

DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DE UMA PONTE EM CONCRETO ARMADO

**CRISTIANO PENA MILLER
LEANDRO ROSA BARBOSA
MAIKON CAETANO RAMOS PESSANHA**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO – UENF

**CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
MAIO DE 2005**

DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DE UMA PONTE EM CONCRETO ARMADO

**CRISTIANO PENA MILLER
LEANDRO ROSA BARBOSA
MAIKON CAETANO RAMOS PESSANHA**

“Projeto de final de curso apresentado ao Laboratório de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, como parte das exigências para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil”.

Orientador: Prof. Sergio Luis González Garcia, D. Sc.

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
MAIO DE 2005

DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DE UMA PONTE EM CONCRETO ARMADO

CRISTIANO PENA MILLER
LEANDRO ROSA BARBOSA
MAIKON CAETANO RAMOS PESSANHA

“Projeto de final de curso apresentado ao Laboratório de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, como parte das exigências para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil”.

Aprovado em 30 de maio de 2005.


Comissão examinadora:



Prof. Ubirajara Ferreira da Silva, UFS ENGENHARIA LTDA



Prof. Jean Marie Désir, D. Sc. – COPPE/UFRJ



Prof. Frederico Terra de Almeida, D. Sc. – UENF



Prof. Sergio Luis González Garcia, D. Sc. – COPPE/UFRJ

(orientador)

DEDICATÓRIA

Dedico este projeto aos meus familiares que tanto me apoiaram na concretização deste sonho, à minha mãe Maria da Conceição Pena Miller e ao meu pai Manoel Pedro Miller, por seu apoio irrestrito, minha sogra Zélia Ancelme de Azevedo, e à memória de meu sogro Antonio de Azevedo, à minha esposa Sandra Suely Ancelme de Azevedo Miller, por seu incentivo e compreensão nos momentos difíceis e a minha filha Ingrid Azevedo Miller por ser a luz que alegra meu dia e minha fonte de inspiração.

Devo dedicar ainda este trabalho aos meus ilustres amigos Gilson Nunes Siqueira e Romano César Reis dos Santos por seu suporte, e à turma de 2001 por se tornar minha segunda família.

Cristiano Pena Miller

Dedico este trabalho a meus pais Severino Alves Barbosa e Maria Helena Alves Barbosa, por seu apoio, incentivo e compreensão nos momentos mais difíceis da minha vida, assim como minhas irmãs Ludimila e Thamires.

Mas não poderia esquecer de agradecer a turma de Engenharia Civil 2001, pois estiveram presentes em importantes momentos de minha vida, logo adotei todos como pertencentes a minha família, na verdade ganhei grandes irmãos. Dedico também aos grandes amigos que me auxiliaram durante a minha vida acadêmica.

Leandro Rosa Barbosa

Dedico o presente trabalho aos meus pais Aloísio Ramos Pessanha e Romirte Barreto Caetano Pessanha, assim como meu irmão Márlon Caetano Ramos Pessanha, que em meio a inúmeras dificuldades estiveram sempre solícitos com uma palavra de incentivo a fim de concretizar esta primeira etapa de minha vida profissional.

Não poderia deixar de destacar a influência positiva dos professores, funcionários e demais colegas discentes da Universidade, principalmente a turma de Engenharia Civil 2001, que de alguma forma auxiliaram na conclusão deste sonho.

Maikon Caetano Ramos Pessanha

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro e seus professores, pela formação propiciada.

Aos amigos de turma, pelo apoio e companheirismo nesta longa caminhada.

Ao Prof. Sergio Luis González Garcia, pelos conhecimentos transmitidos ao longo do curso e do projeto.

Ao Prof. Sérgio Tibana, pelo aprendizado, pela confiança e pelo material bibliográfico concedido.

Ao Prof. Jean Marie Désir, pela solicitude e apoio durante o curso.

Ao Prof. Frederico Terra de Almeida pelo seu sufrágio.

Às nossas famílias pelo amparo, carinho e compreensão.

E a Deus, por permitir tudo isto.

Para ser grande, sê inteiro: nada

Teu exagera ou exclui.

Sê todo em cada coisa. Põe quanto és

No mínimo que fazes.

Assim em cada lago a lua toda

Brilha, porque alta vive.

(Heterônimo Ricardo Reis – Fernando Pessoa)

RESUMO

Foi escolhido para tema deste Trabalho Final de Curso de Bacharelado em Engenharia Civil o projeto de uma ponte em concreto armado, com o intuito de consolidar os conhecimentos obtidos no decorrer do curso. Para tal fim, foi utilizado para aplicação destes conceitos a Rodovia Linha Azul que se encontra em construção, no Município de Macaé no Estado do Rio de Janeiro, e intercepta três cursos d'água.

A Rodovia Linha Azul consiste na continuação da pavimentação da Estrada do Imbuuro, interligando-a com o entroncamento do Trevo da Ajuda de Cima, perfazendo uma extensão de 7,5 km de pista dupla, iluminação, urbanização e ciclovia. No local também serão feitas as drenagens de águas pluviais e a construção de três pontes, como se trata de pista dupla, serão construídas seis pontes no total.

O objetivo deste empreendimento é funcionar como uma via de contorno, desafogando o trânsito no centro da cidade e na Ponte Ivan Mundim, que liga o Centro ao bairro da Barra.

Como objeto de estudo deste trabalho foi escolhida a ponte que transpõe o Canal Virgem Santa, por apresentar certos fatores que tornam mais complexos os seus cálculos, como o fato da mesma possuir superelevação e sua localização esconsa em relação ao canal.

Aqui serão apresentados todas as considerações, dados, memórias de cálculo utilizadas no projeto e dimensionamento, assim como todos os respectivos memoriais descritivos e detalhes, desenhos contendo cortes, detalhamentos e vistas, que sejam necessários ao bom entendimento do mesmo como um todo.

Palavras Chave: Engenharia Civil, Ponte em Concreto Armado, Dimensionamento, SALT.

SUMÁRIO

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Objetivo.....	1
1.2. Softwares Utilizados.....	1
1.3. Conceitos Gerais.....	1
CAPÍTULO II – ELEMENTOS PARA A ELABORAÇÃO DO PROJETO.....	3
2.1. Generalidades.....	3
2.2. Elementos Topográficos.....	3
2.3. Elementos Hidrológicos.....	4
2.3.1 Características Físicas da Bacia Hidrográfica.....	4
2.3.2 Tempo de Recorrência ou Período de Retorno (T)	15
2.3.3 Determinação do Tempo de Concentração (t_c)	17
2.3.3.1 Equação de Kirpich	17
2.3.3.2 Equação de Ven Te Chow.....	18
2.3.3.3 Equação de Picking.....	19
2.3.3.4 Equação do DNOS.....	19
2.3.3.5 Equação de Ventura.....	20
2.3.3.6 Equação de John Collins.....	21
2.3.3.7 Equação Derivada com Base no Método da Onda Cinemática	21
2.3.3.8 Equação de Giandotti.....	23
2.3.3.9 Equação de Dodge.....	23
2.3.3.10 Equação SCS Lag.....	24
2.3.3.11 Seleção do Tempo de Concentração (t_c)	25
2.3.4 Intensidade Máxima Média da Precipitação (i_m).....	26
2.3.5 Vazão Máxima ou Vazão de Projeto (Q_p).....	27
2.3.5.1 Métodos Racional e Racional Modificado.....	28
2.3.5.2 Método I-Pai-Wu Modificado	30
2.3.5.3 Seleção do Método para determinação da Vazão de Projeto	32
2.3.6 Determinação da Cota de Máxima Cheia e Vão da Obra (h_{max}).....	33
2.4. Elementos Geotécnicos	40
2.4.1 Relatório de Sondagem	42
2.5. Elementos Geométricos	45
2.5.1 Classe e Velocidade Diretriz da Rodovia.....	45
2.5.2 Curvatura Horizontal.....	49
2.6. Elementos Acessórios.....	52
2.6.1 Existência de Elementos Agressivos	52

2.6.2	Informações de Interesse Construtivo ou Econômicos	53
CAPÍTULO III – SUPERESTRUTURA.....		54
3.1	Pré-Dimensionamento.....	54
3.2	Características Mecânicas da Superestrutura	58
3.2.1	Concreto Armado	58
3.2.2	Características Geométricas da Seção.....	59
3.3	Cálculo das Ações	61
3.3.1	Ações Permanentes	62
3.3.1.1	Cargas Verticais.....	62
3.3.1.1.1	Peso Próprio dos Elementos Estruturais	62
3.3.1.1.2	Peso Próprio do Revestimento do Passeio de Pedestres.....	63
3.3.1.1.3	Peso Próprio da Pavimentação das Pistas de Rolamento	63
3.3.1.1.4	Peso Próprio das Barreiras	63
3.3.1.1.5	Peso Próprio dos Guarda-Corpos	64
3.3.1.1.6	Esquema de Cálculo e Diagrama de Solicitações	65
3.3.2	Ações Variáveis.....	66
3.3.2.1	Cargas Móveis	67
3.3.2.1.1	Cargas Verticais.....	67
3.3.2.2	Ação do Vento.....	70
3.3.3	Ações Dinâmicas.....	78
3.3.4	Ações Excepcionais.....	78
3.4	Combinação dos Carregamentos.....	79
3.4.1	Estados Limites	79
3.4.1.1	Combinações de Momento Fletor.....	81
3.4.1.2	Combinações de Força Cortante.....	82
3.5	Dimensionamento das Lajes	83
3.5.1	Combinação dos Carregamentos	86
3.5.1.1	Lajes dos Passeios	87
3.5.1.2	Lajes Biengastadas.....	87
3.5.1.3	Lajes de Acesso ou Transição	87
3.5.2	Dimensionamento das Lajes à Flexão	88
3.5.3	Dimensionamento das Lajes à Força Cortante	93
3.6	Dimensionamento das Longarinas	94
3.6.1	Combinação dos Carregamentos	94
3.6.2	Dimensionamento das Longarinas à Flexão	94
3.6.3	Dimensionamento das Armaduras de Pele.....	100
3.6.4	Dimensionamento das Longarinas à Força Cortante	100

3.6.5	Dimensionamento das Armaduras de Costura.....	101
3.6.6	Decalagem do Diagrama de Força no Banzo Tracionado.....	102
CAPÍTULO IV – MESOESTRUTURA		104
5.1	Solicitações na Mesoestrutura	104
4.1.1	Solicitações Verticais.....	104
4.1.2	Solicitações Horizontais Transversais	104
4.1.2.1	Ação Dinâmica das Águas	105
4.1.2.2	Ação do Vento.....	105
4.1.3	Solicitações Horizontais Longitudinais.....	105
4.1.3.1	Efeitos de Frenagem e Aceleração de Veículos	106
4.1.3.2	Atrito nos Apoios	107
4.1.3.3	Empuxo de Terra e de Sobrecarga	107
4.2	Aparelhos de Apoio.....	110
4.2.1	Pré-dimensionamento dos Aparelhos de Apoio das Longarinas	113
4.3	Distribuição das Solicitações Horizontais na Mesoestrutura.....	115
4.3.1	Rigidez dos Aparelhos de Apoio e dos Blocos de Coroamento	115
4.3.2	Distribuição das Solicitações Horizontais Longitudinais.....	118
4.3.3	Distribuição das Solicitações Horizontais Transversais	119
4.4	Verificação dos Aparelhos de Apoio das Longarinas.....	120
4.4.1	Limitação das Tensões Normais de Compressão nos Aparelhos de Apoio 121	
4.4.2	Verificação das Tensões Cisalhantes nos Aparelhos de Apoio.....	122
4.4.3	Limitação de Altura dos Aparelhos de Apoio	126
4.4.4	Verificação das Chapas de Fretagem dos Aparelhos de Apoio	127
4.4.5	Dimensões Finais dos Aparelhos de Apoio das Longarinas.....	127
4.5	Encontros.....	128
4.5.1	Solicitações nos Encontros.....	130
4.5.2	Pré-dimensionamento e Verificação dos Aparelhos de Apoio das Lajes de Acesso	134
4.5.3	Dimensionamento dos Encontros	136
4.6	Blocos de Coroamento.....	142
4.6.1	Pré-dimensionamento dos Blocos de Coroamento	144
4.6.2	Solicitações nos Blocos de Coroamento.....	146
4.6.3	Dimensionamento dos Blocos de Coroamento	150
4.6.3.1	Armadura Horizontal Inferior	150
4.6.3.2	Armadura Horizontal Superior	150
4.6.3.3	Armadura Transversal Vertical	150

4.6.3.4	Armadura Transversal Horizontal	151
4.6.3.5	Armaduras de Fretagem	152
	CAPÍTULO V – INFRAESTRUTURA	154
5.1	Análise do Relatório de Sondagem	154
5.2	Escolha do Tipo de Fundação	154
5.3	Capacidade de Carga do Solo	155
5.4	Solicitações nas Estacas	157
	CAPÍTULO VI – CONSIDERAÇÕES FINAIS	170
	BIBLIOGRAFIA	173
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	176
	APÊNDICE A – Ações na Superestrutura	179
	APÊNDICE B – Combinação de Momento Fletor no Tabuleiro	184
	APÊNDICE C – Combinação de Força Cortante no Tabuleiro	186
	APÊNDICE D – Determinação das Solicitações nas Lajes do Tabuleiro	188
	APÊNDICE E – Dimensionamento das Lajes à Flexão	199
	APÊNDICE F – Dimensionamento das Lajes à Cortante	207
	APÊNDICE G – Determinação das Solicitações nas Vigas Longitudinais	209
	APÊNDICE H – Dimensionamento das Vigas Longitudinais à Flexão	213
	APÊNDICE I – Dimensionamento das Vigas Longitudinais à Cortante	226
	APÊNDICE J – Dimensionamento das Armaduras de Costura Inferior das Vigas Longitudinais	236
	APÊNDICE K – Decalagem da Armadura das Vigas	238
	APÊNDICE L – Ações na Mesoestrutura	242
	APÊNDICE M – Pré-dimensionamento dos Aparelhos de Apoio das Longarinas ...	245
	APÊNDICE N – Distribuição das Solicitações Horizontais	247
	APÊNDICE O – Verificação dos Aparelhos de Apoio das Longarinas	251
	APÊNDICE P – Solicitações nos Encontros	255
	APÊNDICE Q – Placas de Apoio das Lajes de Acesso e Dimensionamento dos Encontros	266
	APÊNDICE R – Solicitações nos Blocos de Coroamento	277
	APÊNDICE S – Dimensionamento dos Blocos Extremos (B1=B3)	282
	APÊNDICE T – Dimensionamento do Bloco Intermediário (B2)	310
	APÊNDICE U – Capacidade de Carga do Solo	329
	APÊNDICE V – Solicitações das Estacas	334
	ANEXO A1 –Entrada/Saída do Software SALT 9.0 devido ao Carregamento Permanente	348

ANEXO A2 –Entrada/Saída do Software SALT 9.0 devido ao Carregamento Móvel	362
ANEXO A3 –Entrada/Saída do Software SALT 9.0 devido ao Carregamento de Vento de Sobrepressão	375
ANEXO A4 –Entrada/Saída do Software SALT 9.0 devido ao Carregamento de Vento de Sucção.....	389
ANEXO B –Valores Adimensionais para Armadura Longitudinal de Seções Retangulares (Carvalho e Figueiredo Filho, 2001).....	403
ANEXO C –Entrada/Saída do Software CAST 0.9.11.....	406

