
70	1.35	0.15	1.20	0.05	14896.00	11013.54	-23428.41	5091.96
71	1.32	0.18	1.17	0.07	14896.00	11721.74	-23047.07	5423.90
71	1.32	0.18	1.17	0.07	14896.00	11721.74	-23047.07	5423.90
72	1.25	0.25	1.10	0.15	14896.00	13846.34	-21903.06	6637.30
72	1.25	0.25	1.10	0.15	14896.00	13846.34	-21903.06	6637.30
73	1.12	0.38	0.97	0.28	14896.00	14896.00	-19996.37	8698.71
73	1.12	0.38	0.97	0.28	14896.00	14896.00	-19996.37	8698.71
73.75	0.99	0.51	0.84	0.41	14896.00	14896.00	-18065.85	10629.23
73.75	0.99	0.51	0.84	0.41	14896.00	14896.00	-18065.85	10629.23
74	0.94	0.56	0.79	0.46	14896.00	14896.00	-17315.09	11379.99
74	0.94	0.56	0.79	0.46	14896.00	14896.00	-17315.09	11379.99
74.01	0.94	0.56	0.79	0.46	14896.00	14896.00	-17296.46	11398.62
74.01	0.94	0.56	0.79	0.46	14896.00	14896.00	-17296.46	11398.62
75	0.77	0.73	0.62	0.63	14896.00	14896.00	-14746.84	13948.24
75	0.77	0.73	0.62	0.63	14896.00	14896.00	-14746.84	13948.24
76	0.61	0.89	0.46	0.78	14896.00	14896.00	-12460.30	16234.78
76	0.61	0.89	0.46	0.78	14896.00	14896.00	-12460.30	16234.78
77	0.48	1.02	0.33	0.91	14896.00	14896.00	-10501.48	18193.60
77	0.48	1.02	0.33	0.91	14896.00	14896.00	-10501.48	18193.60
78	0.37	1.13	0.22	1.02	14080.96	14896.00	-8688.86	19824.72
78	0.37	1.13	0.22	1.02	14080.96	14896.00	-8688.86	19824.72
79	0.29	1.21	0.14	1.11	12386.54	14896.00	-7227.72	21128.12
79	0.29	1.21	0.14	1.11	12386.54	14896.00	-7227.72	21128.12
80	0.22	1.28	0.07	1.18	11118.15	14896.00	-6328.01	22103.80
80	0.22	1.28	0.07	1.18	11118.15	14896.00	-6328.01	22103.80
81	0.18	1.32	0.03	1.22	10275.78	14896.00	-5822.31	22751.78
81	0.18	1.32	0.03	1.22	10275.78	14896.00	-5822.31	22751.78
82	0.15	1.35	0.00	1.24	9859.43	14896.00	-5599.43	23072.04
82	0.15	1.35	0.00	1.24	9859.43	14896.00	-5599.43	23072.04
82.5	0.15	1.35	0.00	1.24	9811.02	14896.00	-5574.67	23109.28
82.5	0.15	1.35	0.00	1.24	9811.02	14896.00	-5574.67	23109.28
83	0.15	1.35	0.00	1.24	9789.96	14896.00	-5563.98	23125.48
83	0.15	1.35	0.00	1.24	9789.96	14896.00	-5563.98	23125.48
84	0.18	1.32	0.03	1.22	10345.73	14896.00	-5861.51	22697.97
84	0.18	1.32	0.03	1.22	10345.73	14896.00	-5861.51	22697.97
85	0.24	1.26	0.09	1.16	11443.72	14896.00	-6543.09	21853.37
85	0.24	1.26	0.09	1.16	11443.72	14896.00	-6543.09	21853.37
86	0.32	1.18	0.17	1.07	13083.92	14896.00	-7793.18	20591.67
86	0.32	1.18	0.17	1.07	13083.92	14896.00	-7793.18	20591.67
87	0.43	1.07	0.28	0.96	14896.00	14896.00	-9782.18	18912.89

87	0.43	1.07	0.28	0.96	14896.00	14896.00	-9782.18	18912.89
88	0.57	0.93	0.42	0.82	14896.00	14896.00	-11878.05	16817.03
88	0.57	0.93	0.42	0.82	14896.00	14896.00	-11878.05	16817.03
89	0.74	0.76	0.59	0.65	14896.00	14896.00	-14391.01	14304.07
89	0.74	0.76	0.59	0.65	14896.00	14896.00	-14391.01	14304.07
90	0.94	0.56	0.79	0.46	14896.00	14896.00	-17321.05	11374.03

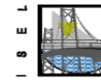
Anexo 7B - E.L. Último de Flexão (Longo Prazo)

		Comb. Fundamental (Longo Prazo)			
Elem. Nº	x (m)	M _{Ed} Mín. (kN·m)	M _{Ed} Máx. (kN·m)	M _{Rd} (kN.m) M ⁻	M _{Rd} (kN.m) M ⁺
Vi1	0	0.00	0.00	-17321.05	11374.03
Vi1	1	1608.05	3736.51	-14391.01	14304.07
Vi2	1	1608.05	3736.51	-14391.01	14304.07
Vi2	2	2950.06	6933.22	-11878.05	16817.03
Vi3	2	2694.87	6628.55	-11878.05	16817.03
Vi3	3	3777.76	9338.59	-9782.18	18912.89
Vi4	3	3777.48	9339.62	-9782.18	18912.89
Vi4	4	4611.18	11575.20	-7793.18	20591.67
Vi5	4	4610.90	11576.05	-7793.18	20591.67
Vi5	5	5194.54	13394.40	-6543.09	21853.37
Vi6	5	5194.54	13394.40	-6543.09	21853.37
Vi6	6	5528.37	14755.12	-5861.51	22697.97
Vi7	6	5528.37	14755.12	-5861.51	22697.97
Vi7	7	5612.46	15647.85	-5563.98	23125.48
Vi8	7	5612.46	15647.85	-5563.98	23125.48
Vi8	7.5	5560.52	15919.32	-5526.49	23182.83
Vi9	7.5	5560.52	15919.32	-5526.49	23182.83
Vi9	8	5382.00	15999.07	-5599.43	23072.04
Vi10	8	5382.00	15999.07	-5599.43	23072.04
Vi10	9	4961.86	15962.82	-5822.31	22751.78
Vi11	9	4961.58	15962.66	-5822.31	22751.78
Vi11	10	4289.94	15507.51	-6328.01	22103.80
Vi12	10	4289.66	15507.16	-6328.01	22103.80
Vi12	11	3366.34	14605.68	-7227.72	21128.12
Vi13	11	3366.06	14605.11	-7227.72	21128.12
Vi13	12	2190.98	13254.07	-8688.86	19824.72
Vi14	12	2190.70	13253.28	-8688.86	19824.72
Vi14	13	763.81	11458.79	-10501.48	18193.60
Vi15	13	763.53	11457.80	-10501.48	18193.60
Vi15	14	-915.09	9227.84	-12460.30	16234.78
Vi16	14	-915.37	9226.68	-12460.30	16234.78
Vi16	15	-2845.58	6568.04	-14746.84	13948.24
Vi17	15	-2845.87	6566.71	-14746.84	13948.24
Vi17	15.99	-5006.82	3524.30	-17308.78	11386.30