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Seção de saída da bacia hidrográfica.....	5
Figura 2.	Pontos de cota mais elevada assinalados.	6
Figura 3.	Delimitação da bacia hidrográfica em segmento de reta de cor vermelha.7	
Figura 4.	Determinação do Fator de Forma com medidas em metros.	8
Figura 5.	Criação de malha para determinação da declividade média da bacia.....	10
Figura 6.	Ordem dos canais da bacia hidrográfica.....	13
Figura 7.	Numeração dos canais da bacia hidrográfica.	14
Figura 8.	Seção transversal trapezoidal de um canal genérico.	33
Figura 9.	Seção transversal do canal estudado.	34
Figura 10.	Cálculo dos fatores de condução para diferentes tirantes ($A_m \times h$).	35
Figura 11.	Pilar inserido no curso d'água estudado.	37
Figura 12.	Sobreelevação (y ou h_c) formada pela contração devido ao pilar da ponte.	37
Figura 13.	Perfil de sondagem – estaca 130 + 15,00 – profundidade de 0 a 20.....	42
Figura 14.	Perfil de sondagem – estaca 130 + 15,00 – profundidade de 20 a 40...	43
Figura 15.	Perfil de sondagem – estaca 130 + 15,00 – profundidade de 40 a 50...	44
Figura 16.	Equilíbrio de forças atuantes em um veículo em curva (Lee, 2000).	49
Figura 17.	Vista lateral da ponte em vigas contínuas.....	56
Figura 18.	Seção da ponte em vigas I.....	57
Figura 19.	Seção da ponte obtida após as iterações de verificação de resistência (dimensões em m).	57
Figura 20.	Composição da seção da ponte por figuras planas mais simples.	60
Figura 21.	Dimensões em cm das barreiras utilizadas (DNER, 1996).....	64
Figura 22.	Dimensões dos guarda-corpos utilizados (DNER, 1996).	64
Figura 23.	Esquema de cálculo de carga permanente da superestrutura.	65
Figura 24.	Diagrama de momento fletor para carga permanente em kNm.....	65
Figura 25.	Diagrama de força cortante para carga permanente da superestrutura em kN.	66
Figura 26.	Veículo-tipo classe 45 com peso reduzido e respectivas dimensões em m (NBR-7188, 1982).....	69
Figura 27.	Linhas de fluxo para superfície em forma de asa (arrasto mínimo e inexistência de redemoinhos).	70
Figura 28.	Linhas de fluxo para superfície em forma de esfera (arrasto médio com poucos redemoinhos).	70

Figura 29. Linhas de fluxo para superfície em forma de plano (arrasto máximo com muitos redemoinhos).	70
Figura 30. Esquema de cálculo de carga de vento de sobrepressão na superestrutura. 76	76
Figura 31. Diagrama de momento fletor para carga vento de sobrepressão em kNm. 76	76
Figura 32. Diagrama de força cortante para carga vento de sobrepressão em kN. 77	77
Figura 33. Esquema de cálculo de carga de vento de sucção na superestrutura... 77	77
Figura 34. Diagrama de momento fletor para carga vento de sucção em kNm..... 77	77
Figura 35. Diagrama de força cortante para carga vento de sucção em kN..... 78	78
Figura 36. Lajes dos passeios (em balanço, 1 e 6), lajes biengastadas (2, 3, 4 e 5) e laje de acesso (biapoiada).	86
Figura 37. Domínios do Estado Limite Último de uma seção transversal (Fonte: NBR-6118, 2003).....	89
Figura 38. Largura de mesa colaborante (NBR-6118, 2003).....	95
Figura 39. Decalagem de força no banzo tracionado de uma viga (NBR-6118, 2003). 103	103
Figura 40. Solicitações nos elementos constituintes da mesoestrutura.	104
Figura 41. Encontro + bloco de coroamento localizado na extremidade do tabuleiro. 108	108
Figura 42. Determinação de empuxo de sobrecarga (tabuleiro em planta).....	110
Figura 43. Articulação do tipo Freyssinet, dimensões em cm (DNIT, 2004).	111
Figura 44. Aparelho de apoio do tipo rolo metálico (DNIT, 2004).....	111
Figura 45. Comportamento do neoprene fretado ao cisalhamento (NBR-9783, 1987). 112	112
Figura 46. Comportamento do neoprene fretado à compressão (NBR-9783, 1987). 113	113
Figura 47. Comportamento do neoprene fretado à rotação (NBR-9783, 1987)....	113
Figura 48. Conceitos de flexibilidade (f) e rigidez (K).	116
Figura 49. Determinação da rigidez (K) e flexibilidade (f) dos aparelhos de neoprene. 117	117
Figura 50. Determinação do centro elástico de uma infraestrutura.	119
Figura 51. Equilíbrio de forças de uma infraestrutura.....	120
Figura 52. Camada de elastômero solicitada por compressão simples.....	122
Figura 53. Camada de elastômero solicitada por ação horizontal.....	123
Figura 54. Camada de elastômero solicitada por rotação.	125

Figura 55. Dimensões dos aparelhos de neoprene fretado em planta, em cm (fora de escala).	128
Figura 56. Aparelho de neoprene em corte na direção da menor dimensão dos blocos B1, B2 e B3, (fora de escala) fretagens de aço de 4mm intercaladas com elastômero de 11mm e revestimento final de elastômero de 6mm.	128
Figura 57. Seção transversal do encontro: a) dimensões em metros e b) modelo de treliça.	129
Figura 58. Região do encontro perturbada provocada pela presença do consolo (região hachurada) de acordo com o princípio de Saint Venant.	130
Figura 59. Esquema da distribuição de área de influência das cargas de peso próprio e os respectivos nós dos encontros.	131
Figura 60. Carga móvel nos encontros (vista do encontro em planta e dimensões em m).	132
Figura 61. Empuxo de terra e sobrecarga nos encontros e área de contribuição para os nós.	132
Figura 62. Modelo de treliça (a) e Esquema final de cálculo (b).	134
Figura 63. Aparelho de neoprene fretado+PTFE em planta (dimensões em cm).	135
Figura 64. Aparelho de neoprene fretado+PTFE dos encontros E1 e E2, fretagens de aço de 2 mm intercaladas com camadas de elastômero de 3,4 mm e revestimento de PTFE de 16 mm.	135
Figura 65. Verificação das tensões nos elementos efetuada pelo CAST 0.9.11.	139
Figura 66. Zona de regularização de tensões segundo o princípio de Saint Venant.	142
Figura 67. Dimensões finais dos blocos extremos (a) e intermediário (b) em planta, dimensões em metros.	144
Figura 68. Dimensões finais dos blocos extremos (a) e intermediário (b) em corte, dimensões em metros.	145
Figura 69. Modelo de bielas e tirantes espacial dos blocos extremos (B1 e B3).	147
Figura 70. Modelo de bielas e tirantes espacial do bloco intermediário (B2).	147
Figura 71. Solicitações axiais (kN) e deformada dos elementos do modelo de bielas e tirantes espacial dos blocos extremos (B1 e B3).	148
Figura 72. Solicitações axiais (kN) e deformada dos elementos do modelo de bielas e tirantes espacial do bloco intermediário (B2).	148
Figura 73. Armaduras de bloco sobre 2 estacas (Araújo, 2003).	151
Figura 74. Armaduras de bloco sobre 4 estacas (Araújo, 2003).	152
Figura 75. Detalhamento de uma armadura de fretagem genérica.	153

Figura 76. Determinação da resistência de ponta segundo Monteiro (1997) <i>apud</i> Velloso e Lopes (2002).....	157
Figura 77. Inclinação das estacas dos blocos de coroamento (a) blocos extremos e (b) bloco intermediário (b) em planta, dimensões em metros.....	158
Figura 78. Inclinação das estacas dos blocos de coroamento (a) blocos extremos em corte e (b) bloco intermediário em corte, dimensões em metros.	159
Figura 79. Proposta de Tschebotarioff para o caso em questão (Velloso e Lopes, 2002).	161
Figura 80. Esquema de cálculo das hipóteses A e B para a estaca E6B dos blocos extremos. (a) Verificação segundo hipótese de Winkler e (b) Verificação segundo efeito Tschebotarioff.	162
Figura 81. Esquema de cálculo das hipóteses C e D para a estaca E6B dos blocos extremos. (a) Verificação segundo hipótese de Winkler e (b) Verificação segundo efeito Tschebotarioff.	163
Figura 82. Esquema de cálculo das hipóteses E e F para a estaca E3B dos blocos extremos. (a) Verificação segundo hipótese de Winkler e (b) Verificação segundo efeito Tschebotarioff.	164
Figura 83. Esquema de cálculo das hipóteses G e H para a estaca E3B dos blocos extremos. (a) Verificação segundo hipótese de Winkler e (b) Verificação segundo efeito Tschebotarioff.	165
Figura 84. Esquema de cálculo das hipóteses A e B para a estaca E1B do bloco intermediário. (a) Verificação segundo hipótese de Winkler e (b) Verificação segundo efeito Tschebotarioff.	166
Figura 85. Esquema de cálculo das hipóteses C e D para a estaca E1B do bloco intermediário. (a) Verificação segundo hipótese de Winkler e (b) Verificação segundo efeito Tschebotarioff.	167
Figura 86. Esquema de cálculo das hipóteses E e F para a estaca E4B do bloco intermediário. (a) Verificação segundo hipótese de Winkler e (b) Verificação segundo efeito Tschebotarioff.	168
Figura 87. Esquema de cálculo das hipóteses G e H para a estaca E4B do bloco intermediário. (a) Verificação segundo hipótese de Winkler e (b) Verificação segundo efeito Tschebotarioff.	169

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. – Cotas nos nós da malha em metros.....	10
Tabela 2. Declividades médias dos nós.....	11
Tabela 3. Cálculo da densidade de drenagem.....	15
Tabela 4. Períodos de retorno (T) propostos por DAEE-CETESB (1980), citados por Porto et al (2000), em virtude do tipo de ocupação da área.....	16
Tabela 5. Períodos de Retorno (T) recomendados pelo DNIT (2004) para os tipos de obra.	16
Tabela 6. Aplicação da equação de Kirpich.....	18
Tabela 7. Aplicação da equação de Ven Te Chow.	18
Tabela 8. Aplicação da equação de Picking.	19
Tabela 9. Coeficientes K conforme as características da bacia hidrográfica estudada (DNER, 1990).....	20
Tabela 10. Aplicação da equação do DNOS.....	20
Tabela 11. Aplicação da equação de Ventura.	20
Tabela 12. Aplicação da equação de John Collins.....	21
Tabela 13. – Aplicação da equação derivada do método da onda cinemática.	22
Tabela 14. Aplicação da equação de Giandotti.....	23
Tabela 15. Aplicação da equação de Dodge.	24
Tabela 16. Aplicação da equação SCS Lag.....	25
Tabela 17. Métodos utilizados para obtenção do Tempo de Concentração (t_c).....	26
Tabela 18. Aplicação da equação de Chuvas Intensas (IDF).....	27
Tabela 19. Coeficientes de escoamento superficial recomendados pela SCS – USDA (Pruski et al, 2003).....	29
Tabela 20. Aplicação do Método Racional.....	30
Tabela 21. Aplicação do Método Racional Modificado.....	30
Tabela 22. Aplicação do Método I-Pai-Wu Modificado.....	31
Tabela 23. Métodos Utilizados para a determinação da Vazão de Projeto (Q_p).	32
Tabela 24. Cálculo do Tirante Hidráulico de Cheia (h_{cheia}).	36
Tabela 25. Coeficiente de contração (C) segundo DNER (1990).	38
Tabela 26. Cálculo da contração (h_c) provocada pela inserção de pilares no canal.	38
Tabela 27. Velocidades médias recomendadas (Azevedo Neto et al, 1998).....	39
Tabela 28. Velocidades máximas recomendadas (Azevedo Neto et al, 1998).....	39
Tabela 29. Velocidades mínimas recomendadas (Azevedo Neto et al, 1998).....	40

Tabela 30.	Características técnicas para o projeto de rodovias novas (Lee, 2000).	47
Tabela 31.	Parâmetros para classificação funcional de rodovias (Lee, 2000).....	48
Tabela 32.	Valores máximos admissíveis para os coef. de atrito transversal f (Lee, 2000).	50
Tabela 33.	Raios que dispensam superelevação (Lee, 2000).....	51
Tabela 34.	Recomendações sobre valores máximos de superelevação (Lee, 2000).	51
Tabela 35.	Aplicação da equação da superelevação.....	52
Tabela 36.	Carga dos veículos-tipo segundo a NBR-7188 (1982).	68
Tabela 37.	Características dos veículos-tipo segundo a NBR-7188 (1982).	68
Tabela 38.	Escala Fujita para classificação dos ventos (LFMN, 2005).	72
Tabela 39.	Coeficientes de ponderação $\gamma_1 = \gamma_{f1}, \gamma_{f3}$ extraídos da NBR-6118 (2003). .	80
Tabela 40.	Coeficientes de ponderação γ_2 extraídos da NBR-6118 (2003).	80
Tabela 41.	Propriedades de aparelhos de apoio de neoprene extraídos de Almeida (1986) e NBR-9783 (1987).....	112
Tabela 42.	Relação entre a espessura da chapa de fretagem e altura da camada de elastômero (NBR-9783, 1987).	114
Tabela 43.	Valores de ordem prática de penetração da estaca no bloco de coroamento (Fusco, 1995).....	145
Tabela 44.	Valores típicos do coeficiente de reação horizontal (K_h) para argilas sobre-adensadas (adaptado de Velloso e Lopes, 2002)	160