Vi18	15.99	-5006.82	3524.30	-17308.78	11386.30
Vi18	16.25	-5642.27	2682.51	-18065.85	10629.23
Vi19	16.25	-5642.27	2682.51	-18065.85	10629.23
Vi19	17	-7743.68	284.01	-19996.37	8698.71
Vi20	17	-7743.68	284.01	-19996.37	8698.71
Vi20	18	-11117.03	-2903.52	-21903.06	6637.30
Vi21	18	-10862.13	-2597.64	-21903.06	6637.30
Vi21	19	-14843.77	-5500.39	-23047.07	5423.90
Vi22	19	-14843.77	-5500.39	-23047.07	5423.90
Vi22	20	-19405.82	-8419.71	-23428.41	5091.96
Vi23	20	-14818.66	-3074.36	-23428.41	5091.96
Vi23	21	-9881.39	-489.27	-23047.07	5423.90
Vi24	21	-9881.39	-489.27	-23047.07	5423.90
Vi24	22	-5783.81	2051.99	-21903.06	6637.30
Vi25	22	-5783.81	2051.99	-21903.06	6637.30
Vi25	22.5	-3999.54	3418.28	-21045.05	7650.03
Vi26	22.5	-4254.45	3112.40	-21045.05	7650.03
Vi26	23.5	-1112.46	5884.65	-18757.02	9938.05
Vi27	23.5	-1112.46	5884.65	-18757.02	9938.05
Vi27	23.75	-415.55	6562.72	-18065.85	10629.23
Vi28	23.75	-415.55	6562.72	-18065.85	10629.23
Vi28	24.01	299.14	7303.30	-17296.46	11398.62
Vi29	24.01	299.14	7303.30	-17296.46	11398.62
Vi29	24.5	1346.05	8458.50	-16132.16	12562.92
Vi30	24.5	1346.05	8458.50	-16132.16	12562.92
Vi30	25	2421.96	9698.96	-14858.56	13836.52
Vi31	25	2421.96	9698.96	-14858.56	13836.52
Vi31	25.5	3356.26	11068.52	-13666.88	15028.20
Vi32	25.5	3356.26	11068.52	-13666.88	15028.20
Vi32	26.5	4781.54	13599.32	-11529.30	17165.78
Vi33	26.5	4781.54	13599.32	-11529.30	17165.78
Vi33	27.5	5926.17	15734.35	-9719.43	18975.64
Vi34	27.5	5926.17	15734.35	-9719.43	18975.64
Vi34	28.5	6817.94	17443.37	-7942.13	20457.80
Vi35	28.5	6817.94	17443.37	-7942.13	20457.80
Vi35	29.5	7457.90	18721.07	-6760.53	21612.24
Vi36	29.5	7457.90	18721.07	-6760.53	21612.24
Vi36	30.5	7846.04	19564.68	-6057.29	22438.96
Vi37	30.5	7846.04	19564.68	-6057.29	22438.96
Vi37	31.5	7982.41	19971.90	-5690.55	22937.98
Vi38	31.5	7982.41	19971.90	-5690.55	22937.98
Vi38	32.5	7808.94	19942.04	-5574.67	23109.28

Vi39	32.5	7808.82	19941.94	-5574.67	23109.28
Vi39	33.5	7301.50	19499.13	-5680.27	22952.88
Vi40	33.5	7301.39	19498.85	-5680.27	22952.88
Vi40	34.5	6542.16	18619.74	-6034.17	22468.76
Vi41	34.5	6542.04	18619.25	-6034.17	22468.76
Vi41	35.5	5531.10	17303.81	-6719.46	21656.92
Vi42	35.5	5530.98	17303.12	-6719.46	21656.92
Vi42	36.5	4268.20	15553.32	-7875.45	20517.38
Vi43	36.5	4268.08	15552.44	-7875.45	20517.38
Vi43	37.5	2753.52	13371.09	-9644.96	19050.12
Vi44	37.5	2753.40	13370.02	-9644.96	19050.12
Vi44	38.5	986.29	10761.79	-11439.92	17255.16
Vi45	38.5	986.17	10760.54	-11439.92	17255.16
Vi45	39.5	-1072.44	7766.73	-13562.60	15132.48
Vi46	39.5	-1072.77	7765.51	-13562.60	15132.48
Vi46	40.5	-3658.37	4634.13	-16013.00	12682.08
Vi47	40.5	-3658.94	4632.99	-16013.00	12682.08
Vi47	40.99	-5118.36	3043.78	-17308.78	11386.30
Vi48	40.99	-5118.36	3043.78	-17308.78	11386.30
Vi48	41.25	-5947.30	2193.13	-18065.85	10629.23
Vi49	41.25	-5947.30	2193.13	-18065.85	10629.23
Vi49	41.5	-6780.57	1369.54	-18757.02	9938.05
Vi50	41.5	-6780.57	1369.54	-18757.02	9938.05
Vi50	42.5	-10464.76	-1980.48	-21045.05	7650.03
Vi51	42.5	-10211.05	-1675.39	-21045.05	7650.03
Vi51	43	-12269.03	-3341.03	-21903.06	6637.30
Vi52	43	-12269.03	-3341.03	-21903.06	6637.30
Vi52	44	-16805.79	-6492.15	-23047.07	5423.90
Vi53	44	-16807.43	-6492.06	-23047.07	5423.90
Vi53	45	-22222.50	-9656.13	-23428.41	5091.96
Vi54	45	-17963.37	-5402.19	-23428.41	5091.96
Vi54	46	-12903.68	-2594.12	-23047.07	5423.90
Vi55	46	-12902.05	-2594.21	-23047.07	5423.90
Vi55	47	-8721.07	200.68	-21903.06	6637.30
Vi56	47	-8719.72	200.94	-21903.06	6637.30
Vi56	47.5	-6839.75	1688.64	-21045.05	7650.03
Vi57	47.5	-7094.65	1382.76	-21045.05	7650.03
Vi57	48.5	-3766.93	4376.54	-18757.02	9938.05
Vi58	48.5	-3766.05	4377.13	-18757.02	9938.05
Vi58	48.75	-3021.82	5111.72	-18065.85	10629.23
Vi59	48.75	-3021.82	5111.72	-18065.85	10629.23
Vi59	49.01	-2253.94	5907.65	-17296.46	11398.62

Vi60	49.01	-2253.94	5907.65	-17296.46	11398.62
Vi60	49.5	-1102.52	7162.22	-16132.16	12562.92
Vi61	49.5	-1102.52	7162.22	-16132.16	12562.92
Vi61	50	81.41	8501.09	-14858.56	13836.52
Vi62	50	81.41	8501.09	-14858.56	13836.52
Vi62	50.5	1140.24	9953.97	-13666.88	15028.20
Vi63	50.5	1140.24	9953.97	-13666.88	15028.20
Vi63	51.5	2855.65	12607.62	-11529.30	17165.78
Vi64	51.5	2855.78	12608.46	-11529.30	17165.78
Vi64	52.5	4279.51	14876.59	-9719.43	18975.64
Vi65	52.5	4279.63	14877.27	-9719.43	18975.64
Vi65	53.5	5450.79	16718.51	-7942.13	20457.80
Vi66	53.5	5450.91	16719.02	-7942.13	20457.80
Vi66	54.5	6370.26	18128.72	-6760.53	21612.24
Vi67	54.5	6370.38	18129.06	-6760.53	21612.24
Vi67	55.5	7037.91	19104.37	-6057.29	22438.96
Vi68	55.5	7038.03	19104.54	-6057.29	22438.96
Vi68	56.5	7453.84	19643.52	-5690.55	22937.98
Vi69	56.5	7453.95	19643.53	-5690.55	22937.98
Vi69	57.5	7617.95	19746.02	-5574.67	23109.28
Vi70	57.5	7618.07	19745.87	-5574.67	23109.28
Vi70	58.5	7448.27	19435.48	-5680.27	22952.88
Vi71	58.5	7448.25	19435.13	-5680.27	22952.88
Vi71	59.5	6968.47	18687.78	-6034.17	22468.76
Vi72	59.5	6968.45	18687.23	-6034.17	22468.76
Vi72	60.5	6236.87	17503.74	-6719.46	21656.92
Vi73	60.5	6236.85	17502.99	-6719.46	21656.92
Vi73	61.5	5253.53	15885.56	-7875.45	20517.38
Vi74	61.5	5253.51	15884.62	-7875.45	20517.38
Vi74	62.5	4018.29	13836.19	-9644.96	19050.12
Vi75	62.5	4018.26	13835.06	-9644.96	19050.12
Vi75	63.5	2530.33	11360.53	-11439.92	17255.16
Vi76	63.5	2530.31	11359.22	-11439.92	17255.16
Vi76	64.5	761.63	8487.89	-13562.60	15132.48
Vi77	64.5	761.63	8487.89	-13562.60	15132.48
Vi77	65.5	-1591.98	5536.97	-16013.00	12682.08
Vi78	65.5	-1591.98	5536.97	-16013.00	12682.08
Vi78	65.99	-2946.91	4047.26	-17308.78	11386.30
Vi79	65.99	-2946.91	4047.26	-17308.78	11386.30
Vi79	66.25	-3722.77	3251.92	-18065.85	10629.23
Vi80	66.25	-3722.77	3251.92	-18065.85	10629.23
Vi80	66.5	-4508.71	2484.90	-18757.02	9938.05