ABREVIATURAS, SIGLAS, SÍMBOLOS E SINAIS

$>$	Maior que
\geq	Maior ou igual que
$<$	Menor que
\leq	Menor ou igual que
\pm	Mais ou menos, aproximadamente
α	Coeficiente de Coriolis; Inclinação de pista de rolamento; Ângulo da armadura transversal com a horizontal; Rotação imposta em aparelhos de apoio de neoprene fretado; Fator relacionado ao tipo de solo; Inclinação das estacas
α_0	Rotação parasitária em aparelhos de apoio de neoprene fretado
α_1	Coeficiente de minoração do comprimento de ancoragem que considera de barras com ganchos
α_c	Coeficiente de dilatação térmica do concreto
α_{ot}	Coeficiente de condições de emenda por transpasse de armadura tracionada
α_t	Rotação estrutural em aparelhos de apoio de neoprene fretado
α_T	Rotação total em aparelhos de apoio de neoprene fretado
$\alpha_{T,lim}$	Rotação total limite em aparelhos de apoio de neoprene fretado
β	Distância de uma força aplicada ao centro elástico de uma infraestrutura; Coeficiente de forma
β_2	Fator que leva em consideração os efeitos de fissuração e armadura de confinamento sobre a resistência efetiva a compressão das bielas e os diferentes estados tensionais nas regiões nodais nos modelos de bielas e tirantes segundo ACI-318 (2002)
β_n	Fator que leva em consideração os diferentes estados tensionais nas regiões nodais, ou seja, a quantidade de tirantes que concorrem aos nós nos modelos de bielas e tirantes segundo ACI-318 (2002)
β_s	Fator que leva em consideração os efeitos de fissuração e armadura de confinamento sobre a resistência efetiva a

	compressão das bielas nos modelos de bielas e tirantes segundo ACI-318 (2002)
γ	Peso específico; Distorção
γ_{eq}	Coefficiente de ponderação para as ações variáveis indiretas (temperatura)
γ_c	Coefficiente de ponderação das resistências do concreto para combinação no ELU
$\gamma_{imediate}$	Distorção imediata devido às solicitações dinâmicas
γ_{f1}	Parte do coeficiente de ponderação das ações que considera a variabilidade das ações
γ_{f2}	Parte do coeficiente de ponderação das ações que considera a simultaneidade de atuação das ações
γ_{f3}	Parte do coeficiente de ponderação das ações que considera os desvios gerados nas construções e as aproximações feitas em projeto do ponto de vista de solicitações
γ_g	Coefficiente de ponderação para as ações permanentes diretas
$\gamma.H$	Pressão correspondente à diferença de largura da estaca
γ_{lenta}	Distorção lenta devido às solicitações estáticas
γ_m	Coefficiente de ponderação das resistências
γ_{m1}	Parte do coeficiente de ponderação das resistências que considera a variabilidade da resistência dos materiais envolvidos
γ_{m2}	Parte do coeficiente de ponderação das resistências que considera a diferença entre a resistência do material no corpo-de-prova e na estrutura
γ_{m3}	Parte do coeficiente de ponderação das resistências que considera os desvios gerados na construção e as aproximações feitas em projeto do ponto de vista das resistências
γ_s	Coefficiente de ponderação das resistências do aço para combinação no ELU; Peso específico de solo
γ_q	Coefficiente de ponderação para as ações variáveis diretas
δ	Coefficiente de redistribuição de momentos fletores; Deslocamento de um elemento estrutural
δ_i	Deslocamento local

δ_{total}	Deslocamento total
ε_c	Deformação específica do concreto
ε_s	Deformação específica do aço
ε_{yd}	Deformação específica de escoamento do aço
η	Expoente hidráulico
η_1	Índice de conformação superficial de barras de aço
η_2	Índice referente à situação de aderência de barras de aço
η_3	Índice relacionado ao diâmetro de barras de aço
θ	Ângulo do talude com a horizontal; Ângulo de inclinação do tabuleiro; Ângulo das bielas comprimidas com a horizontal em um elemento de concreto
θ_s	Ângulo das bielas comprimidas com a horizontal em um elemento de concreto
$\mu_{L,i}$	Coefficiente de distribuição de força horizontal longitudinal para cada bloco de coroamento i
ν	Coefficiente de Poisson
ν_c	Coefficiente de Poisson do concreto
ν_N	Coefficiente de Poisson de aparelhos de apoio de neoprene fretado
ξ	Índice de minoração do Método Racional Modificado
ρ	Massa específica
ρ_s	Taxa de armadura
$\rho_{s, min}$	Taxa mínima de armadura
$\rho_{s, max}$	Taxa máxima de armadura
σ	Tensão normal
σ_{atu}	Tensão normal atuante
σ_d	Tensão normal de cálculo
σ_N	Tensão normal em aparelhos de neoprene fretado
σ_N^{max} ou σ_{max}	Tensão normal máxima em aparelhos de neoprene fretado
σ_N^{min} ou σ_{min}	Tensão normal mínima em aparelhos de neoprene fretado
σ_s	Tensão normal resistente do aço principal

σ_s'	Tensão normal resistente do aço secundário
τ	Tensão cisalhante
τ_α	Tensão cisalhante nos planos de fretagem de aparelhos de apoio de neoprene devido às rotações impostas
$\tau_{\alpha,lim}$	Tensão cisalhante limite nos planos de fretagem de aparelhos de apoio de neoprene devido às rotações impostas
τ_{cone}	Resistência lateral obtida em um ensaio de CPT
τ_l	Resistência unitária genérica lateral de uma estaca
τ_H	Tensão cisalhante nos planos de fretagem de aparelhos de apoio de neoprene devido às distorções impostas
$\tau_{H,imediate}$	Tensão cisalhante imediata nos planos de fretagem de aparelhos de apoio de neoprene devido às distorções impostas dinâmicas
$\tau_{H,lim}$	Tensão cisalhante limite nos planos de fretagem de aparelhos de apoio de neoprene devido às distorções impostas
$\tau_{H,lento}$	Tensão cisalhante lenta nos planos de fretagem de aparelhos de apoio de neoprene devido às distorções impostas estáticas
τ_H^{max}	Tensão cisalhante máxima nos planos de fretagem de aparelhos de apoio de neoprene devido às distorções máximas impostas
$\tau_{H,total}$	Tensão cisalhante total nos planos de fretagem de aparelhos de apoio de neoprene devido às distorções impostas
τ_N	Tensão cisalhante nos planos de fretagem de aparelhos de apoio de neoprene devido a tensões normais
τ_N^{max} ou	Tensão cisalhante máxima nos planos de fretagem de aparelhos de apoio de neoprene devido a tensões normais máximas
$\tau_{N,max}$	
τ_{total}	Tensão cisalhante total nos planos de fretagem de aparelhos de apoio de neoprene
τ_{wd}	Tensão solicitante de cálculo devido a força cortante
ϕ	Ângulo de atrito interno do solo; Coeficiente de minoração das resistências para elementos reticulados em modelos de bielas e tirantes segundo ACI-318 (2002)
φ	Curva de condução; Coeficiente de impacto vertical
ϕ	Diâmetro de uma barra de aço da armadura longitudinal
ϕ_w	Diâmetro de uma barra de aço da armadura transversal

ψ_0	Fator de redução de combinação para ELU
ψ_1	Fator de redução de combinação freqüente para ELS
ψ_2	Fator de redução de combinação quase permanente para ELS
$\psi_{0\varepsilon}$	Fator de redução de combinação para ações variáveis indiretas
ψ_{0j}	Fator de redução de combinação para ações variáveis diretas
Δl	Trecho de uma estaca para o qual τ_i se aplica
ΔH	Variação de altura
$\Delta S_{\text{disponível}}$	Variação de espaçamento para distribuição de armadura transversal
$\Delta \Theta$	Variação de temperatura ou gradiente térmico em obras de concreto
Λ	Fator de condução
Σ	Somatório
$^{\circ}\text{C}$	Graus Celsius
a	Parâmetro de ajuste de curvas IDF; Distância entre momentos fletores nulos de uma peça; Largura da roda do Veículo-tipo; Maior distância do elemento estrutural que incide o vento; Aceleração de um móvel; Menor dimensão em planta de aparelhos de apoio de neoprene fretado; Distância do ponto de aplicação de carga vertical à face de um consolo; Menor dimensão de um bloco de coroamento
a_0	Dimensão de um aparelho de apoio de elastômero fretado em x
a_1	Maior largura de uma biela do tipo garrafa
a_2	Menor largura de uma biela do tipo garrafa
a_h	Espaçamento horizontal entre as faces das barras de aço longitudinal
a_l	Decalagem de força no banzo tracionado
$a_{l, \text{min}}$	Decalagem mínima de força no banzo tracionado
a_v	Espaçamento vertical entre as faces das barras de aço longitudinal
A	Área
$A_{\phi l}$	Área de uma barra de aço da armadura longitudinal
$A_{\phi v}$	Área de uma barra de aço da armadura transversal

A_I	Área de uma aba da mesa de uma viga
A_b	Área da ponta de uma estaca
A_{bc}	Área de uma biela cilíndrica
A_{be}	Área de uma biela elipsoidal
A_c	Área de concreto
$A_{c, alma}$	Área de concreto da alma de uma viga
A_m	Área molhada
A_{max}	Área máxima de armadura
$A_{c, N}$	Área da seção transversal de concreto de face de uma região nodal de um modelo de bielas e tirantes
$A_{c, S}$	Área da seção transversal de concreto de uma biela de um modelo de bielas e tirantes
A_s	Área de aço de armadura principal
A_s'	Área de aço de armadura secundária
$A_{s, cal}$	Área de aço de aço calculada
$A_{s, costura}$	Área de armadura de costura em modelos de bielas e tirantes de consolos segundo ACI-318 (2002)
$A_{s, DRT}$	Área de aço da armadura positiva de distribuição, retração e temperatura
A_{se}	Área de aço efetiva
$A_{s, f}$	Área de aço da armadura principal devido ao momento fletor M_f
$A_{s, H}$	Área de armadura de aço necessária para combater uma força horizontal adicional aplicada no apoio de um consolo segundo ACI-318 (2002)
$A_{s, min}$	Área mínima de aço
$A_{s, principal}$	Área de aço da armadura principal
$A_{s, R}$	Área de aço da armadura principal devido ao momento fletor M_R
$A_{s, T}$	Área de aço requerida nos tirantes de um modelo de bielas e tirantes
$A_{s, UTILIZADO}$ ou $A_{s, adot}$	Área de aço adotada
$A_{s, pele}$	Área de aço da armadura de pele longitudinal
$A_{s, w}$	Área de aço da armadura principal devido ao momento fletor M_w

A_{sw}	Área de aço da armadura transversal
A_{swf}	Área de aço da armadura de costura transversal
b	Parâmetro de ajuste de curvas IDF; Largura de fundo de um canal; Maior dimensão em planta de aparelhos de apoio de neoprene fretado; Maior dimensão de um bloco de coroamento
b_0	Dimensão de um aparelho de apoio de elastômero fretado em y
b_1	Diâmetro de estaca
b_f	Largura da mesa de uma viga T ou I
b_w	Largura da alma de uma viga T ou I
B	Largura média; Largura de uma estaca
B1	Bloco de coroamento 1 ou extremo esquerdo
B2	Bloco de coroamento 2 ou intermediário
B3	Bloco de coroamento 3 ou extremo direito
<i>Beta Ratio</i>	Taxa de demanda de tensão nas bielas e regiões nodais de modelos de bielas e tirantes
c	Parâmetro de ajuste de curvas IDF; Altura de uma mísula de uma viga; Cobrimento de concreto de um elemento
C	Coefficiente de escoamento superficial ou Run-off; Coeficiente de contração; Coeficiente de força específico
C_1	Coefficiente de escoamento relativo ao tempo de pico e tempo de concentração
C_2	Coefficiente de escoamento superficial volumétrico
C_a	Coefficiente de arrasto, segundo normalização brasileira
C_D	Coefficiente de arrasto, segundo normalização espanhola
C_g	Fator de rajada, segundo normalização espanhola
C_r	Fator de risco, segundo normalização espanhola
C_p	Coefficiente de pressão
C_t	Fator topográfico, segundo normalização espanhola
C_z	Fator de altura, segundo normalização espanhola
CA	Concreto armado
Classif.	Classificação
CPT	Do inglês, <i>Cone Penetration Test</i>
CC	Capacidade de carga

CCC	Compressão-compressão-compressão em determinado nó de um modelo de bielas e tirantes
CCT	Compressão-compressão-tração em determinado nó de um modelo de bielas e tirantes
CTT	Compressão-tração-tração em determinado nó de um modelo de bielas e tirantes
CG	Centróide ou centro de gravidade
CN	Número de curva
<i>d</i>	Distância entre eixos; Altura útil de um elemento estrutural ou distância entre o bordo tracionado e o CG da armadura tracionada ou principal
<i>d'</i>	Distância entre o bordo comprimido e o CG da armadura comprimida ou secundária
<i>d_l</i>	Distância do centro de gravidade local ao global
<i>d_{min}</i>	Altura útil mínima para garantia de que o aço atinja o escoamento antes da ruptura do concreto
<i>d_{Max, Agregado}</i>	Diâmetro máximo do agregado graúdo
<i>D</i>	Rigidez à flexão de uma placa delgada
<i>D_d</i>	Densidade de drenagem
<i>D_s</i>	Densidade de cursos d'água da bacia hidrográfica
Dist.	Distância
<i>e</i>	Superelevação; Espessura
<i>e_{ix}</i>	Excentricidade inicial de um elemento estrutural na direção x
<i>e_{ix, base}</i>	Excentricidade inicial na base de um elemento estrutural na direção x
E1	Encontro 1 ou extremo esquerdo
E2	Encontro 2 ou extremo direito
<i>E_a</i>	Empuxo ativo do maciço terroso
<i>E_{ci}</i>	Módulo de elasticidade ou de deformação tangente inicial longitudinal do concreto
<i>E_{cs}</i>	Módulo de elasticidade ou de deformação secante longitudinal do concreto
<i>E_N</i>	Módulo de elasticidade ou de deformação dos aparelhos de

	apoio de neoprene fretado
E_s	Módulo de elasticidade ou de deformação do aço
E_{sob}	Empuxo de sobrecarga
Elem.	Elemento
ELS	Estados limites de serviço
ELU	Estados limites último
Ext.	Extensão
f	Coeficiente de atrito transversal entre pneu/pavimento; Coeficiente de atrito entre concreto e aparelho de apoio; Flexibilidade de um elemento estrutural; Deslocamento em aparelhos de apoio de neoprene fretado
f_{bd}	Resistência de aderência de cálculo
f_B	Flexibilidade de bloco de coroamento
f'_c	Resistência específica do concreto à compressão de um modelo de bielas e tirantes segundo ACI-318 (2002)
f_{cd}	Resistência de cálculo do concreto a compressão
f_{ck}	Resistência característica do concreto a compressão aos 28 dias
$f_{conjunto}$	Flexibilidade do conjunto bloco-neoprene
f_{ctd}	Resistência de cálculo do concreto a tração
$f_{ct, inf}$	Limite inferior da resistência a tração do concreto
$f_{ct, m}$	Resistência média do concreto a tração
$f_{ct, sup}$	Limite superior da resistência a tração do concreto
f_{cu}	Resistência efetiva das bielas e regiões nodais de concreto de um modelo de bielas e tirantes segundo ACI-318 (2002)
$f_{cu,S}$	Resistência efetiva de uma biela de concreto de um modelo de bielas e tirantes
$f_{cu,N}$	Resistência efetiva de uma face nodal de concreto de um modelo de bielas e tirantes
f_N	Flexibilidade de um aparelho de apoio de neoprene
f_{yd}	Resistência de cálculo do aço
$f'_c Ratio$	Taxa de demanda de resistência de bielas e regiões nodais de modelos de bielas e tirantes
F	Fator de forma; Força