Vi81	66.5	-4508.71	2484.90	-18757.02	9938.05
Vi81	67.5	-8004.60	-641.13	-21045.05	7650.03
Vi82	67.5	-7749.69	-335.25	-21045.05	7650.03
Vi82	68	-9711.93	-1879.46	-21903.06	6637.30
Vi83	68	-9711.93	-1879.46	-21903.06	6637.30
Vi83	69	-14165.54	-4776.61	-23047.07	5423.90
Vi84	69	-14165.54	-4776.61	-23047.07	5423.90
Vi84	70	-19458.89	-7717.58	-23428.41	5091.96
Vi85	70	-15808.87	-4824.43	-23428.41	5091.96
Vi85	71	-11426.68	-2084.88	-23047.07	5423.90
Vi86	71	-11426.68	-2084.88	-23047.07	5423.90
Vi86	72	-7624.90	638.08	-21903.06	6637.30
Vi87	72	-7879.80	332.20	-21903.06	6637.30
Vi87	73	-4688.82	3337.45	-19996.37	8698.71
Vi88	73	-4688.82	3337.45	-19996.37	8698.71
Vi88	73.75	-2722.21	5601.28	-18065.85	10629.23
Vi89	73.75	-2722.21	5601.28	-18065.85	10629.23
Vi89	74	-2126.04	6398.84	-17315.09	11379.99
Vi90	74	-2126.04	6398.84	-17315.09	11379.99
Vi90	74.01	-2101.94	6434.23	-17296.46	11398.62
Vi91	74.01	-2101.94	6434.23	-17296.46	11398.62
Vi91	75	-150.48	9260.96	-14746.84	13948.24
Vi92	75	-150.48	9260.96	-14746.84	13948.24
Vi92	76	1600.41	11741.21	-12460.30	16234.78
Vi93	76	1600.41	11741.21	-12460.30	16234.78
Vi93	77	3099.57	13792.84	-10501.48	18193.60
Vi94	77	3099.57	13792.84	-10501.48	18193.60
Vi94	78	4346.89	15408.69	-8688.86	19824.72
Vi95	78	4346.89	15408.69	-8688.86	19824.72
Vi95	79	5342.56	16580.87	-7227.72	21128.12
Vi96	79	5342.56	16580.87	-7227.72	21128.12
Vi96	80	6086.53	17303.12	-6328.01	22103.80
Vi97	80	6086.53	17303.12	-6328.01	22103.80
Vi97	81	6578.79	17579.22	-5822.31	22751.78
Vi98	81	6578.79	17579.22	-5822.31	22751.78
Vi98	82	6819.28	17435.94	-5599.43	23072.04
Vi99	82	6819.28	17435.94	-5599.43	23072.04
Vi99	82.5	6845.19	17190.86	-5574.67	23109.28
Vi100	82.5	6845.19	17190.86	-5574.67	23109.28
Vi100	83	6869.98	16905.12	-5563.98	23125.48
Vi101	83	6869.98	16905.12	-5563.98	23125.48
Vi101	84	6606.36	15832.63	-5861.51	22697.97

Vi102	84	6606.36	15832.63	-5861.51	22697.97
Vi102	85	6093.03	14292.30	-6543.09	21853.37
Vi103	85	6093.03	14292.30	-6543.09	21853.37
Vi103	86	5329.70	12294.48	-7793.18	20591.67
Vi104	86	5329.70	12294.48	-7793.18	20591.67
Vi104	87	4317.76	9879.52	-9782.18	18912.89
Vi105	87	4317.76	9879.52	-9782.18	18912.89
Vi105	88	3054.32	6987.93	-11878.05	16817.03
Vi106	88	3309.43	7294.07	-11878.05	16817.03
Vi106	89	1787.88	3916.31	-14391.01	14304.07
Vi107	89	1787.88	3916.31	-14391.01	14304.07
Vi107	90	0.00	0.00	-17321.05	11374.03

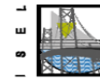
Anexo 8 – E.L. Último de Esforço Transverso

$$\begin{aligned}
 f_{yd} &= 435.00 \text{ MPa} \\
 \tau_1 &= 0.90 \text{ MPa} \\
 \tau_2 &= 7.00 \text{ MPa} \\
 d &= 1.47 \text{ m}
 \end{aligned}$$

	Secção Aligeirada		Secção Maciça	
b_w	1.98	m	2.50	m
$A_{sw/s}$	22.62	cm ² /m	56.56	cm ² /m
$V_{Rd} \text{ Máx.}$	20374.20	kN	25725.00	kN

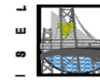
Comb. Fundamental									
Elem. Nº	x (m)	$V_{Ed} \text{ Mín}$ (kN)	$V_{Ed} \text{ Máx.}$ (kN)	V_{Ed} (kN)	τv (MPa)	V_{cd} (kN)	V_{wd} (kN)	V_{Rd}^+ (kN)	V_{Rd}^- (kN)
Vi1	0.00	-932.83	1887.60	1887.60	0.51	3307.50	3253.43	6560.93	-6560.93
Vi1	1.00	-879.40	1681.59	1681.59	0.46	3307.50	3253.43	6560.93	-6560.93
Vi2	1.00	-879.40	1681.59	1681.59	0.46	3307.50	3253.43	6560.93	-6560.93
Vi2	2.00	-835.17	1483.86	1483.86	0.40	3307.50	3253.43	6560.93	-6560.93
Vi3	2.00	-834.82	1483.87	1483.87	0.40	3307.50	3253.43	6560.93	-6560.93
Vi3	3.00	-815.81	1280.52	1280.52	0.44	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi4	3.00	-815.49	1280.52	1280.52	0.44	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi4	4.00	-805.58	1124.54	1124.54	0.39	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi5	4.00	-805.27	1124.54	1124.54	0.39	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi5	5.00	-804.31	979.80	979.80	0.34	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi6	5.00	-804.31	979.80	979.80	0.34	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi6	6.00	-812.45	855.68	855.68	0.29	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi7	6.00	-812.45	855.68	855.68	0.29	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi7	7.00	-836.03	743.22	-836.03	0.29	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi8	7.00	-836.03	743.22	-836.03	0.29	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi8	7.50	-887.94	726.27	-887.94	0.31	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi9	7.50	-887.94	726.27	-887.94	0.31	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi9	8.00	-890.07	754.29	-890.07	0.31	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi10	8.00	-890.07	754.29	-890.07	0.31	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi10	9.00	-901.50	815.24	-901.50	0.31	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi11	9.00	-901.29	815.24	-901.29	0.31	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68

Vi11	10.00	-921.92	882.03	-921.92	0.32	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi12	10.00	-921.72	882.03	-921.72	0.32	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi12	11.00	-951.54	954.55	954.55	0.33	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi13	11.00	-951.37	954.55	954.55	0.33	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi13	12.00	-990.18	1032.14	1032.14	0.35	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi14	12.00	-990.02	1032.14	1032.14	0.35	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi14	13.00	-1037.69	1114.36	1114.36	0.38	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi15	13.00	-1037.54	1114.36	1114.36	0.38	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi15	14.00	-1094.19	1200.75	1200.75	0.41	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi16	14.00	-1094.07	1200.75	1200.75	0.41	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi16	15.00	-1158.91	1290.76	1290.76	0.44	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi17	15.00	-1158.80	1290.76	1290.76	0.44	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi17	15.99	-1234.55	1382.87	1382.87	0.48	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi18	15.99	-1234.55	1382.87	1382.87	0.48	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi18	16.25	-1256.04	1407.46	1407.46	0.48	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi19	16.25	-1256.04	1407.46	1407.46	0.48	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi19	17.00	-391.03	2254.20	2254.20	0.77	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi20	17.00	-391.03	2254.20	2254.20	0.77	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi20	18.00	752.22	3384.93	3384.93	0.92	3307.50	3253.43	6560.93	-6560.93
Vi21	18.00	752.22	3384.93	3384.93	0.92	3307.50	3253.43	6560.93	-6560.93
Vi21	19.00	1897.30	4533.02	4533.02	1.23	3307.50	3253.43	6560.93	-6560.93
Vi22	19.00	1897.30	4533.02	4533.02	1.23	3307.50	3253.43	6560.93	-6560.93
Vi22	20.00	3033.39	5681.33	5681.33	1.55	3307.50	3253.43	6560.93	-6560.93
Vi23	20.00	-5450.11	-2505.15	-5450.11	1.48	3307.50	3253.43	6560.93	-6560.93
Vi23	21.00	-4303.00	-1368.92	-4303.00	1.17	3307.50	3253.43	6560.93	-6560.93
Vi24	21.00	-4303.00	-1368.92	-4303.00	1.17	3307.50	3253.43	6560.93	-6560.93
Vi24	22.00	-3156.15	-229.13	-3156.15	0.86	3307.50	3253.43	6560.93	-6560.93
Vi25	22.00	-3156.15	-229.13	-3156.15	0.86	3307.50	3253.43	6560.93	-6560.93
Vi25	22.50	-2583.38	342.24	-2583.38	0.70	3307.50	3253.43	6560.93	-6560.93
Vi26	22.50	-2583.38	342.24	-2583.38	0.70	3307.50	3253.43	6560.93	-6560.93
Vi26	23.50	-1455.51	1471.90	1471.90	0.51	1883.38	1301.14	3184.52	-3184.52
Vi27	23.50	-1455.51	1471.90	1471.90	0.51	1883.38	1301.14	3184.52	-3184.52
Vi27	23.75	-1174.00	1755.01	1755.01	0.60	1972.81	1301.14	3273.95	-3273.95
Vi28	23.75	-1174.00	1755.01	1755.01	0.60	1972.81	1301.14	3273.95	-3273.95
Vi28	24.01	-1149.99	1727.40	1727.40	0.59	1965.06	1301.14	3266.20	-3266.20
Vi29	24.01	-1149.99	1727.40	1727.40	0.59	1965.06	1301.14	3266.20	-3266.20
Vi29	24.50	-956.49	1677.69	1677.69	0.58	1950.62	1301.14	3251.76	-3251.76
Vi30	24.50	-956.49	1677.69	1677.69	0.58	1950.62	1301.14	3251.76	-3251.76
Vi30	25.00	-986.63	1616.55	1616.55	0.56	1931.96	1301.14	3233.10	-3233.10
Vi31	25.00	-986.63	1616.55	1616.55	0.56	1931.96	1301.14	3233.10	-3233.10
Vi31	25.50	-1016.77	1555.42	1555.42	0.53	1912.23	1301.14	3213.37	-3213.37
Vi32	25.50	-1016.77	1555.42	1555.42	0.53	1912.23	1301.14	3213.37	-3213.37