$F1$	Fator de escala e execução de estacas, relacionados com a forma e o tipo de material
$F2$	Fator de escala e execução de estacas, relacionados com a forma e o tipo de material
F_{xz}	Resultante no plano xz das cargas aplicadas nas estacas
F_{yz}	Resultante no plano yz das cargas aplicadas nas estacas
F_{xy}	Resultante no plano xy das cargas aplicadas nas estacas
F_{gk}	Ações permanentes indiretas
F_a	Força do vento de arrasto
F_c	Força centrífuga; Índice de conformação da bacia hidrográfica
F_d	Valor de cálculo das ações para combinação última
$F_{fren, multidão}$	Força horizontal longitudinal de frenagem e aceleração de multidão de veículos
$F_{fren, veículo-tipo}$	Força horizontal longitudinal de frenagem e aceleração do veículo-tipo
F_F	Fator de forma ou índice de Gravelius da bacia hidrográfica
F_{gk}	Ações permanentes diretas
F_p	Força do vento de pressão
F_n	Força nominal resistente em um modelo de bielas e tirantes segundo ACI-318 (2002)
$F_{n,S}$	Força resistente nas bielas de um modelo de bielas e tirantes
$F_{n,N}$	Força resistente nas faces das regiões nodais de um modelo de bielas e tirantes
$F_{n,T}$	Força resistente nos tirantes de um modelo de bielas e tirantes
F_{Tx}	Força de fendilhamento em blocos de coroamento na direção x
F_{Ty}	Força de fendilhamento em blocos de coroamento na direção y
F_u	Força aplicada em um modelo de bielas e tirantes segundo ACI-318 (2002)
$F_{u,S}$	Força atuante nas bielas de um modelo de bielas e tirantes
$F_{u,N}$	Força atuante nas faces das regiões nodais de um modelo de bielas e tirantes
$F_{u,T}$	Força atuante nos tirantes de um modelo de bielas e tirantes
F_L	Força horizontal longitudinal aplicada ao tabuleiro da ponte

$F_{L,i}$	Força horizontal longitudinal local
F_R	Força resultante
F_{Sob}	Força do vento de sobrepressão
F_{Suc}	Força do vento de sucção
F_T	Força transversal total aplicada ao eixo do tabuleiro da ponte
$F_{T,i}$	Força transversal local aplicada ao bloco de coroamento i
$F_{u,T}$	Força solicitante nos tirantes de um modelo de bielas e tirantes
FZ	Carga proveniente da viga
g	Aceleração da gravidade; Carga permanente
G	Giga, referente a 10^9 ; Módulo de cisalhamento ou de deformação transversal
G_c	Módulo de cisalhamento ou de deformação transversal do concreto
G_N	Módulo de cisalhamento ou de deformação transversal de aparelhos de apoio de neoprene fretado
$G_{N,mediato}$	Módulo de cisalhamento ou de deformação transversal de aparelhos de apoio de neoprene fretado para solicitação dinâmica
$G_{N,lento}$	Módulo de cisalhamento ou de deformação transversal de aparelhos de apoio de neoprene fretado para solicitação estática
GPa	Gigapascal, referente a 10^9 Pa
h	Tirante hidráulico; Altura; Espessura
h_c	Tirante de contração
h_{cheia}	Tirante de cheia
h_f	Altura da mesa de uma viga
h_{max}	Altura máxima do curso d'água; Cota máxima ou de projeto
H	Diferença de nível; Força horizontal devido ao atrito nos apoios; Altura; Força horizontal aplicada
$H_{mediato}$	Força horizontal aplicada dinâmica
H_{lento}	Força horizontal aplicada estática
H_{long}	Força horizontal aplicada na direção longitudinal ao eixo do tabuleiro
H_{min}	Força horizontal mínima

H_{trans}	Força horizontal aplicada na direção transversal ao eixo do tabuleiro
ha	Equitare, equivalente a 10.000 metros quadrados
Hab.	Habitantes
i_m	Intensidade máxima média de uma precipitação
i_x	Raio de giração em relação ao eixo x
i_y	Raio de giração em relação ao eixo y
i_z	Raio de giração em relação ao eixo z
I	Declividade de fundo ou piezométrica; Momento de inércia de um elemento estrutural
I_{long}	Momento de Inércia longitudinal ao eixo da ponte e trasnversal aos blocos de coroamento
I_{trans}	Momento de Inércia transversal ao eixo da ponte e longitudinal aos blocos de coroamento
I_x	Momento de Inércia em relação ao eixo x
I_y	Momento de Inércia em relação ao eixo y
I_z	Momento de Inércia em relação ao eixo z
k	Quilo, referente a 10^3
k	Coefficiente adimensional referente ao ângulo de incidência da corrente d'água e da seção transversal do elemento de incidência; Fator relacionado ao tipo de solo
k'	Coefficiente de distribuição espacial da chuva
k_{mxm}	Constante dos momentos fletores devido à carga permanente obtido nas tabelas de Rüsçh, no meio do vão na direção x
k_{mze}	Constante dos momentos fletores devido à carga permanente obtido nas tabelas de Rüsçh, na extremidade da direção z
k_{mzm}	Constante dos momentos fletores devido à carga permanente obtido nas tabelas de Rüsçh, no meio do vão na direção z
K	Coefficiente relativo às características da Bacia; Parâmetro de ajuste de curvas IDF; Rigidez de um elemento estrutural; Coeficiente de empuxo de determinado solo
K_a	Coefficiente de empuxo ativo do maciço terroso
K_B	Rigidez de um bloco de coroamento

K_c	Índice de compacidade da bacia hidrográfica
$K_{conjunto}$	Rigidez do conjunto bloco-neoprene
K_H	Coefficiente de reação horizontal em estacas
$K_{L,i}$	Rigidez local longitudinal do conjunto bloco-neoprene
$K_{L,total}$	Rigidez total longitudinal do tabuleiro da ponte
K_N	Rigidez de um aparelho de neoprene fretado
$K_{T,i}$	Rigidez local transversal do conjunto bloco-neoprene
$K_{T,conjunto}$	Rigidez do conjunto bloco-neoprene na direção transversal ao eixo do tabuleiro da ponte
$K_{T,total}$	Rigidez total transversal do tabuleiro da ponte
KMD	Momento fletor específico
$KMD_{corrigido}$	Momento fletor específico corrigido
KMD_{MAX}	Momento fletor específico máximo
KX	Relação entre a linha neutra (x) e a altura útil (d)
KX_{23}	Relação entre a linha neutra no limite dos domínios 2 e 3 (x_{23}) e a altura útil (d)
KX_{34}	Relação entre a linha neutra no limite dos domínios 3 e 4 (x_{34}) e a altura útil (d)
KZ	Relação entre o braço de alavanca (z) e a altura útil (d)
km	Quilômetro, equivalente a 1.000 metros
km ²	Quilômetro quadrado, equivalente a 1.000.000 m ²
l	Largura livre de lâmina d'água; Comprimento de vão teórico; Largura de um bloco de coroamento
l_1	Dimensão de uma edificação ortogonal ao vento
l_2	Dimensão de uma edificação na direção do vento
l_a	Distância da força cortante cálculo ao apoio
l_b	Comprimento básico de ancoragem
$l_{b, min}$	Comprimento mínimo de ancoragem
$l_{b, nec}$	Comprimento de ancoragem reta
l_{biela}	Largura de uma biela
l_{ot}	Comprimento de transpasse de armadura tracionada
$l_{ot, min}$	Comprimento mínimo de transpasse de armadura tracionada
l_t	Vão de força cortante

L	Comprimento; Vão; Largura; Comprimento de um bloco de coroamento
L_L	Largura de lâmina d'água
L_P	Largura da obstrução do curso d'água
LD	Lado Direito
LE	Lado Esquerdo
m	Massa de um móvel
m	Metro
m²	Metro quadrado
m³	Metro cúbico
M	Mega, referente a 10 ⁶ ; Momento fletor
$\overline{M}^{(-)}$	Média entre dois momentos fletores consecutivos negativos
$M^{(-)}_{d, corrigido}$	Momento fletor negativo de cálculo corrigido
$M_{d, mov}$	Momento fletor resultante de carga móvel para combinação última
$M_{d, w sob}$	Momento fletor resultante de carga de vento de sobrepressão para combinação última
$M_{d, w suc}$	Momento fletor resultante de carga de vento de sucção para combinação última
M_f	Momento fletor resistido pelas abas de uma viga T, I, L, entre outras
$M_g^{(+)}$	Momento fletor positivo devido a carga permanente
$M_g^{(-)}$	Momento fletor negativo devido a carga permanente
M_{maior}	Maior momento fletor em módulo entre dois momentos negativos consecutivos
$M_{mov}^{(+)}$	Momento fletor positivo devido a carga móvel
$M_{mov}^{(-)}$	Momento fletor negativo devido a carga móvel
M_w	Momento fletor resistido pela alma de uma viga T, I, L, entre outras
$M_{w, sob}$	Momento fletor devido a carga de vento de sobrepressão
$M_{w, suc}$	Momento fletor devido a carga de vento de sucção
M_{xmg}	Momento fletor proveniente de carga permanente no meio do vão na direção x

M_{zme}	Momento fletor proveniente de carga permanente na extremidade da direção z
M_{zmg}	Momento fletor proveniente de carga permanente no meio do vão na direção z
M_R	Momento fletor resistido por uma viga retangular
M_{sd}	Momento fletor solicitante de cálculo
$M_{s, comprimido}$	Momento fletor resistido pela armadura secundária
M_{xm}	Momento fletor total proveniente da combinação carga permanente+carga móvel no meio do vão da direção x
M_{xmg}	Momento fletor devido a carga permanente no vão na direção x
$M_{xmVeículo}$	Momento fletor devido à carga móvel do veículo-tipo no meio do vão da direção da direção x
M_{xmp}	Momento fletor de carga móvel de multidão de veículos no meio do vão na direção x
$M_{xmp'}$	Momento fletor de carga móvel de multidão de pessoas no meio do vão na direção x
M_{xmq}	Momento fletor de carga móvel total no meio do vão na direção x
M_{ze}	Momento fletor total proveniente da combinação carga permanente+carga móvel na extremidade da direção z
M_{zeg}	Momento fletor devido a carga permanente na extremidade do vão na direção z
$M_{zeVeículo}$	Momento fletor devido à carga móvel do veículo-tipo na extremidade do vão da direção z
M_{zep}	Momento fletor de carga móvel de multidão de veículos na extremidade do vão na direção z
$M_{zep'}$	Momento fletor de carga móvel de multidão de pessoas na extremidade do vão na direção z
M_{zeq}	Momento fletor de carga móvel total na extremidade do vão na direção z
M_{zm}	Momento fletor total proveniente da combinação carga permanente+carga móvel no meio do vão da direção z
M_{zmg}	Momento fletor devido a carga permanente no vão na direção z
M_{zmp}	Momento fletor de carga móvel de multidão de veículos no meio

	do vão na direção z
M_{zmp}	Momento fletor de carga móvel de multidão de pessoas no meio do vão na direção z
M_{zmq}	Momento fletor de carga móvel total no meio do vão na direção z
$M_{zmVeículo}$	Momento fletor devido à carga móvel do veículo-tipo no meio do vão da direção z
Min.	Mínima
Mont.	Montanhoso
MBT	Modelo de bielas e tirantes
MPa	Megapascal, referente a 10^6 Pa
n	Coefficiente de rugosidade de Manning; Nº de pilares inseridos no curso d'água; Nº de eixos de um veículo-tipo; Nº de pernas de um estribo; Nº de camadas em um aparelho de neoprene fretado; Nº de estacas de um bloco de coroamento
n_{barras}	Número de barras de aço de uma peça de concreto
N	Newton, $kg.m.s^{-2}$; Nº de golpes no ensaio de SPT
N	Força Normal; Reação ou solicitação vertical; Número de golpes no ensaio de SPT
N_s	Número de cursos d'água da bacia hidrográfica
$N_{d,max}$	Solicitação vertical máxima de cálculo
N_d	Solicitação vertical de cálculo
N_{max}	Solicitação vertical máxima
N_{min}	Solicitação vertical mínima
NA	Nível d'água
NMC	Nível de máxima cheia
Ond.	Ondulado
p	Carregamento de multidão de veículos distribuído na pista de rolamento; Intensidade de carga atuante; Pressão estática equivalente de água
p_d	Pressão estática equivalente de água majorada
p_h	Carregamento triangular no centro de uma camada de solo de baixa resistência mecânica segundo Tschebotarioff
p'	Carregamento de multidão distribuído nos passeios

P	Perímetro de bacia hidrográfica; Peso do veículo-tipo por eixo
P'	Peso reduzido do veículo-tipo por eixo
P1	Pilar 1
Pa	Pascal, referente a N/m²
Plan.	Plano
Prof.	Profundidade
P_m	Perímetro molhado
Pop.	População
PP	Peso próprio
q	Pressão dinâmica do vento; Sobrecarga de utilização
q_p	Resistência unitária genérica de ponta de uma estaca
$q_{p,ult}$	Resistência de ponta última de uma estaca
q_{pi}	Resistência de ponta inferior segundo Monteiro (1997) <i>apud</i> Velloso e Lopes (2002)
q_{ps}	Resistência de ponta superior segundo Monteiro (1997) <i>apud</i> Velloso e Lopes (2002)
q_{cone}	Resistência de ponta obtida em um ensaio de CPT
q_{sob}	Pressão de sobrecarga
Q	Vazão
Q_{adm}	Capacidade de carga admissível
Q_P	Vazão de projeto
Q_{ult}	Capacidade de carga ou última
Q_z	Força cortante total proveniente da combinação de carga permanente+carga móvel na direção z
Q_{zg}	Força cortante devido a carga permanente na direção z
Q_{zp}	Força cortante devido à carga móvel de multidão de veículos na direção z
Q_{zp}'	Força cortante devido à carga móvel de multidão de pessoas na direção z
Q_{zq}	Força cortante de carga móvel total na direção z
$Q_{zVeículo}$	Força cortante devido à carga móvel do veículo-tipo na direção z
R	Raio de Curvatura
Rx	Reação na estaca na direção x

R_y	Reação na estaca na direção y
R_z	Reação na estaca na direção z
R_H	Raio hidráulico
R_{sd, cor}	Força corrigida no banzo tracionado
S	Área; Espaçamento de armadura transversal
S₀	Declividade de talvegue
S₁	Fator topográfico, segundo normalização brasileira
S₂	Fator de rugosidade, segundo normalização brasileira
S₃	Fator estatístico, segundo normalização brasileira
S_{adotado} ou	Espaçamento adotado de armadura transversal; Área adotada em
S_{adot}	planta de aparelho de apoio de neoprene
S_{BH}	Declividade da bacia hidrográfica
S_{calc}	Espaçamento calculado de armadura transversal
S_{disponível}	Espaçamento disponível para a distribuição da armadura transversal
S_{disponível de cal.}	Espaçamento disponível de cálculo para a distribuição da armadura transversal
S_{max}	Espaçamento máximo de armadura transversal; Área máxima em planta de aparelho de apoio de neoprene fretado
S_{min}	Área Mínima
S_t	Declividade da superfície
SL	Superfície livre de um curso d'água
SPT	Do inglês, <i>Standard Penetration Test</i>
Solic.	Solicitação
Stress Ratio	Taxa de tensão nos elementos que compõem os modelos de bielas e tirantes
t	Duração de uma precipitação; Espessura de camadas de elastômero em aparelhos de neoprene fretado; Espessura de uma região perturbada de um modelo de bielas e tirantes
t_c	Tempo de concentração
t_s	Espessura de uma chapa de fretagem em aparelhos de apoio de neoprene fretado
t_{s lim}	Espessura limite de uma chapa de fretagem em aparelhos de

	apoio de neoprene fretado
t_p	Tempo de pico
T	Período de retorno ou recorrência; Altura total de um aparelho de neoprene fretado
T_{max}	Altura total máxima de um aparelho de neoprene fretado
T_{min}	Altura total mínima de um aparelho de neoprene fretado
U	Perímetro de uma estaca
v_a	Velocidade da água em movimento
V	Velocidade diretriz
V	Velocidade do curso d'água
V_0	Velocidade básica do vento
V_c	Velocidade de cálculo do vento
V_C	Parcela de força cortante resistida por mecanismos complementares ao modelo de treliça
$V_{d, mov}$	Força cortante resultante de carga móvel para combinação última
$V_{d, w sob}$	Força cortante resultante de carga de vento de sobrepressão para combinação última
$V_{d, w suc}$	Força cortante resultante de carga de vento de sucção para combinação última
$V_g^{(+)}$	Força cortante positiva devido a carga permanente
$V_g^{(-)}$	Força cortante negativa devido a carga permanente
V_{max}	Velocidade máxima
V_{min}	Velocidade mínima
$V_{mov}^{(+)}$	Força cortante positiva devido a carga móvel
$V_{mov}^{(-)}$	Força cortante negativa devido a carga móvel
V_p	Velocidade de projeto de vento
V_{Rd2}	Força cortante resistente de cálculo, relativa à ruína das bielas comprimidas de concreto
V_{Rd3}	Força cortante resistente de cálculo, relativa à ruína por tração diagonal
V_{ref}	Velocidade de referência do vento
V_{sd}	Força cortante solicitante de cálculo
$V_{sd, max}$	Força cortante de máximo valor no vão

V_{SW}	Parcela de força cortante resistida pela armadura transversal
$V_{w, sob}$	Força cortante devido a carga de vento de sobrepressão
$V_{w, suc}$	Força cortante devido a carga de vento de sucção
vpd	Veículos por dia
Veloc.	Velocidade
Visib.	Visibilidade
w	Função que define o deslocamento vertical de determinado ponto de uma laje
w_t	Distância entre a face superior de uma estaca e o eixo do tirante principal inferior do bloco de coroamento
w_N	Largura de uma face nodal de um modelo de bielas e tirantes
w_S	Largura de uma biela de um modelo de bielas e tirantes
W_x	Módulo de Resistência ao giro em relação ao eixo x
W_y	Módulo de Resistência ao giro em relação ao eixo y
W_z	Módulo de Resistência ao giro em relação ao eixo z
x	Altura da linha neutra
x_{23}	Altura da linha neutra no limite entre os domínios 2 e 3
x_{34}	Altura da linha neutra no limite entre os domínios 3 e 4
x_{CE}	Distância da origem ao centro elástico de uma infraestrutura
x_i	Distância da origem ao bloco de coroamento i
$x_{i,CE}$	Distância do bloco de coroamento i ao centro elástico de uma infraestrutura
X_{CG}	Coordenada do centro de gravidade referente ao eixo x
y_{max}	Distancia máxima entre o eixo y e a extremidade da peça
Y_{CG}	Coordenada do centro de gravidade referente ao eixo y
z_{max}	Distância máxima entre o eixo z e a extremidade da peça
Z	Profundidade de sondagem
Z_{CG}	Coordenada do centro de gravidade referente ao eixo z

GLOSSÁRIO

Ancoragem	Um conjunto completo de elementos e peças projetado para manter na posição uma parte ou elemento da estrutura.
Aparelho de Apoio	Dispositivo de suporte da superestrutura que transmite suas reações à mesoestrutura ao mesmo tempo que permite alguma mobilidade da primeira.
Barreira	Dispositivo rígido de concreto armado, de segurança lateral, com perfil projetado para, além de absorver um possível choque lateral do veículo, reconduzi-lo à pista.
Biela	Elemento estrutural sob tensão compressiva.
Blocos de transição ou coroamento	Elementos estruturais responsáveis pela transferência e distribuição das solicitações nos pilares (ou vigas) às estacas ou tubulões.
Bueiro	Abertura ou tubulação por onde escoam águas.
Chuva convectiva	Ocorrem tipicamente em regiões tropicais e estão associadas à convergência horizontal. A convergência horizontal ou simplesmente convergência, ocorre quando a pressão e o vento agem para concentrar a afluência de ar em uma área particular, tal como uma área de baixa pressão. Se esta convergência ocorre em uma camada baixa da atmosfera, a tendência de colisão de forças do ar ascendente resulta em seu resfriamento.
Cobrimento	Espessura de concreto medida entre a superfície externa de uma peça de concreto armado e a armadura mais próxima, em geral os estribos.
Ductilidade	Propriedade que possibilita o material suportar deformação inelástica sem sofrer ruptura.
Elasticidade	Propriedade que possibilita o material deformado pela ação de cargas, retomar sua forma inicial.

Elastômero	Material natural ou sintético, de comportamento semelhante ao da borracha.
Encontro	O elemento extremo de uma meso ou infraestrutura, que suporta uma das extremidades de uma superestrutura de um só vão ou uma das extremidades de uma superestrutura de vários vãos e que, também, arrima o aterro de acesso.
Ensecadeira	Estrutura temporária, metálica ou de madeira, construída no perímetro de uma escavação, para impedir desmoronamentos e/ou entrada de água.
Escondidade	Quando o eixo longitudinal da ponte não forma um ângulo reto com o eixo longitudinal do obstáculo transposto, diz-se que a ponte é oblíqua ou esconsa, sendo o último termo de maior emprego. Uma ponte é esconsa à direita ou à esquerda quando seu eixo longitudinal inclina-se para a direita ou esquerda da perpendicular do eixo longitudinal do obstáculo transposto.
Estaca	Elemento de fundação profunda, executado com auxílio de ferramentas ou equipamentos, esta execução pode ser feita por cravação à percussão, prensagem, vibração ou por escavação, ou ainda, de forma mista, envolvendo mais de um destes processos.
Estado limite	Estado limite de comportamento adequado e adotado como referência.
Estado limite último	Estado limite relacionado ao colapso ou a qualquer outra forma de ruína estrutural.
Estado limite de serviço	Estado que, por sua ocorrência, repetição ou duração, causam efeitos estruturais que não respeitam as condições especificadas para o uso normal de construção, ou que são indícios de comprometimento da durabilidade da estrutura.
Estribo ou armadura	Armadura que acompanha o perímetro da peça, em geral retangular ou circular, e que tem por finalidade absorver

transversal	solicitações de forças cortantes ou impedir a flambagem das barras de armaduras longitudinais.
Exutório	Ponto mais baixo, no limite de um sistema de drenagem.
Fadiga	Ruptura de um elemento sujeito a cargas cíclicas, com tensões menores que sob cargas estáticas.
Gabarito	Distância ou altura livres de qualquer obstáculo, permitindo a livre passagem de veículos.
Hidrograma	É a resposta da bacia hidrográfica, em função de suas características fisiográficas que regem as relações entre chuva e escoamento de uma bacia hidrográfica a uma dada precipitação e a contribuição de um aquífero.
Impacto	Em cargas móveis, é a majoração de suas solicitações em virtude dos efeitos dinâmicos e vibratórios.
Infraestrutura	As fundações e os encontros, bem como apoios intermediários que suportam a mesoestrutura.
Isotrópico	Material que tem idênticas propriedades em todas as direções.
Junta de dilatação	Dispositivo, ou apenas espaço, aberto que quebra a continuidade da estrutura.
Laje de acesso ou transição	Laje de concreto armado que suaviza a transição rodovia – obra-de-arte.
Mesoestrutura	Termo usado para elementos de transição entre a superestrutura e a infraestrutura.
Ponte	Estrutura, inclusive apoios, construída sobre uma depressão ou uma obstrução, tais como água, rodovia ou ferrovia, que sustenta uma pista para passagem de veículos e outras cargas móveis, e que tem um vão livre, medido ao longo do eixo da rodovia, de mais de seis metros.
Ponte estaiada	Ponte cuja superestrutura é diretamente suportada por estais que, depois de carregar as torres dos apoios intermediários, são ancoradas em encontros extremos.
Pontilhão	Pequena ponte utilizada para transpor talwegues nos

	casos em que não é possível a construção de bueiros.
Run-off	Escoamento superficial direto. O coeficiente de Run-off é a relação entre a quantidade total de água escoada pela seção e a quantidade total de água precipitada na bacia hidrográfica.
Ruptura dúctil	Ruptura precedida por deformação plástica.
Ruptura frágil	Ruptura brusca, não precedida de deformações visíveis.
Superelevação	A diferença de níveis entre os bordos externo e interno de um trecho da rodovia ou de uma ponte, situados em curva horizontal; a diferença de níveis é necessária para contrabalançar a força centrífuga.
Superestrutura	O conjunto de elementos estruturais que suporta diretamente as cargas móveis e as transfere à infraestrutura por intermédio da mesoestrutura.
Tirante	Elemento estrutural sob tensão trativa.
Tubulão	Elemento de fundação intermediária (entre às rasas e às profundas) de forma cilíndrica, em que pelo menos em sua fase final de execução há a descida de operário; esta descida é que torna o tubulão diferente da estaca e não ao seu maior diâmetro.
Vertedor	Os vertedores são estruturas hidráulicas construídas para controlar o nível d'água de um reservatório, permitindo a passagem das vazões escoadas com a máxima eficiência possível sem provocar problemas à estrutura.

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO

1.1. Objetivo

O objetivo desse projeto é obter e empregar dentro da boa técnica todos os parâmetros necessários à confecção de um projeto para uma ponte. Esta se localiza sobre o Canal Virgem Santa – Rodovia Linha Azul, Macaé, Rio de Janeiro.

Devido à implantação da Rodovia Linha Azul, que se trata de uma rodovia dupla, foram realmente construídas sobre o canal Virgem Santa duas pontes em concreto armado com vigas pré-moldadas, no entanto, o presente projeto se propõe a apresentar para a ponte da via esquerda uma solução diferente da adotada na realidade, ou seja, ignorando a existência da mesma, serão verificados os dados disponíveis e executados passo a passo todas as etapas necessárias, desde a escolha da seção e dos gabaritos adequados até o dimensionamento estrutural das mesmas.

1.2. Softwares Utilizados

Os softwares utilizados no desenvolvimento deste trabalho foram os seguintes:

- AutoCAD 2000 – Utilizado para confecção da parte gráfica do projeto da ponte;
- PLUVIO 1.3 – Utilizado para a obtenção de parâmetros de ajuste no estudo hidrológico da bacia hidrográfica da região;
- SALT 9.0 – Utilizado para a elaboração dos diagramas de solicitações nas estruturas;
- ANSYS 8.0 – Utilizado para a determinação das reações das lajes nas longarinas e obtenção de solicitações nos blocos de coroamento;
- CAST 0.9.11 – Utilizado para a verificação das tensões limites nos elementos do modelo de bielas e tirantes dos encontros;

1.3. Conceitos Gerais

Denomina-se ponte, a obra destinada a transposição de obstáculos à continuidade do leito normal de uma via, tais como rios, braços de mar, vales profundos, outras vias, etc. Quando a ponte tem por objetivo a transposição de vales, outras vias ou outros obstáculos não constituídos por água é, comumente denominada, viaduto. Denominam-se pontilhões as pontes de pequenos vãos, aproximadamente entre 5 e 10 m (Pfeil, 1983).

As pontes são geralmente compostas por infraestrutura, mesoestrutura e superestrutura.

A infraestrutura é a parte da ponte por meio da qual são transferidos ao terreno, rocha ou solo, as solicitações provenientes da mesoestrutura, ou seja, tratam-se das fundações. A mesoestrutura é o elemento que recebe o somatório das solicitações da superestrutura como as pressões do vento e da água em movimento, e as transmite para a infraestrutura. Constitui-se pelos pilares e blocos de transição da ponte. A superestrutura é o elemento que recebe as cargas de utilização da ponte e as transmite a mesoestrutura.

Os encontros, cuja função principal é receber o empuxo dos aterros de acesso e evitar sua transmissão aos demais elementos da ponte, são considerados por alguns engenheiros como parte da mesoestrutura e, por outros, como parte da infraestrutura devido as suas características extremamente variáveis.

Quando o obstáculo a transpor trata-se de um vale muito aberto a ponte necessita de obras de acesso que pode tratar-se de aterros ou viadutos, que nesse caso denominam-se viadutos de acesso. A escolha entre a construção de aterros ou viadutos tem por principal critério a análise de custos.

Nas estradas construídas em encostas de talude muito inclinado, onde o volume de aterro necessário à regularização da via e as dificuldades de manutenção de sua estabilidade são elevadas, é comum, por critério de segurança e economia, a construção de viadutos que nesse caso são chamados viadutos de meia encosta.

Do ponto de vista estrutural os elementos de uma ponte comportam-se da seguinte maneira:

- As lajes recebem diretamente as cargas dos veículos que circulam no tabuleiro, sendo que, nas pontes em concreto armado ou concreto protendido as lajes também fazem parte das vigas **T**, contribuindo para a resistência à flexão destas últimas;
- O viga secundário, também chamado de transversinas, suporta as cargas transmitidas pelas lajes, conduzindo as reações destas ao viga principal;
- O viga principal, também chamado de longarinas, recebe as cargas transmitidas pelas transversinas e conduz suas reações para os pilares, são as longarinas que vencem os vãos impostos pelos obstáculos naturais e determinam o projeto da obra;
- Os pilares recebem as cargas verticais e horizontais da superestrutura e as transferem para as fundações, que por sua vez as transferem para o terreno, no entanto, como a geometria da fundação em geral difere da geometria do pilar, intercala-se um bloco de transição ou coroamento entre esses dois elementos.

CAPÍTULO II – ELEMENTOS PARA A ELABORAÇÃO DO PROJETO

2.1. Generalidades

O primeiro passo a ser dado na confecção do projeto de uma ponte é definir sua finalidade, para conseqüentemente se obter as cargas para seu dimensionamento. Para uma definição acertada da geometria e das cargas úteis que devem ser utilizadas, o projeto de uma ponte exige levantamentos topográficos, hidrológicos e geotécnicos. Outras informações de interesse construtivo ou econômico, notícias tecnológicas de caráter especial, podem ser determinantes na escolha do tipo de obra.

Este capítulo tem o objetivo de apresentar alguns dos elementos indispensáveis para a elaboração do projeto de uma ponte e devem estar disponíveis antes do processo de escolha dos elementos estruturais.

2.2. Elementos Topográficos

Os elementos topográficos necessários ao projeto de uma ponte referem-se aos estudos topográficos tanto do local específico de implantação do empreendimento, como também da região em torno do mesmo, que possa a vir influir em fenômenos climáticos sofridos pela obra durante sua construção e vida útil. Este estudo topográfico é normalmente composto pelos seguintes elementos:

- Planta, em escala de 1:1000 ou 1:2000;
- Perfil em escala horizontal de 1:1000 ou 1:2000 e escala vertical de 1:100 ou 1:200 do trecho da rodovia em que ocorrerá a implantação da obra em uma extensão tal que ultrapasse seus extremos prováveis de, pelo menos, 1000 m para cada lado;
- Planta do terreno no qual será implantada a ponte, em uma extensão tal que exceda de 50 m, em cada extremidade, seu comprimento provável e largura de 30 m, desenhada na escala de 1:100 ou 1:200, com curvas de nível de metro em metro, contendo a posição do eixo locado e a indicação de sua esconsidade;
- Perfil ao longo do eixo locado na escala de 1:100 ou 1:200 e numa extensão tal que exceda de 50 m, em cada extremidade, o comprimento provável da obra;
- Quando se tratar de transposição de curso d'água, seção do rio segundo o eixo locado, na escala 1:100 ou 1:200, com as cotas de fundo do rio em pontos distanciados cerca de 5 m.