Vi32	26.50	-931.82	1539.58	1539.58	0.53	1906.93	1301.14	3208.08	-3208.08
Vi33	26.50	-931.82	1539.58	1539.58	0.53	1906.93	1301.14	3208.08	-3208.08
Vi33	27.50	-851.40	1484.24	1484.24	0.51	1887.79	1301.14	3188.93	-3188.93
Vi34	27.50	-851.40	1484.24	1484.24	0.51	1887.79	1301.14	3188.93	-3188.93
Vi34	28.50	-775.90	1436.71	1436.71	0.49	1870.50	1301.14	3171.64	-3171.64
Vi35	28.50	-775.90	1436.71	1436.71	0.49	1870.50	1301.14	3171.64	-3171.64
Vi35	29.50	-705.78	1396.96	1396.96	0.48	1855.41	1301.14	3156.55	-3156.55
Vi36	29.50	-705.78	1396.96	1396.96	0.48	1855.41	1301.14	3156.55	-3156.55
Vi36	30.50	-641.47	1364.66	1364.66	0.47	1842.68	1301.14	3143.82	-3143.82
Vi37	30.50	-641.47	1364.66	1364.66	0.47	1842.68	1301.14	3143.82	-3143.82
Vi37	31.50	-583.34	1339.72	1339.72	0.46	1832.57	1301.14	3133.71	-3133.71
Vi38	31.50	-583.34	1339.72	1339.72	0.46	1832.57	1301.14	3133.71	-3133.71
Vi38	32.50	-531.96	1321.92	1321.92	0.45	1825.18	1301.14	3126.32	-3126.32
Vi39	32.50	-531.74	1321.92	1321.92	0.45	1825.18	1301.14	3126.32	-3126.32
Vi39	33.50	-541.37	1365.20	1365.20	0.47	1842.90	1301.14	3144.04	-3144.04
Vi40	33.50	-541.16	1365.20	1365.20	0.47	1842.90	1301.14	3144.04	-3144.04
Vi40	34.50	-565.68	1422.85	1422.85	0.49	1865.30	1301.14	3166.45	-3166.45
Vi41	34.50	-565.49	1422.85	1422.85	0.49	1865.30	1301.14	3166.45	-3166.45
Vi41	35.50	-597.33	1486.74	1486.74	0.51	1888.67	1301.14	3189.82	-3189.82
Vi42	35.50	-597.16	1486.74	1486.74	0.51	1888.67	1301.14	3189.82	-3189.82
Vi42	36.50	-636.38	1556.49	1556.49	0.53	1912.59	1301.14	3213.73	-3213.73
Vi43	36.50	-636.22	1556.49	1556.49	0.53	1912.59	1301.14	3213.73	-3213.73
Vi43	37.50	-683.22	1631.70	1631.70	0.56	1936.68	1301.14	3237.82	-3237.82
Vi44	37.50	-683.07	1631.70	1631.70	0.56	1936.68	1301.14	3237.82	-3237.82
Vi44	38.50	-737.84	1711.87	1711.87	0.59	1960.61	1301.14	3261.75	-3261.75
Vi45	38.50	-737.72	1711.87	1711.87	0.59	1960.61	1301.14	3261.75	-3261.75
Vi45	39.50	-799.95	1796.52	1796.52	0.62	1984.13	1301.14	3285.27	-3285.27
Vi46	39.50	-799.84	1796.52	1796.52	0.62	1984.13	1301.14	3285.27	-3285.27
Vi46	40.50	-870.61	1885.10	1885.10	0.65	2007.01	1301.14	3308.15	-3308.15
Vi47	40.50	-870.52	1885.10	1885.10	0.65	2007.01	1301.14	3308.15	-3308.15
Vi47	40.99	-915.60	1929.80	1929.80	0.66	2017.94	1301.14	3319.08	-3319.08
Vi48	40.99	-915.60	1929.80	1929.80	0.66	2017.94	1301.14	3319.08	-3319.08
Vi48	41.25	-943.14	1953.82	1953.82	0.67	2023.65	1301.14	3324.79	-3324.79
Vi49	41.25	-943.14	1953.82	1953.82	0.67	2023.65	1301.14	3324.79	-3324.79
Vi49	41.50	-659.97	2235.34	2235.34	0.77	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi50	41.50	-659.97	2235.34	2235.34	0.77	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi50	42.50	469.88	3363.31	3363.31	0.92	3307.50	3253.43	6560.93	-6560.93
Vi51	42.50	469.90	3363.31	3363.31	0.92	3307.50	3253.43	6560.93	-6560.93
Vi51	43.00	1041.34	3936.17	3936.17	1.07	3307.50	3253.43	6560.93	-6560.93
Vi52	43.00	1041.34	3936.17	3936.17	1.07	3307.50	3253.43	6560.93	-6560.93
Vi52	44.00	2181.23	5083.26	5083.26	1.38	3307.50	3253.43	6560.93	-6560.93
Vi53	44.00	2181.24	5083.26	5083.26	1.38	3307.50	3253.43	6560.93	-6560.93

Vi53	45.00	3309.71	6238.50	6238.50	1.70	3307.50	3253.43	6560.93	-6560.93
Vi54	45.00	-5667.35	-2738.54	-5667.35	1.54	3307.50	3253.43	6560.93	-6560.93
Vi54	46.00	-4512.43	-1610.07	-4512.43	1.23	3307.50	3253.43	6560.93	-6560.93
Vi55	46.00	-4512.11	-1610.07	-4512.11	1.23	3307.50	3253.43	6560.93	-6560.93
Vi55	47.00	-3365.34	-470.17	-3365.34	0.92	3307.50	3253.43	6560.93	-6560.93
Vi56	47.00	-3365.02	-470.16	-3365.02	0.92	3307.50	3253.43	6560.93	-6560.93
Vi56	47.50	-2792.16	101.28	-2792.16	0.76	3307.50	3253.43	6560.93	-6560.93
Vi57	47.50	-2792.16	101.28	-2792.16	0.76	3307.50	3253.43	6560.93	-6560.93
Vi57	48.50	-1664.49	1231.15	-1664.49	0.57	1946.68	1301.14	3247.82	-3247.82
Vi58	48.50	-1664.19	1231.15	-1664.19	0.57	1946.58	1301.14	3247.73	-3247.73
Vi58	48.75	-1382.67	1514.32	1514.32	0.52	1898.32	1301.14	3199.46	-3199.46
Vi59	48.75	-1382.67	1514.32	1514.32	0.52	1898.32	1301.14	3199.46	-3199.46
Vi59	49.01	-1358.65	1486.78	1486.78	0.51	1888.69	1301.14	3189.83	-3189.83
Vi60	49.01	-1358.65	1486.78	1486.78	0.51	1888.69	1301.14	3189.83	-3189.83
Vi60	49.50	-1165.24	1441.71	1441.71	0.50	1872.36	1301.14	3173.50	-3173.50
Vi61	49.50	-1165.24	1441.71	1441.71	0.50	1872.36	1301.14	3173.50	-3173.50
Vi61	50.00	-1195.38	1380.57	1380.57	0.47	1849.00	1301.14	3150.14	-3150.14
Vi62	50.00	-1195.38	1380.57	1380.57	0.47	1849.00	1301.14	3150.14	-3150.14
Vi62	50.50	-1225.52	1319.44	1319.44	0.45	1824.14	1301.14	3125.28	-3125.28
Vi63	50.50	-1225.52	1319.44	1319.44	0.45	1824.14	1301.14	3125.28	-3125.28
Vi63	51.50	-1141.00	1308.87	1308.87	0.45	1819.68	1301.14	3120.82	-3120.82
Vi64	51.50	-1140.71	1308.87	1308.87	0.45	1819.68	1301.14	3120.82	-3120.82
Vi64	52.50	-1060.82	1254.23	1254.23	0.43	1795.79	1301.14	3096.93	-3096.93
Vi65	52.50	-1060.54	1254.23	1254.23	0.43	1795.79	1301.14	3096.93	-3096.93
Vi65	53.50	-985.62	1207.38	1207.38	0.41	1774.14	1301.14	3075.29	-3075.29
Vi66	53.50	-985.35	1207.38	1207.38	0.41	1774.14	1301.14	3075.29	-3075.29
Vi66	54.50	-915.84	1168.31	1168.31	0.40	1755.20	1301.14	3056.34	-3056.34
Vi67	54.50	-915.58	1168.31	1168.31	0.40	1755.20	1301.14	3056.34	-3056.34
Vi67	55.50	-851.93	1136.64	1136.64	0.39	1739.21	1301.14	3040.35	-3040.35
Vi68	55.50	-851.69	1136.64	1136.64	0.39	1739.21	1301.14	3040.35	-3040.35
Vi68	56.50	-794.27	1112.32	1112.32	0.38	1726.52	1301.14	3027.66	-3027.66
Vi69	56.50	-794.04	1112.32	1112.32	0.38	1726.52	1301.14	3027.66	-3027.66
Vi69	57.50	-750.98	1102.89	1102.89	0.38	1721.51	1301.14	3022.65	-3022.65
Vi70	57.50	-750.76	1102.89	1102.89	0.38	1721.51	1301.14	3022.65	-3022.65
Vi70	58.50	-768.77	1154.48	1154.48	0.40	1748.29	1301.14	3049.43	-3049.43
Vi71	58.50	-768.57	1154.48	1154.48	0.40	1748.29	1301.14	3049.43	-3049.43
Vi71	59.50	-793.69	1212.62	1212.62	0.42	1776.62	1301.14	3077.76	-3077.76
Vi72	59.50	-793.50	1212.62	1212.62	0.42	1776.62	1301.14	3077.76	-3077.76
Vi72	60.50	-825.98	1276.93	1276.93	0.44	1805.89	1301.14	3107.03	-3107.03
Vi73	60.50	-825.81	1276.93	1276.93	0.44	1805.89	1301.14	3107.03	-3107.03
Vi73	61.50	-865.72	1347.05	1347.05	0.46	1835.57	1301.14	3136.71	-3136.71
Vi74	61.50	-865.57	1347.05	1347.05	0.46	1835.57	1301.14	3136.71	-3136.71