No caso deste trabalho os elementos de estudo topográficos utilizados provem de uma planta digitalizada do município de Macaé, georeferenciada e com curvas de nível de

metro a metro. Mesmo sendo diferente do comumente usado, como exposto acima, o fato da planta estar digitalizada torna mais rápido o trabalho e possibilita uma elevada precisão no cálculo de áreas, além da visualização e consideração de detalhes e pormenores que não poderiam ser facilmente obtidos de uma planta em papel.

2.3. Elementos Hidrológicos

A determinação de elementos hidrológicos por meio de cálculos baseados no estudo topográfico, e nas características da bacia hidrográfica e utilizando modelos matemáticos probabilísticos que podem ser encontrados em literatura específica, é de suma importância a fim de evitar os impactos negativos trazidos pelas vazões de enchente, tais como: colapso da estrutura, perdas econômicas, ou até mesmo a perda de vidas humanas. Tendo em vista a relação custo/benefício oferecida por esse tipo de estudo, devido ao seu baixo custo, seu emprego em estruturas de grande porte é indispensável.

O elemento hidrológico de maior importância na elaboração do projeto de uma ponte trata-se da determinação da vazão máxima do canal, pois é através desse parâmetro que se determina o gabarito mínimo da ponte e as solicitações máximas de empuxo de água aos quais os pilares estarão sujeitos.

A grande dificuldade na determinação da vazão máxima em uma pequena bacia está na obtenção de dados confiáveis, visto que raramente se dispõe de séries históricas de vazão, ou chuvas intensas, ou até mesmos dados topográficos. Devido à escassez de dados sobre vazão, torna-se necessário lançar mão de métodos baseados em dados de precipitação para se chegar à vazão desejada, tais dados disponibilizados pela Agência Nacional das Águas (ANA) e departamentos acadêmicos, como o Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa – MG.

2.3.1 Características Físicas da Bacia Hidrográfica

As características físicas e funcionais das bacias hidrográficas têm a finalidade de proporcionar o conhecimento dos diversos fatores que determinam a natureza de descarga de um rio. A importância desse conhecimento reside no fato de que através da avaliação dos parâmetros que condicionam essa vazão podem-se fazer comparações entre bacias, podendo-se conhecer melhor os fenômenos passados e fazer extrapolações.

O escoamento num curso d'água é condicionado a diversos fatores, podendo ser dividido em dois grupos: fatores climáticos e fatores físicos. Será feita aqui uma pequena explanação sobre as características físicas da bacia em questão, os fatores físicos mais importantes nessa caracterização são: área, uso do solo, tipo do solo, forma, declividade da

bacia, elevação, declividade do curso d'água, tipo da rede de drenagem e densidade de drenagem.

A área de uma bacia hidrográfica é definida pela projeção horizontal do divisor de águas, pois seu valor multiplicado pela lâmina da chuva precipitada resulta no volume de água recebido pela bacia. A determinação da área de drenagem de uma bacia é feita com o auxílio de uma planta topográfica (e algumas vezes, complementada com um mapa geológico), de altimetria adequada traçando-se a linha divisória que passa pelos pontos de maior cota entre duas bacias vizinhas, e cruza o curso d'água somente na seção de saída.

O volume total de água transportado nos cursos d'água é constituído pelo volume proveniente do escoamento superficial somado ao subterrâneo. Raramente estas duas porções provêm da mesma área, ou seja, há um divisor topográfico que divide a porção do escoamento superficial (bacia hidrográfica) e há um divisor freático, determinado pela estrutura geológica e algumas vezes influenciado pela topografia, que divide a porção de água subterrânea (bacia hidrogeológica).

Quando esses dois divisores não coincidem, diz-se que há uma fuga de uma bacia para a outra, mas como o divisor freático não possui uma posição fixa e as várias posições assumidas são em geral desconhecidas, limita-se a bacia hidrográfica pelo divisor topográfico. Quanto mais alto o lençol freático, mais coincidentes se tornam os divisores freático e topográfico, e quanto mais o nível se reduz, mais eles se afastam.

Para definir o divisor topográfico, inicialmente procurou-se localizar na carta planialtimétrica o ponto onde seria construída a ponte e considerá-lo como o exutório do rio principal, ou seja, a seção de saída da bacia hidrográfica em estudo, marcando no mesmo um ponto vermelho como apresentado pela Figura 1 a seguir.

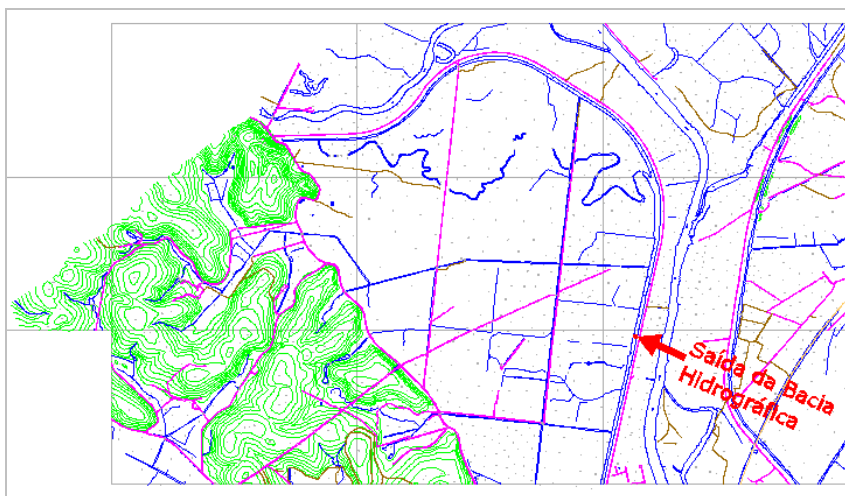


Figura 1. Seção de saída da bacia hidrográfica.

O passo seguinte para a delimitação da bacia foi uma verificação visual, onde se procurou definir os limites dos divisores topográficos sem preocupação de exatidão, destacando-se os pontos de cota mais elevada com um sinal “X”. A Figura 2, apresenta tal processo, bem como salienta a rede fluvial, uma rodovia, ou ferrovia para auxiliar na localização do divisor.

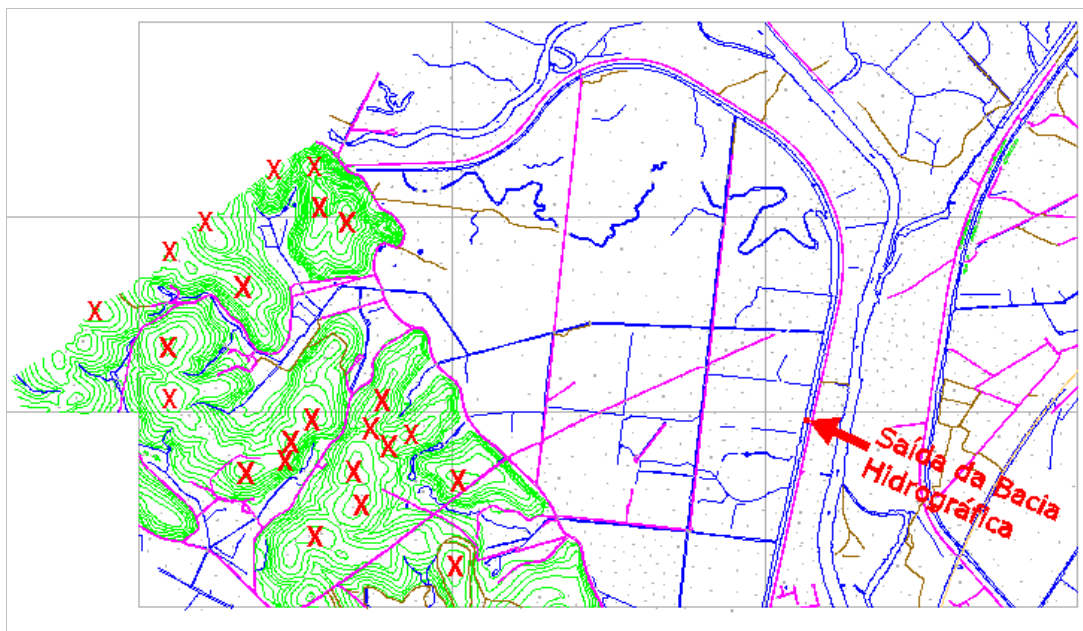


Figura 2. Pontos de cota mais elevada assinalados.

A linha divisória é o divisor de águas e deve contornar a bacia. Assim iniciou-se o traçado da linha a partir do ponto escolhido no rio principal para seção de saída da bacia considerada, seguindo pela linha de maior declive até o ponto de maior cota mais próximo, a linha de maior declive cruza perpendicularmente as curvas de nível. Partindo-se então da seção de saída da bacia, foram traçadas as duas linhas de maior declive que passam por ela (linha perpendicular às curvas de nível) até atingir o ponto alto mais próximo, e dando-se continuidade ao traçado do divisor, partiu-se do ponto alto das linhas de maior declive e unindo-o com o ponto alto mais próximo, seguindo o contorno do relevo do terreno¹ até completar o circuito.

Deveu-se ainda manter a observância para o fato que alguns pontos altos não constituíam limites da bacia, pois a água que transcorre por seu declive para seus arredores é coletada por canais menores que conduzem a mesma para o canal principal, de forma a

¹ Ressalta-se que não se deve unir os pontos altos por segmentos de reta que não respeitem o perfil do terreno.

constituírem parte da bacia. Assim sendo, foram ligados por segmentos de reta apenas os pontos marcados por “X” que dividiam a água conduzindo-a para bacias diferentes, e os pontos marcados encontrados dentro deste traçado são parte da bacia, como mostra a Figura 3.

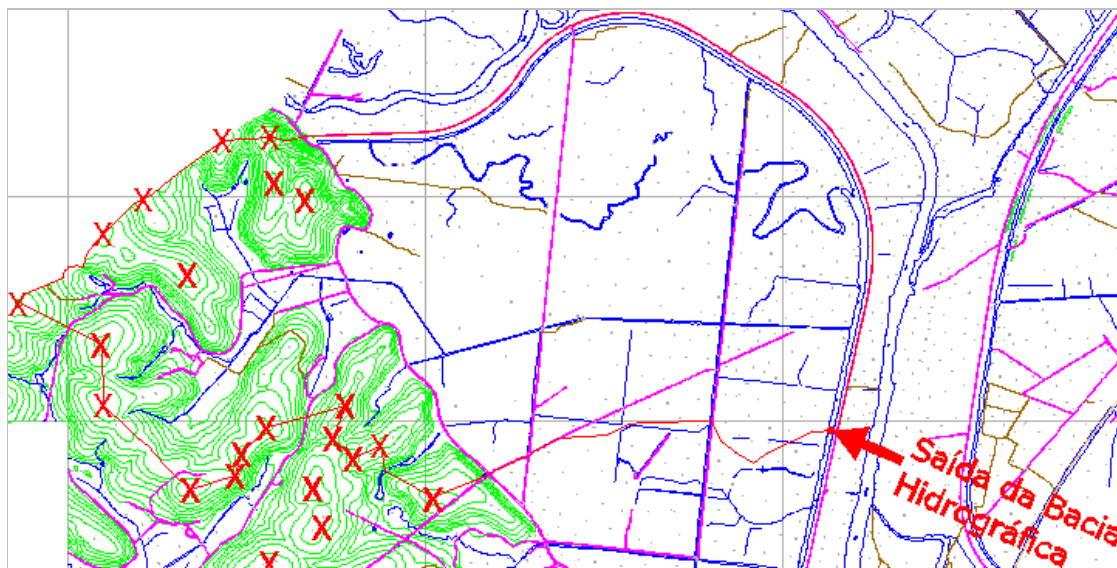


Figura 3. Delimitação da bacia hidrográfica em segmento de reta de cor vermelha.

As bacias podem ser classificadas em grandes e pequenas. O tamanho da bacia (área) não é critério suficiente para tal classificação, haja vista que duas bacias de mesma área podem apresentar comportamentos hidrológicos totalmente distintos.

Considera-se uma bacia pequena quando a quantidade de água acumulada no leito do curso d'água, devido a precipitação, for superior a quantidade de água acumulada no solo e na vegetação.

A área de uma bacia afeta a grandeza das vazões de enchentes, das vazões médias e mínimas de várias formas. Ou seja, se quantidades iguais de chuva precipitam em intervalos de tempo iguais sobre bacias que se diferem apenas pela área, o volume do escoamento superficial por unidade de área será o mesmo para as duas, sendo que este volume estará mais disperso na bacia de maior área e o tempo necessário para que todo esse volume passe pela seção de saída será maior. Isto significa que, para um determinado volume precipitado o pico de enchente será menos acentuado para a bacia de maior área.

Uma vez cessado o escoamento superficial, a vazão do curso d'água é alimentada pela água subterrânea, e com o gasto desse armazenamento a vazão do curso d'água vai diminuindo até que fique seco ou haja uma recarga do solo pela precipitação. Por esse motivo, a vazão dos cursos d'água principais das bacias maiores tem maior chance de prover uma vazão firme.

A bacia hidrográfica da parte do Canal Virgem Santa que se leva em consideração neste estudo possui 5.231.957,25 m², ou seja, aproximadamente 523,2 ha, ou ainda, 5,23 km².

Outra característica física importante de uma bacia hidrográfica é sua forma, pois ela influencia no escoamento superficial. As grandes bacias hidrográficas em geral apresentam forma de leque ou pêra, ao passo que pequenas bacias apresentam as mais variadas possíveis em função da estrutura geológica dos terrenos.

Entre os índices propostos para caracterizar a forma da bacia serão aqui empregues: o *fator de forma* e os *índices de compactidade* e de *conformação*. Estes índices são utilizados para comparar bacias e para compor parâmetros das equações empíricas de correlações entre vazões e características físicas das bacias.

O fator de forma ou índice de Gravelius é expresso como sendo a razão entre a largura média da bacia e o comprimento axial da mesma. O comprimento axial é medido da saída da bacia até seu ponto mais remoto. A largura média é obtida dividindo-se a área da bacia em faixas perpendiculares, onde o polígono formado pela união dos pontos extremos dessas perpendiculares se aproxime da forma da bacia real como se vê na Figura 4.

$$F_F = \frac{B}{L}$$

- L é o comprimento da bacia;
- B é a largura média da bacia.