Vi74	62.50	-913.24	1422.55	1422.55	0.49	1865.19	1301.14	3166.34	-3166.34
Vi75	62.50	-913.09	1422.55	1422.55	0.49	1865.19	1301.14	3166.34	-3166.34
Vi75	63.50	-968.55	1502.97	1502.97	0.52	1894.38	1301.14	3195.52	-3195.52
Vi76	63.50	-968.42	1502.97	1502.97	0.52	1894.38	1301.14	3195.52	-3195.52
Vi76	64.50	-1031.27	1587.79	1587.79	0.55	1922.82	1301.14	3223.96	-3223.96
Vi77	64.50	-1031.27	1587.79	1587.79	0.55	1922.82	1301.14	3223.96	-3223.96
Vi77	65.50	-1105.10	1676.46	1676.46	0.58	1950.25	1301.14	3251.39	-3251.39
Vi78	65.50	-1105.10	1676.46	1676.46	0.58	1950.25	1301.14	3251.39	-3251.39
Vi78	65.99	-1156.25	1721.17	1721.17	0.59	1963.28	1301.14	3264.42	-3264.42
Vi79	65.99	-1156.25	1721.17	1721.17	0.59	1963.28	1301.14	3264.42	-3264.42
Vi79	66.25	-1183.86	1745.18	1745.18	0.60	1970.07	1301.14	3271.22	-3271.22
Vi80	66.25	-1183.86	1745.18	1745.18	0.60	1970.07	1301.14	3271.22	-3271.22
Vi80	66.50	-900.74	2026.69	2026.69	0.70	2040.34	1301.14	3341.48	-3341.48
Vi81	66.50	-900.74	2026.69	2026.69	0.70	2040.34	1301.14	3341.48	-3341.48
Vi81	67.50	228.92	3154.55	3154.55	0.86	3307.50	3253.43	6560.93	-6560.93
Vi82	67.50	228.92	3154.55	3154.55	0.86	3307.50	3253.43	6560.93	-6560.93
Vi82	68.00	800.28	3727.33	3727.33	1.01	3307.50	3253.43	6560.93	-6560.93
Vi83	68.00	800.28	3727.33	3727.33	1.01	3307.50	3253.43	6560.93	-6560.93
Vi83	69.00	1940.07	4874.17	4874.17	1.33	3307.50	3253.43	6560.93	-6560.93
Vi84	69.00	1940.07	4874.17	4874.17	1.33	3307.50	3253.43	6560.93	-6560.93
Vi84	70.00	3076.30	6021.28	6021.28	1.64	3307.50	3253.43	6560.93	-6560.93
Vi85	70.00	-5302.23	-2654.27	-5302.23	1.44	3307.50	3253.43	6560.93	-6560.93
Vi85	71.00	-4153.93	-1518.18	-4153.93	1.13	3307.50	3253.43	6560.93	-6560.93
Vi86	71.00	-4153.93	-1518.18	-4153.93	1.13	3307.50	3253.43	6560.93	-6560.93
Vi86	72.00	-3005.83	-373.09	-3005.83	0.82	3307.50	3253.43	6560.93	-6560.93
Vi87	72.00	-3005.83	-373.09	-3005.83	0.82	3307.50	3253.43	6560.93	-6560.93
Vi87	73.00	-1875.11	770.16	-1875.11	0.64	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi88	73.00	-1875.11	770.16	-1875.11	0.64	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi88	73.75	-988.04	1635.17	1635.17	0.56	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi89	73.75	-988.04	1635.17	1635.17	0.56	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi89	74.00	-1003.11	1604.61	1604.61	0.55	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi90	74.00	-1003.11	1604.61	1604.61	0.55	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi90	74.01	-1003.72	1603.38	1603.38	0.55	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi91	74.01	-1003.72	1603.38	1603.38	0.55	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi91	75.00	-911.60	1537.96	1537.96	0.53	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi92	75.00	-911.60	1537.96	1537.96	0.53	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi92	76.00	-821.59	1473.24	1473.24	0.51	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi93	76.00	-821.59	1473.24	1473.24	0.51	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi93	77.00	-735.20	1416.71	1416.71	0.49	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi94	77.00	-735.20	1416.71	1416.71	0.49	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi94	78.00	-652.99	1369.14	1369.14	0.47	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi95	78.00	-652.99	1369.14	1369.14	0.47	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68

Vi95	79.00	-575.41	1330.48	1330.48	0.46	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi96	79.00	-575.41	1330.48	1330.48	0.46	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi96	80.00	-502.94	1300.86	1300.86	0.45	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi97	80.00	-502.94	1300.86	1300.86	0.45	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi97	81.00	-436.12	1280.42	1280.42	0.44	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi98	81.00	-436.12	1280.42	1280.42	0.44	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi98	82.00	-375.19	1269.21	1269.21	0.44	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi99	82.00	-375.19	1269.21	1269.21	0.44	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi99	82.50	-347.15	1267.07	1267.07	0.44	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi100	82.50	-347.15	1267.07	1267.07	0.44	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi100	83.00	-364.13	1215.17	1215.17	0.42	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi101	83.00	-364.13	1215.17	1215.17	0.42	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi101	84.00	-476.57	1191.57	1191.57	0.41	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi102	84.00	-476.57	1191.57	1191.57	0.41	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi102	85.00	-600.65	1183.43	1183.43	0.41	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi103	85.00	-600.65	1183.43	1183.43	0.41	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi103	86.00	-745.37	1184.44	1184.44	0.41	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi104	86.00	-745.37	1184.44	1184.44	0.41	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi104	87.00	-901.36	1194.65	1194.65	0.41	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi105	87.00	-901.36	1194.65	1194.65	0.41	2619.54	1301.14	3920.68	-3920.68
Vi105	88.00	-1104.77	1213.99	1213.99	0.33	3307.50	3253.43	6560.93	-6560.93
Vi106	88.00	-1104.77	1213.99	1213.99	0.33	3307.50	3253.43	6560.93	-6560.93
Vi106	89.00	-1302.49	1258.54	-1302.49	0.35	3307.50	3253.43	6560.93	-6560.93
Vi107	89.00	-1302.49	1258.54	-1302.49	0.35	3307.50	3253.43	6560.93	-6560.93
Vi107	90.00	-1508.51	1311.94	-1508.51	0.41	3307.50	3253.43	6560.93	-6560.93

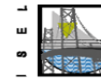
Anexo 9 – E.L. Último de Resistência à Torção

b_w (Secção Aligeirada)	1.98	m
b_w (Secção Maciça)	2.50	m
hef	0.49	m
A_{ef}	2.301	m²
uef	6.556	m
A_{st/s}	5.65	cm²/m
Asl	15.00	cm²

Comb.Fundamental

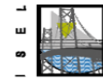
Elem. Nº	x (m)	T _{Ed} (kN)	τ _v (MPa)	τ _t (MPa)	τ _t +τ _v (MPa)	T _{cd} (kN·m)	T _{td} (kN·m)	T _{ld} (kN·m)	T _{Rd} ⁺ (kN·m)	T _{Rd} ⁻ (kN·m)
Vi1	0.00	0.00	0.51	0.00	0.51	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi1	1.00	0.00	0.46	0.00	0.46	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi2	1.00	0.00	0.46	0.00	0.46	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi2	2.00	0.00	0.40	0.00	0.40	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi3	2.00	0.00	0.40	0.00	0.40	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi3	3.00	0.00	0.44	0.00	0.44	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi4	3.00	0.00	0.44	0.00	0.44	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi4	4.00	0.00	0.39	0.00	0.39	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi5	4.00	0.00	0.39	0.00	0.39	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi5	5.00	0.00	0.34	0.00	0.34	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi6	5.00	0.00	0.34	0.00	0.34	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi6	6.00	0.00	0.29	0.00	0.29	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi7	6.00	0.00	0.29	0.00	0.29	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi7	7.00	0.00	0.29	0.00	0.29	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi8	7.00	0.00	0.29	0.00	0.29	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi8	7.50	0.00	0.31	0.00	0.31	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi9	7.50	0.00	0.31	0.00	0.31	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi9	8.00	0.00	0.31	0.00	0.31	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi10	8.00	0.00	0.31	0.00	0.31	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi10	9.00	0.00	0.31	0.00	0.31	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi11	9.00	0.00	0.31	0.00	0.31	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi11	10.00	0.00	0.32	0.00	0.32	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi12	10.00	0.00	0.32	0.00	0.32	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80

Vi12	11.00	0.00	0.33	0.00	0.33	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi13	11.00	0.00	0.33	0.00	0.33	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi13	12.00	0.00	0.35	0.00	0.35	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi14	12.00	0.00	0.35	0.00	0.35	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi14	13.00	0.00	0.38	0.00	0.38	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi15	13.00	0.00	0.38	0.00	0.38	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi15	14.00	0.00	0.41	0.00	0.41	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi16	14.00	0.00	0.41	0.00	0.41	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi16	15.00	0.00	0.44	0.00	0.44	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi17	15.00	0.00	0.44	0.00	0.44	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi17	15.99	0.00	0.48	0.00	0.48	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi18	15.99	0.00	0.48	0.00	0.48	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi18	16.25	0.00	0.48	0.00	0.48	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi19	16.25	0.00	0.48	0.00	0.48	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi19	17.00	0.00	0.77	0.00	0.77	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi20	17.00	0.00	0.77	0.00	0.77	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi20	18.00	0.00	0.92	0.00	0.92	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi21	18.00	0.00	0.92	0.00	0.92	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi21	19.00	0.00	1.23	0.00	1.23	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi22	19.00	0.00	1.23	0.00	1.23	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi22	20.00	0.00	1.55	0.00	1.55	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi23	20.00	-445.73	1.48	0.20	1.68	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi23	21.00	-445.73	1.17	0.20	1.37	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi24	21.00	-445.73	1.17	0.20	1.37	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi24	22.00	-445.73	0.86	0.20	1.06	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi25	22.00	-445.73	0.86	0.20	1.06	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi25	22.50	-445.73	0.70	0.20	0.90	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi26	22.50	-445.73	0.70	0.20	0.90	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi26	23.50	-445.73	0.51	0.20	0.70	570.34	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi27	23.50	-445.73	0.51	0.20	0.70	570.34	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi27	23.75	-445.73	0.60	0.20	0.80	501.05	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi28	23.75	-445.73	0.60	0.20	0.80	501.05	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi28	24.01	-445.73	0.59	0.20	0.79	507.06	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi29	24.01	-445.73	0.59	0.20	0.79	507.06	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi29	24.50	-445.73	0.58	0.20	0.77	518.25	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi30	24.50	-445.73	0.58	0.20	0.77	518.25	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi30	25.00	-445.73	0.56	0.20	0.75	532.70	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi31	25.00	-445.73	0.56	0.20	0.75	532.70	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi31	25.50	-445.73	0.53	0.20	0.73	547.99	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi32	25.50	-445.73	0.53	0.20	0.73	547.99	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi32	26.50	-445.73	0.53	0.20	0.73	552.09	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi33	26.50	-445.73	0.53	0.20	0.73	552.09	1130.49	457.80	457.80	-457.80



Vi33	27.50	-445.73	0.51	0.20	0.71	566.92	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi34	27.50	-445.73	0.51	0.20	0.71	566.92	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi34	28.50	-445.73	0.49	0.20	0.69	580.32	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi35	28.50	-445.73	0.49	0.20	0.69	580.32	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi35	29.50	-445.73	0.48	0.20	0.68	592.01	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi36	29.50	-445.73	0.48	0.20	0.68	592.01	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi36	30.50	-445.73	0.47	0.20	0.67	601.87	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi37	30.50	-445.73	0.47	0.20	0.67	601.87	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi37	31.50	-445.73	0.46	0.20	0.66	609.71	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi38	31.50	-445.73	0.46	0.20	0.66	609.71	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi38	32.50	-445.73	0.45	0.20	0.65	615.43	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi39	32.50	-445.73	0.45	0.20	0.65	615.43	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi39	33.50	-445.73	0.47	0.20	0.67	601.70	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi40	33.50	-445.73	0.47	0.20	0.67	601.70	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi40	34.50	-445.73	0.49	0.20	0.69	584.34	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi41	34.50	-445.73	0.49	0.20	0.69	584.34	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi41	35.50	-445.73	0.51	0.20	0.71	566.24	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi42	35.50	-445.73	0.51	0.20	0.71	566.24	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi42	36.50	-445.73	0.53	0.20	0.73	547.71	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi43	36.50	-445.73	0.53	0.20	0.73	547.71	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi43	37.50	-445.73	0.56	0.20	0.76	529.05	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi44	37.50	-445.73	0.56	0.20	0.76	529.05	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi44	38.50	-445.73	0.59	0.20	0.79	510.50	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi45	38.50	-445.73	0.59	0.20	0.79	510.50	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi45	39.50	-445.73	0.62	0.20	0.81	492.28	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi46	39.50	-445.73	0.62	0.20	0.81	492.28	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi46	40.50	-445.73	0.65	0.20	0.85	474.56	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi47	40.50	-445.73	0.65	0.20	0.85	474.56	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi47	40.99	-445.73	0.66	0.20	0.86	466.09	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi48	40.99	-445.73	0.66	0.20	0.86	466.09	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi48	41.25	-445.73	0.67	0.20	0.87	461.66	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi49	41.25	-445.73	0.67	0.20	0.87	461.66	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi49	41.50	-445.73	0.77	0.20	0.97	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi50	41.50	-445.73	0.77	0.20	0.97	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi50	42.50	-445.73	0.92	0.20	1.11	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi51	42.50	-445.73	0.92	0.20	1.11	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi51	43.00	-445.73	1.07	0.20	1.27	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi52	43.00	-445.73	1.07	0.20	1.27	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi52	44.00	-445.73	1.38	0.20	1.58	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi53	44.00	-445.73	1.38	0.20	1.58	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi53	45.00	-445.73	1.70	0.20	1.90	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi54	45.00	445.73	1.54	0.20	1.74	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80