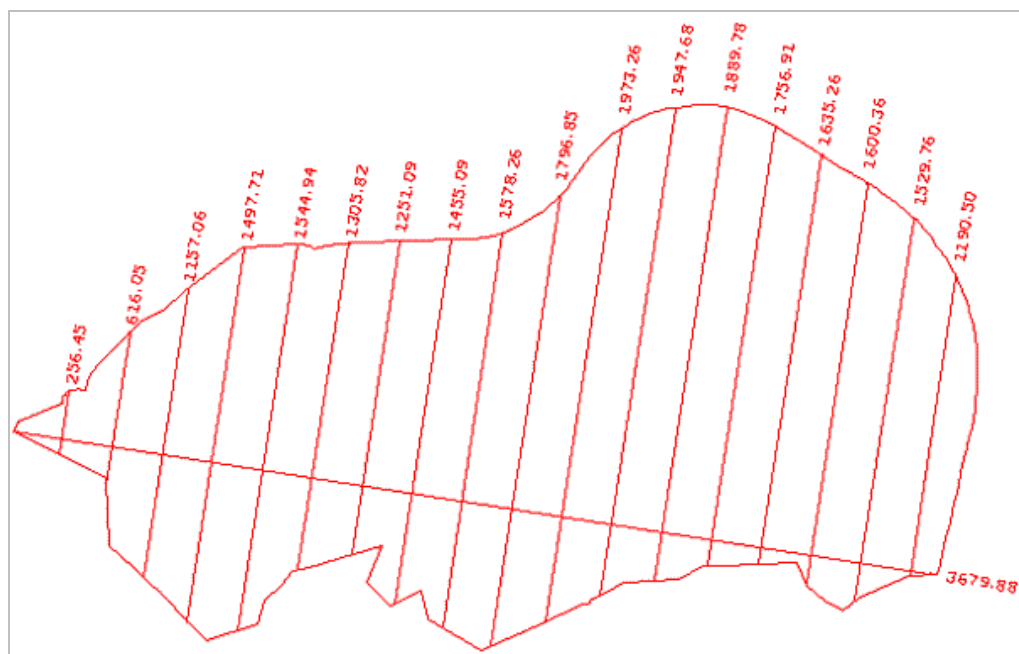


Figura 4. Determinação do Fator de Forma com medidas em metros.

O fator de forma encontrado para a bacia estudada apresentou o valor de 0,39.

O índice de compactidade K_c é definido como sendo a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência do círculo com área igual a da bacia.

$$K_c = 0,28 \cdot \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Onde:

- P é o perímetro da bacia hidrográfica, em km;
- A é a área da bacia hidrográfica, em km².

Como o círculo é a figura geométrica plana que comporta uma dada área com o menor perímetro, este índice nunca será menor que um. Bacias que se aproximam geometricamente de um círculo convergem o escoamento superficial ao mesmo tempo para um trecho relativamente pequeno do rio principal. Caso não existam outros fatores que interfiram, os menores valores de K_c indicam maior potencialidade de produção de picos de enchentes elevados, e como o valor encontrado para a bacia em questão foi de 1,29, podemos esperar esta característica para a mesma.

O índice de conformação F_c compara a área da bacia com a área do quadrado de lado igual ao comprimento axial. Caso não existam outros valores que interfiram, se o valor de F_c for muito próximo de um, isto é, quanto mais a forma da bacia se aproximar da forma do quadrado do seu comprimento axial, maior a potencialidade de produção de picos de cheias.

$$F_c = \frac{A}{L^2}$$

Onde:

- A é a área da bacia hidrográfica;
- L é o comprimento axial da bacia hidrográfica.

O valor de F_c encontrado para a bacia estudada foi de 0,39, que não se aproxima muito de um, de forma que este índice, ao contrário do K_c , não indica uma elevada potencialidade de cheias.

Um fator de elevada relevância no escoamento superficial de uma bacia é sua declividade, que tem uma relação importante e complexa com a taxa de infiltração de água no solo, e por conseqüência com o escoamento superficial. É um dos fatores mais importantes no controle do tempo de escoamento superficial e da concentração da chuva, e tem importância direta em relação à magnitude da enchente, ou seja, quanto maior a declividade, maior será a variação das vazões instantâneas.

Uma das maneiras de se medir a declividade média dos terrenos da bacia, consiste em aplicar uma malha quadrada sobre a planta planialtimétrica, como mostra a Figura 5.

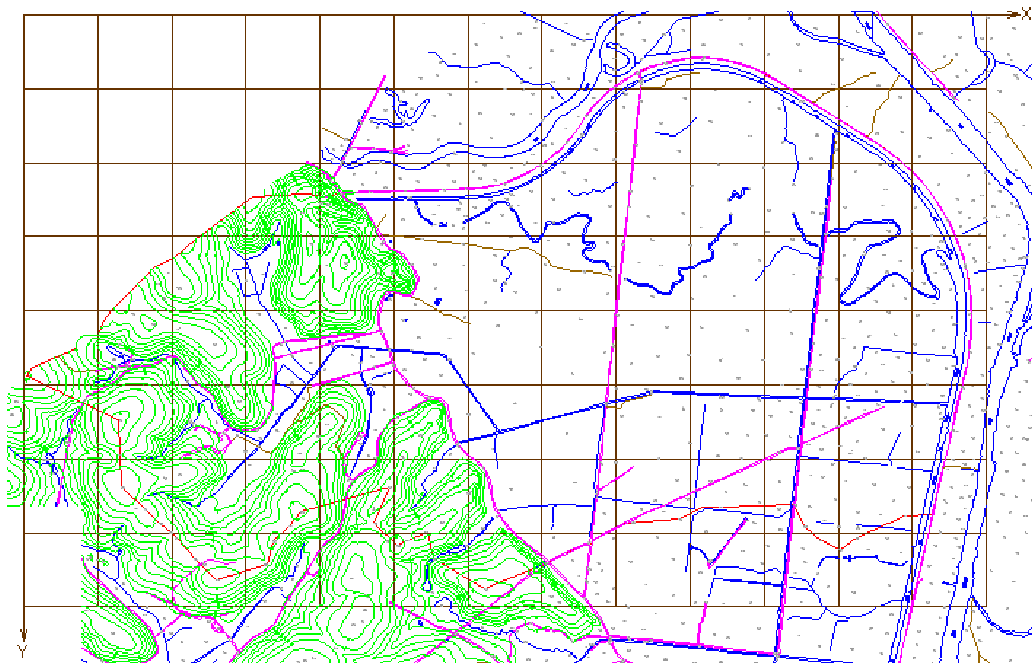


Figura 5. Criação de malha para determinação da declividade média da bacia.

Obtida a malha, que neste caso foi construída por quadrados com 300 m de lado, determinou-se a cota em cada um dos nós da mesma, para que se pudesse definir as declividades dos pontos de interseção da malha, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1. – Cotas nos nós da malha em metros.

Nº do Nó	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	–	–	–	–	45,00	57,00	21,00	–	–
2	–	–	–	35,00	40,00	19,00	31,00	31,00	25,00
3	–	–	40,00	36,00	33,00	15,00	27,00	27,00	7,00
4	–	–	35,00	33,00	3,00	21,00	1,00	1,00	2,00
5	–	–	2,00	45,00	30,00	2,00	24,00	24,00	26,00
6	–	–	1,00	1,00	1,00	1,00	27,00	27,00	25,00
7	–	–	1,00	1,50	0,50	1,00	3,00	16,00	21,00
8	1,70	1,00	3,00	0,90	0,40	0,20	1,00	1,00	21,00
9	1,00	3,80	1,60	1,00	1,10	0,20	0,20	0,20	0,40
10	1,40	1,40	1,40	1,40	0,90	0,60	0,20	0,20	0,30
11	1,10	1,00	1,50	1,50	1,00	0,40	0,80	0,80	0,50
12	1,00	1,70	2,00	1,00	1,00	0,70	0,30	0,30	0,20
13	–	1,00	2,00	0,70	0,20	0,20	0,50	0,60	2,00
14	–	–	1,00	0,20	1,00	0,30	0,10	0,10	–

De posse desses dados, pôde-se definir as declividades dos pontos de interseção da malha, fazendo-se a diferença de cotas entre dois nós consecutivos pelo traçado de uma reta entre estes, dividindo-se esta diferença pelo comprimento da reta, que no caso teve a mesma dimensão do lado do quadrado da malha, e em seguida, fazendo o mesmo na direção ortogonal a anterior, obteve-se assim a Tabela 2, que mostra as declividades da bacia de um nó ao outro em uma direção denominada “X”, e em uma outra direção perpendicular denominada “Y”. Fazendo-se esse mesmo procedimento para cada nó, e como não se teve a pretensão de se obter o sentido da declividade, mas sim a sua magnitude, os valores encontrados na Tabela 2 são valores absolutos.

Tabela 2. Declividades médias dos nós.

Declividades (%)								
Direção X								
0,23	0,93	1,67	0,33	1,67	12,67	3,33	1,33	6,00
0,13	0,80	11,00	1,00	2,33	1,33	1,33	8,67	1,67
0,10	0,13	0,33	4,00	10,00	2,00	8,67	7,67	8,00
0,03	0,23	0,00	14,67	9,00	6,33	7,67	1,00	0,33
-	0,23	0,67	0,17	9,67	0,33	1,00	3,67	1,33
-	-	0,47	0,20	0,17	0,00	8,00	5,00	0,00
-	-	0,07	0,03	0,03	0,27	0,67	0,27	6,87
-	-	0,03	0,13	0,23	0,00	0,27	0,00	0,03
-	-	0,17	0,03	0,07	0,13	0,00	0,20	0,07
-	-	0,00	0,17	0,03	0,07	0,20	0,17	0,00
-	-	0,33	0,10	0,00	0,10	0,17	0,10	0,50
-	-	-	0,17	0,27	0,17	0,07	0,17	-
-	-	-	-	0,27	0,03	0,13	-	-
Direção Y								
0,23	0,67	1,33	1,67	4,00	12,00	0,00	2,00	-
0,93	0,73	0,67	1,00	7,00	4,00	0,00	6,67	-
0,00	0,00	14,33	10,00	6,00	4,00	0,00	0,33	-
0,03	0,17	0,00	5,00	6,00	6,67	0,00	0,67	-
0,23	0,10	0,17	0,00	9,33	7,33	0,00	0,67	-
-	0,33	0,70	0,33	0,00	8,67	4,33	1,67	-
-	-	0,20	0,17	0,17	0,67	0,00	6,67	-
-	-	0,00	0,03	0,07	0,27	0,00	0,07	-
-	-	0,00	0,17	0,30	0,00	0,00	0,03	-
-	-	0,33	0,17	0,10	0,13	0,00	0,10	-
-	-	0,43	0,00	0,20	0,13	0,00	0,07	-
-	-	0,27	0,17	0,10	0,13	0,03	0,47	-
-	-	-	0,27	0,00	0,10	0,00	-	-
-	-	-	-	0,23	0,07	-	-	-

Tendo-se obtido a declividade nos dois sentidos em relação a cada nó, pôde-se fazer a média destes valores e se obter a declividade média da bacia hidrográfica (S_{BH}), cujo valor neste caso foi de 1,58%, que mostra que a bacia é bastante plana, apesar de ter uma pequena parte de sua área em região montanhosa.

A variação da elevação e a elevação média de uma bacia são fatores importantes com relação à temperatura e a precipitação. A elevação média de uma bacia pode ser obtida da mesma forma que no cálculo das declividades, utilizando-se as cotas nos pontos de interseção da malha aplicada sobre a planta planialtimétrica, como na Figura 5, e com as cotas dos nós obtidas da Tabela 1, se obteve o valor de 8,12 m para a elevação média da bacia hidrográfica.

A velocidade de escoamento da água de um rio depende da declividade dos canais fluviais, quanto maior a declividade, maior será a velocidade de escoamento. Assim, os hidrogramas de enchentes serão tanto mais pronunciados e estreitos, indicando maiores variações de velocidades instantâneas.

Um valor aproximado da declividade de um curso d'água entre dois pontos pode ser obtido pelo quociente entre a diferença de suas cotas extremas e sua extensão horizontal.

$$S_0 = \frac{\Delta H}{L}$$

Onde:

- ΔH é a variação da cota entre os dois pontos extremos;
- L é o comprimento do rio.

Desta forma, tendo como cotas extremas da bacia em questão, no ponto mais alto, 52,10 m, e no mais baixo, 10 m, além do comprimento do talvegue de 3.979,16 m, foi obtida uma declividade do canal de 0,013 m/m, ou 13,07 m/km.

Os rios geralmente são classificados quanto a sua ordem, essa classificação reflete o grau de ramificação ou bifurcação dentro de uma bacia. Os cursos d'água maiores possuem seus tributários, que por sua vez possuem outros até que se chegue aos minúsculos cursos d'água da extremidade.

Os canais que não possuem tributários são considerados de primeira ordem, quando dois canais de primeira ordem se unem é formado um segmento de segunda ordem. Assim a união de dois rios de mesma ordem resulta em um rio de ordem imediatamente superior, e quando dois rios de ordem diferentes se unem formam um rio com a maior ordem entre o dois.

Para se determinar corretamente a ordem, situa-se em um mapa todos os cursos d'água, perenes ou intermitentes, mas não deve-se incluir ravinas de água que não possuem curso definido, sendo que, geralmente quanto maior a ordem de um curso d'água maior será a sua extensão.

O próximo passo é começar a numerar os canais pela extremidade dando a todos os pontos extremos de todos os cursos d'água a classificação de primeira ordem, busca-se a seguir o encontro entre dois canais de primeira ordem e classifica-se deste ponto em diante o canal como sendo de segunda ordem. Obtidos os trechos de canais de segunda ordem

verifica-se agora o encontro dos mesmos com outros canais de segunda ordem, ou com canais de primeira ordem, ao primeiro caso, passa-se a classificar a partir desse ponto como terceira ordem, e ao segundo, continua-se classificando como sendo de segunda ordem. Esse mesmo procedimento foi utilizado para a obtenção de todas as ordens dos canais encontrados na bacia estudada, até que se obteve a maior ordem mostrada na Figura 6.

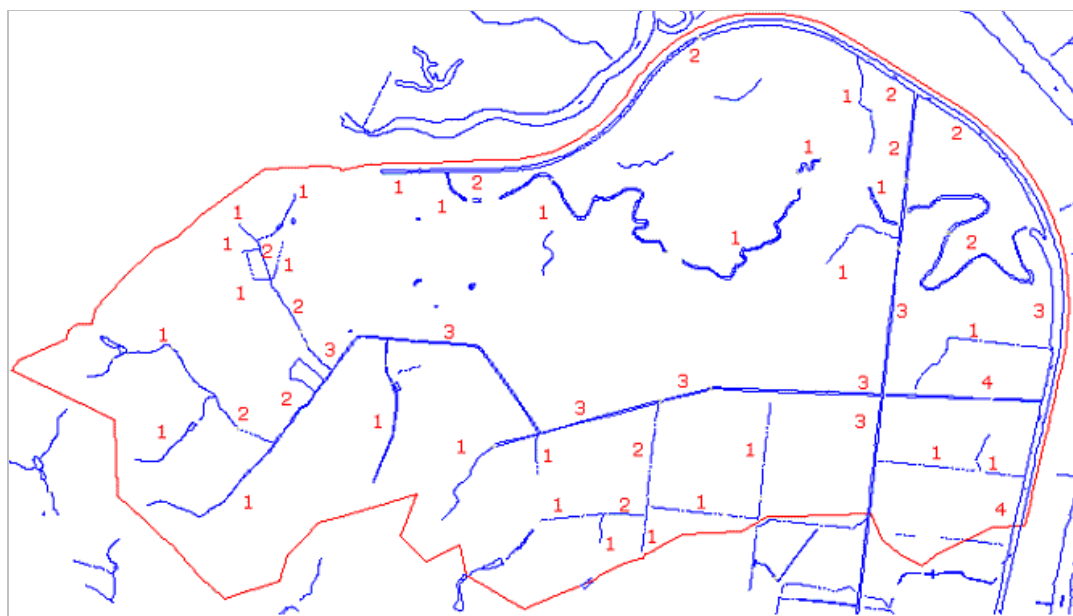


Figura 6. Ordem dos canais da bacia hidrográfica.