Vi54	46.00	445.73	1.23	0.20	1.43	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi55	46.00	445.73	1.23	0.20	1.43	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi55	47.00	445.73	0.92	0.20	1.11	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi56	47.00	445.73	0.92	0.20	1.11	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi56	47.50	445.73	0.76	0.20	0.96	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi57	47.50	445.73	0.76	0.20	0.96	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi57	48.50	445.73	0.57	0.20	0.77	521.30	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi58	48.50	445.73	0.57	0.20	0.77	521.37	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi58	48.75	445.73	0.52	0.20	0.72	558.76	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi59	48.75	445.73	0.52	0.20	0.72	558.76	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi59	49.01	445.73	0.51	0.20	0.71	566.22	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi60	49.01	445.73	0.51	0.20	0.71	566.22	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi60	49.50	445.73	0.50	0.20	0.69	578.88	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi61	49.50	445.73	0.50	0.20	0.69	578.88	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi61	50.00	445.73	0.47	0.20	0.67	596.97	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi62	50.00	445.73	0.47	0.20	0.67	596.97	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi62	50.50	445.73	0.45	0.20	0.65	616.23	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi63	50.50	445.73	0.45	0.20	0.65	616.23	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi63	51.50	445.73	0.45	0.20	0.65	619.69	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi64	51.50	445.73	0.45	0.20	0.65	619.69	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi64	52.50	445.73	0.43	0.20	0.63	638.20	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi65	52.50	445.73	0.43	0.20	0.63	638.20	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi65	53.50	445.73	0.41	0.20	0.61	654.97	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi66	53.50	445.73	0.41	0.20	0.61	654.97	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi66	54.50	445.73	0.40	0.20	0.60	669.64	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi67	54.50	445.73	0.40	0.20	0.60	669.64	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi67	55.50	445.73	0.39	0.20	0.59	682.03	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi68	55.50	445.73	0.39	0.20	0.59	682.03	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi68	56.50	445.73	0.38	0.20	0.58	691.86	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi69	56.50	445.73	0.38	0.20	0.58	691.86	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi69	57.50	445.73	0.38	0.20	0.58	695.75	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi70	57.50	445.73	0.38	0.20	0.58	695.75	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi70	58.50	445.73	0.40	0.20	0.59	675.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi71	58.50	445.73	0.40	0.20	0.59	675.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi71	59.50	445.73	0.42	0.20	0.61	653.05	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi72	59.50	445.73	0.42	0.20	0.61	653.05	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi72	60.50	445.73	0.44	0.20	0.64	630.37	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi73	60.50	445.73	0.44	0.20	0.64	630.37	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi73	61.50	445.73	0.46	0.20	0.66	607.38	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi74	61.50	445.73	0.46	0.20	0.66	607.38	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi74	62.50	445.73	0.49	0.20	0.69	584.43	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi75	62.50	445.73	0.49	0.20	0.69	584.43	1130.49	457.80	457.80	-457.80



Vi75	63.50	445.73	0.52	0.20	0.71	561.81	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi76	63.50	445.73	0.52	0.20	0.71	561.81	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi76	64.50	445.73	0.55	0.20	0.74	539.79	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi77	64.50	445.73	0.55	0.20	0.74	539.79	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi77	65.50	445.73	0.58	0.20	0.77	518.53	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi78	65.50	445.73	0.58	0.20	0.77	518.53	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi78	65.99	445.73	0.59	0.20	0.79	508.43	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi79	65.99	445.73	0.59	0.20	0.79	508.43	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi79	66.25	445.73	0.60	0.20	0.80	503.17	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi80	66.25	445.73	0.60	0.20	0.80	503.17	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi80	66.50	445.73	0.70	0.20	0.89	448.74	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi81	66.50	445.73	0.70	0.20	0.89	448.74	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi81	67.50	445.73	0.86	0.20	1.06	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi82	67.50	445.73	0.86	0.20	1.06	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi82	68.00	445.73	1.01	0.20	1.21	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi83	68.00	445.73	1.01	0.20	1.21	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi83	69.00	445.73	1.33	0.20	1.52	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi84	69.00	445.73	1.33	0.20	1.52	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi84	70.00	445.73	1.64	0.20	1.84	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi85	70.00	0.00	1.44	0.00	1.44	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi85	71.00	0.00	1.13	0.00	1.13	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi86	71.00	0.00	1.13	0.00	1.13	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi86	72.00	0.00	0.82	0.00	0.82	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi87	72.00	0.00	0.82	0.00	0.82	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi87	73.00	0.00	0.64	0.00	0.64	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi88	73.00	0.00	0.64	0.00	0.64	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi88	73.75	0.00	0.56	0.00	0.56	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi89	73.75	0.00	0.56	0.00	0.56	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi89	74.00	0.00	0.55	0.00	0.55	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi90	74.00	0.00	0.55	0.00	0.55	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi90	74.01	0.00	0.55	0.00	0.55	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi91	74.01	0.00	0.55	0.00	0.55	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi91	75.00	0.00	0.53	0.00	0.53	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi92	75.00	0.00	0.53	0.00	0.53	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi92	76.00	0.00	0.51	0.00	0.51	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi93	76.00	0.00	0.51	0.00	0.51	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi93	77.00	0.00	0.49	0.00	0.49	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi94	77.00	0.00	0.49	0.00	0.49	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi94	78.00	0.00	0.47	0.00	0.47	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi95	78.00	0.00	0.47	0.00	0.47	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi95	79.00	0.00	0.46	0.00	0.46	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi96	79.00	0.00	0.46	0.00	0.46	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80

Vi96	80.00	0.00	0.45	0.00	0.45	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi97	80.00	0.00	0.45	0.00	0.45	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi97	81.00	0.00	0.44	0.00	0.44	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi98	81.00	0.00	0.44	0.00	0.44	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi98	82.00	0.00	0.44	0.00	0.44	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi99	82.00	0.00	0.44	0.00	0.44	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi99	82.50	0.00	0.44	0.00	0.44	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi100	82.50	0.00	0.44	0.00	0.44	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi100	83.00	0.00	0.42	0.00	0.42	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi101	83.00	0.00	0.42	0.00	0.42	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi101	84.00	0.00	0.41	0.00	0.41	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi102	84.00	0.00	0.41	0.00	0.41	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi102	85.00	0.00	0.41	0.00	0.41	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi103	85.00	0.00	0.41	0.00	0.41	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi103	86.00	0.00	0.41	0.00	0.41	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi104	86.00	0.00	0.41	0.00	0.41	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi104	87.00	0.00	0.41	0.00	0.41	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi105	87.00	0.00	0.41	0.00	0.41	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi105	88.00	0.00	0.33	0.00	0.33	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi106	88.00	0.00	0.33	0.00	0.33	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi106	89.00	0.00	0.35	0.00	0.35	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi107	89.00	0.00	0.35	0.00	0.35	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80
Vi107	90.00	0.00	0.41	0.00	0.41	0.00	1130.49	457.80	457.80	-457.80

Anexo 10A – Esforços Actuantes nos Pilares: Combinação Fundamental

Elemento Nº	x (m)	d (m)	Ac (m ²)	Comb. Fundamental							
				Mín./Máx.	N (kN)	Mx (kN·m)	My (kN·m)	Vx (kN)	Vy (kN)		
P1	0	1.20	1.13	Máx.	-5995.25	2104.30	6014.96	1110.66	150.779		
	11				-5592.18	445.73	-4029.89	1110.66	150.779		
	0			Mín.	-10625.98	2104.30	4990.60	820.56	150.779		
	11				-10222.90	445.73	-6206.30	820.56	150.779		
P2	0			1.20	1.13	Máx.	-6506.32	3977.70	5226.12	1001.43	442.651
	11						-6103.24	-891.47	-2676.43	1001.43	442.651
	0					Mín.	-11385.32	3977.70	3497.51	561.43	442.651
	11						-10982.24	-891.47	-5791.37	561.43	442.651
P3	0	1.20	1.13			Máx.	-6187.32	2104.30	3583.70	704.41	150.779
	11						-5784.24	445.73	-1994.09	704.41	150.779
	0					Mín.	-10818.01	2104.30	2559.34	414.32	150.779
	11						-10414.93	445.73	-4170.49	414.32	150.779

Anexo 10B – Esforços Actuantes nos Pilares: Combinação Sísmica

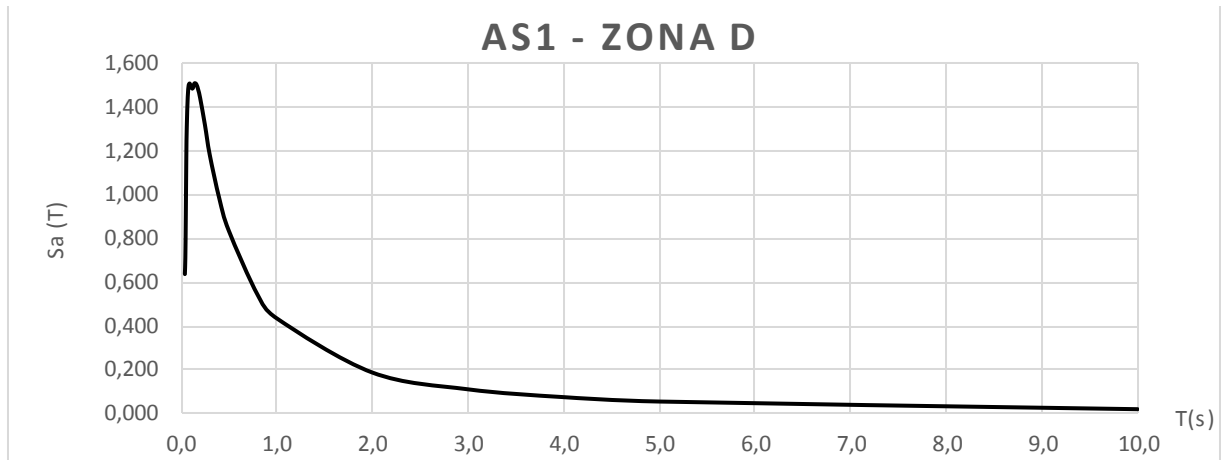
Elemento Nº	x (m)	d (m)	Ac (m ²)	Mín./Máx.	Comb. Sísmica				
					N (kN)	Mx (kN·m)	My (kN·m)	Vx (kN)	Vy (kN)
P1	0	1.20	1.13	Máx.	-4672.49	405.08	3065.26	509.44	43.69
	5.5				-4439.23	235.71	307.25	509.44	43.69
	11				-4205.96	249.98	-784.70	509.44	43.69
	0			Mín.	-4726.42	-405.08	1169.56	178.20	-43.69
	5.5				-4493.16	-235.71	145.57	178.20	-43.69
	11				-4259.90	-249.98	-2544.49	178.20	-43.69
P2	0	1.20	1.13	Máx.	-5201.71	752.42	983.34	173.09	89.00
	5.5				-4968.44	286.70	67.42	173.09	89.00
	11				-4735.18	278.39	924.48	173.09	89.00
	0			Mín.	-5214.29	-752.42	-983.34	-173.09	-89.00
	5.5				-4981.03	-286.70	-67.42	-173.09	-89.00
	11				-4747.77	-278.39	-924.48	-173.09	-89.00
P3	0	1.20	1.13	Máx.	-4675.37	388.78	-1138.25	-171.23	32.95
	5.5				-4442.11	245.25	-182.89	-171.23	32.95
	11				-4208.84	186.66	2585.03	-171.23	32.95
	0			Mín.	-4723.54	-388.78	-3096.57	-516.41	-32.95
	5.5				-4490.28	-245.25	-269.93	-516.41	-32.95
	11				-4257.02	-186.66	744.16	-516.41	-32.95

Anexo 11 – Espectros de Resposta (R.S.A): AS1 e AS2

Acção Sísmica		Guimarães
Zona:	D	
Terreno Tipo:	I	
$\xi =$	0.05	
$\alpha =$	0.3	

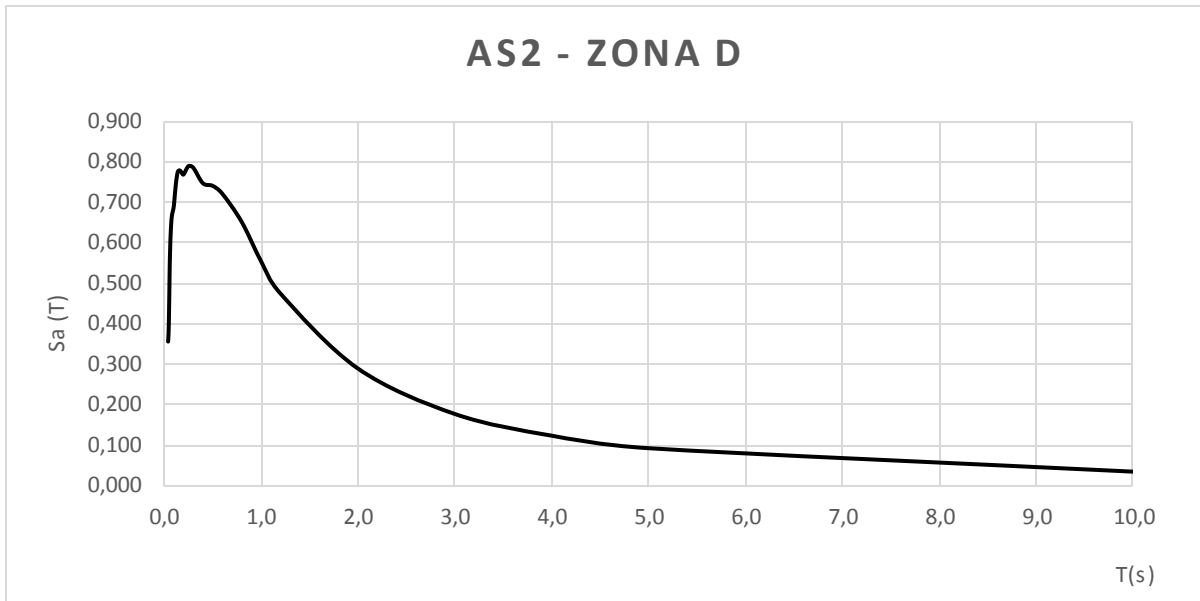
- **Acção Sísmica Tipo I: AS1**

T (s)	S _a (T)
0.040	0.638
0.045	0.713
0.050	0.909
0.055	1.167
0.060	1.311
0.070	1.448
0.080	1.502
0.090	1.510
0.100	1.500
0.120	1.486
0.140	1.510
0.160	1.506
0.180	1.480
0.200	1.442
0.250	1.319
0.300	1.183
0.400	0.983
0.500	0.835
0.800	0.543
1.000	0.435
2.000	0.187
3.000	0.110
4.000	0.075
5.000	0.055
10.000	0.020



▪ **Acção Sísmica Tipo II: AS2**

T (s)	S_a (T)
0.040	0,356
0.045	0,377
0.050	0,431
0.055	0,511
0.060	0,574
0.070	0,639
0.080	0,668
0.090	0,679
0.100	0,692
0.120	0,744
0.140	0,775
0.160	0,779
0.180	0,773
0.200	0,769
0.250	0,789
0.300	0,785
0.400	0,747
0.500	0,741
0.600	0,721
0.800	0,652
1.000	0,554
1.200	0,475
2.000	0,289
3.000	0,177
4.000	0,123
5.000	0,092
10.000	0,035



Anexo 12 – Encontro E1: Esforços Actuantes

Acções Transmitidas pelo Tabuleiro			
Forças Verticais (Por Aparelho de Apoio)	Braços (m)	Forças Horizontais (Por Aparelho de Apoio)	Braços (m)
	x6 =		y4 =
CP = 796.87 kN	2.00	Força de Atrito = 39.84 kN	8.90
SC máx. = 663.21 kN		Sismo (Força Transversal) = 35.19 kN	6.40
SC mín. = -93.80 kN		SC (Força Transversal) = 379.52 kN	6.40
Sismo = 4.22 kN			

Tensões Actuantes no Tardoz	Impulsos de Terra Activos	Braços
CP (γ) = 21.61 kN/m ²	I _{a,d} (γ) = 150.51 kN	y1 = 8.42 m
SC = 30.00 kN/m ²	I _{a,d} (SC) = 143.34 kN	y2 = 9.00 m
E = 1.95 kN/m ²	I _{a,d} (E) = 13.60 kN	y3 = 9.58 m
	L = 3.98 m	

Pesos da Estrutura de Suporte	Braços (m)	L (m)
W1 = 389.60 kN	x1 = 3.06 m	0.80 m
W2 = 341.29 kN	x2 = 2.65 m	3.98 m
W3 = 900.00 kN	x3 = 3.00 m	4.00 m
WT4 = 925.59 kN	x4 = 5.23 m	3.98 m
WT5 = 573.12 kN	x5 = 0.77 m	3.98 m
Wd = 3129.59 kN	xm = 3.22 m	
	Wt = 730.89 kN	

Tensões Actuantes no Tardoz	Impulsos de Terra em Repouso	Braços
CP (γ) = 32.19 kN/m ²	I _{0,d} (γ) = 224.22 kN	y1 = 8.42 m
SC = 30.00 kN/m ²	I _{0,d} (SC) = 213.55 kN	y2 = 9.00 m
	L = 3.98 m	

PEÇAS DESENHADAS

DESENHO	DESIGNAÇÃO
TFM - JM - 01	PLANTA DE LOCALIZAÇÃO E ESBOÇO COREOGRÁFICO
TFM - JM - 02	ALÇADO E PLANTA
TFM - JM - 03	CORTE LONGITUDINAL E PLANTA DE FUNDAÇÕES
TFM - JM - 04	TABULEIRO - DIMENSIONAMENTO
TFM - JM - 05	PRÉ-ESFORÇO
TFM - JM - 06	PILARES E SUAS FUNDAÇÕES - DIMENSIONAMENTO
TFM - JM - 07	ENCONTROS - DIMENSIONAMENTO
TFM - JM - 08	TABULEIRO - ARMADURAS
TFM - JM - 09	PILARES E SUAS FUNDAÇÕES - ARMADURAS
TFM - JM - 10	ENCONTROS - ARMADURAS
TFM - JM - 11	PORMENORES
TFM - JM - 12	CATENÁRIA - PORMENORES
TFM - JM - 13	FASES CONSTRUTIVAS - TABULEIRO