Como se pode observar na Figura 6, a bacia estudada possui ordem 4 e indica o grau de ramificação da bacia hidrográfica.

Outro fator relevante na análise das características físicas de uma bacia hidrográfica é a densidade de cursos d'água, que considera o número de cursos d'água existentes na bacia. A densidade de cursos d'água pode ser definida como a relação entre o número de cursos d'água, onde são incluídos apenas os rios perenes e os intermitentes, e a área total da bacia hidrográfica.

$$D_s = \frac{N_s}{A}$$

Onde:

- N_s é o número de cursos d'água;
- A é a área da bacia hidrográfica, em km^2 .

O rio principal é contado apenas uma vez de sua nascente até a seção de saída e os tributários, cada um se estendendo de sua nascente até a junção com o rio de ordem superior, como mostra a Figura 7.

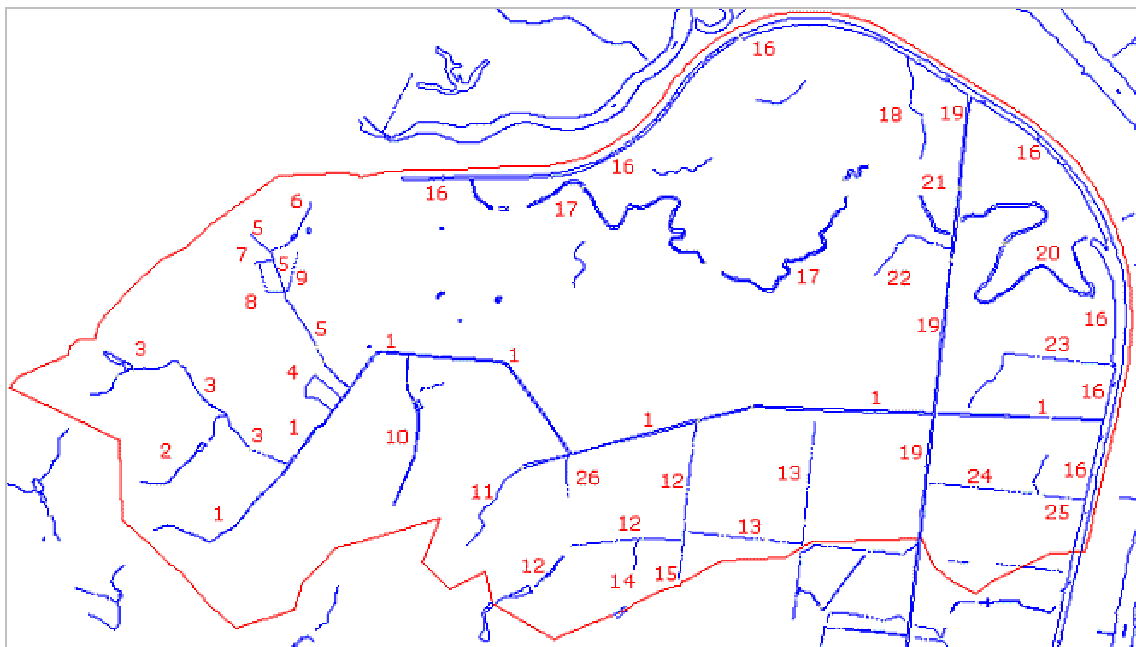


Figura 7. Numeração dos canais da bacia hidrográfica.

Como se pode observar na Figura 7 a bacia hidrográfica possui 26 canais, resultando em uma densidade de cursos d'água de 4,97, que foi uma densidade elevada, mostrando que a bacia possui uma grande rede de canais. Porém a densidade de cursos d'água não indica a eficiência da drenagem, pois a extensão dos cursos d'água não é levada em conta.

A densidade de drenagem indica a eficiência da drenagem na bacia. É definida pela relação entre o comprimento total dos canais e a área de drenagem.

$$D_d = \frac{\sum L}{A}$$

Onde:

- $\sum L$ é o somatório de comprimento dos cursos d'água, em km;
- A é a área de drenagem (área da bacia), em km².

Medindo-se na planta topográfica o comprimento de todos os canais, um a um de acordo com a numeração feita na Figura 7, e somando-os, se pôde obter o valor da densidade de drenagem como mostra a Tabela 3.

Tabela 3. Cálculo da densidade de drenagem.

Num. Curso	Comprimento (km)	Área (km ²)	Densidade Drenagem
1	3,74	5,23	4,07
2	0,42		
3	0,87		
4	0,31		
5	0,64		
6	0,23		
7	0,07		
8	0,16		
9	0,15		
10	0,54		
11	0,53		
12	1,13		
13	0,83		
14	0,07		
15	0,13		
16	3,98		
17	2,25		
18	0,38		
19	1,53		
20	1,51		
21	0,19		
22	0,33		
23	0,61		
24	0,29		
25	0,29		
26	0,14		

Quanto mais eficiente o sistema de drenagem, ou seja, quanto maior a densidade de drenagem da bacia, mais rapidamente a água do escoamento superficial originada pela chuva chegará à saída da bacia, e como pode-se observar, a densidade de drenagem da bacia estudada é alta, o que causa o risco de enchente rapidamente após o início de uma grande precipitação.

2.3.2 Tempo de Recorrência ou Período de Retorno (*T*)

Na maioria dos casos, a intensidade de uma enchente é associada a uma probabilidade de ser igualada ou excedida. O inverso desta probabilidade define um intervalo de ocorrência das enchentes de mesma magnitude ou superior a esta, denominado de Tempo de Recorrência ou Período de Retorno (*T*).

O tempo de recorrência a adotar na determinação da descarga de projeto deve ser compatível com o porte da obra e sua vida útil, com a importância da rodovia e com o risco a temer de sua interrupção ou da destruição da obra, de vidas humanas e de propriedades adjacentes.

Paiva et al (2001) destacam que se admite que o tempo de retorno da cheia seja o mesmo que a provocou, no entanto, são desconsideradas as condições da bacia quando da ocorrência do evento.

Porto et al (2000) salientam as dificuldades em estabelecer o período de retorno adequado para cada situação, fazendo com que a escolha recaia, muitas vezes, em valores recomendados na literatura. Os autores apresentam valores de períodos de retorno recomendados por DAEE-CETESB (1980), em virtude do tipo de ocupação de área na Tabela 4 abaixo.

Tabela 4. Períodos de retorno (T) propostos por DAEE-CETESB (1980), citados por Porto et al (2000), em virtude do tipo de ocupação da área.

Tipo de obra	Tipo de ocupação da área	T (anos)
Microdrenagem	Residencial	2
	Comercial	5
	Áreas com edifícios de serviços ao público	5
	Aeroportos	2 – 5
	Áreas comerciais e artérias de tráfego	5 – 10
Macro-drenagem	Áreas comerciais e residenciais	50 – 100
	Áreas de importância específica	500

De acordo com o DNIT (2004) a escolha do tempo de recorrência da enchente de projeto deve ser fixada pela classificação do tipo de obra, mostrada na Tabela 5, em linhas gerais são adotados os seguintes valores usuais:

Tabela 5. Períodos de Retorno (T) recomendados pelo DNIT (2004) para os tipos de obra.

Espécie	Período de Recorrência (anos)
Drenagem superficial	5 a 10
Drenagem subsuperficial	1
Bueiro	10 a 25 e 50 (como orifício)
Pontilhão	50
Ponte	100

Em observância a Tabela 4, pôde-se classificar o caso em questão como macrodrenagem em áreas comerciais e residenciais, o que nos daria um período de 50 a 100 anos, e ainda visando atender aos critérios do DNIT (2004) na Tabela 5, que estipula

um período de retorno de 100 anos para pontes, percebe-se que ambos os critérios convergem para um mesmo valor, que foi o adotado neste trabalho, ou seja, um período de retorno de 100 anos.

2.3.3 Determinação do Tempo de Concentração (t_c)

O tempo de concentração é definido por diversos autores como sendo o tempo necessário para que haja contribuição de toda a área da bacia para a vazão máxima na seção considerada, ou seja, o tempo de concentração corresponde ao tempo que leva uma chuva que inicia no ponto mais longínquo da bacia até a seção em estudo.

Pode-se admitir que a duração da chuva seja igual ao tempo de concentração, pois na determinação da vazão máxima utiliza-se a intensidade máxima média observada num intervalo de tempo igual ao de concentração, para um tempo de retorno previamente definido. Assim quando atingido o tempo de concentração, pressupõe-se que toda a bacia contribuiu para a seção em estudo.

Por intermédio de inúmeras equações empíricas e ábacos pode-se obter o tempo de concentração de acordo com algumas características físicas da bacia. Normalmente as equações empíricas são determinadas por meio do comprimento do talvegue e a diferença entre o ponto mais remoto da bacia e a seção de deságüe, entretanto, todas as equações foram obtidas para situações particulares, sendo difícil afirmar qual a equação dará resultados mais próximos da realidade.

2.3.3.1 Equação de Kirpich

Conforme Porto et al (2000), a equação de Kirpich foi desenvolvida a partir das informações de sete pequenas bacias agrícolas do Tennessee – EUA, com declividades variando entre 3 e 10% e áreas de no máximo 0,5 km², e é expressa por:

$$t_c = 57 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385}$$

Onde:

- t_c é o tempo de concentração, min;
- L é o comprimento do talvegue, km;
- H é a diferença de nível entre o ponto mais remoto da bacia e a seção de saída, m.

Tabela 6. Aplicação da equação de Kirpich.

$L =$	3,98 km
$H =$	52,00 m
$t_c =$	61,37 min

Embora as informações que esta relação necessita seja uma indicação de que ela reflete o escoamento em canais, o fato de ter sido desenvolvida para bacias muito pequenas, significa que os parâmetros podem representar, também, o escoamento sobre a superfície do solo, e tendo em vista esse limitador, e que a área da bacia em estudo supera o limite superior de utilização desse modelo matemático em dez vezes, e que ainda a declividade da bacia estudada (1,58%) está fora do intervalo proposto, este procedimento, apesar de ser o mais empregado usualmente por sua simplicidade, torna-se inadequado ao caso estudado.

2.3.3.2 Equação de Ven Te Chow

Esta equação foi obtida para pequenas bacias hidrográficas, com área até 24,28 km², localizadas em Illinois – EUA, e é expressa por:

$$t_c = 52,64 \left(\frac{L}{\sqrt{S_0}} \right)^{0,64}$$

Onde:

- t_c é o tempo de concentração, min;
- L é o comprimento do talvegue, km;
- S_0 é o declividade média do talvegue, m/km.

Tabela 7. Aplicação da equação de Ven Te Chow.

$L =$	3,98 km
$S_0 =$	13,07 m/km
$t_c =$	55,98 min

Da mesma forma que a equação de Kirpich, o método de Ven Te Chow requer informações que indicam a predominância de escoamento por canais, fato que ocorre realmente nesta bacia devido a alta densidade de drenagem. Todavia, estudos apresentados pelo DNER (1990) observaram que a velocidade média de escoamento é proporcional à área da bacia, como a aplicação deste método tem uma faixa de área de bacia extremamente considerável, a sua utilização em bacias menores superestima tal

velocidade e, conseqüentemente subestima o tempo de concentração, o que faz com que esse método não seja o mais adequado para o caso específico desta bacia hidrográfica.

2.3.3.3 Equação de Picking

Esta equação é expressa por:

$$t_c = 51,79 \left(\frac{L^2}{S_0} \right)^{1/3}$$

Onde:

- t_c é o tempo de concentração, min;
- L é o comprimento do talvegue, km;
- S_0 é a declividade média do talvegue, m/km.

Tabela 8. Aplicação da equação de Picking.

$L =$	3,98 km
$S_0 =$	13,07 m/km
$t_c =$	55,21 min

Da Tabela 8, percebe-se que o valor obtido de t_c é bem próximo do encontrado com a equação de Ven Te Chow. Estudos revelaram uma considerável dispersão nos valores médios de velocidade de escoamento de micro para macrobacias (DNER, 1990). Neste trabalho foi observado que esta metodologia se comporta como às citadas anteriormente, motivo pelo qual a mesma torna-se não recomendável para o caso em questão.

2.3.3.4 Equação do DNOS

Essa equação é expressa por:

$$t_c = \frac{10}{K} \cdot \frac{A^{0,3} \cdot L^{0,2}}{S_0^{0,4}}$$

Onde:

- t_c é o tempo de concentração, min;
- K é o coeficiente relativo às características da bacia, adimensional;
- A é a área da bacia, ha;
- L é o comprimento do curso d'água, m;

- S_0 é a declividade média do talvegue, %;

Tabela 9. Coeficientes K conforme as características da bacia hidrográfica estudada (DNER, 1990).

<i>Tipo de Terreno</i>	<i>K</i>
Areno-argiloso, coberto de vegetação intensa, elevada absorção	2,00
Comum, coberto de vegetação, absorção apreciável	3,00
Argiloso, coberto de vegetação, absorção média	4,00
Vegetação média, pouca absorção	4,50
Terreno com rocha, escassa vegetação	5,00
Terreno rochoso, vegetação rala, reduzida absorção	5,50

Tabela 10. Aplicação da equação do DNOS.

$K =$	4,50 (adimensional)
$A =$	523,00 ha
$L =$	3.979,16 m
$S_0 =$	1,31 %
$t_c =$	68,52 min

O valor obtido de t_c pela equação de DNOS se afasta daqueles obtidos anteriormente. Estudos apontam esta metodologia como ideal tanto para micro ou macrobacias, pois a variabilidade de velocidade média de escoamento é desprezível para ambos os casos (DNER, 1990). Por meio dos valores requeridos pelo método, percebe-se também que este considera tanto o escoamento superficial quanto o escoamento por canais, podendo ser aplicado para ambos.

2.3.3.5 Equação de Ventura

Essa equação é expressa por:

$$t_c = 60 \cdot 0,127 \sqrt{\frac{A}{S_{BH}}}$$

Onde:

- t_c é o tempo de concentração, min;
- A é a área da bacia, km²;
- S_{BH} é o declividade da bacia hidrográfica, m/m.

Tabela 11. Aplicação da equação de Ventura.

$A =$	5,23 km ²
$S_{BH} =$	0,02 m/m
$t_c =$	138,43 min

Do resultado obtido por este método, é possível visualizar a dispersão deste em relação aos demais. Deve-se ressaltar ainda que pelos dados requeridos, o método despreza o escoamento pelos canais da bacia, o que não pode ser considerado no presente trabalho, conforme ao que já foi exposto anteriormente.

2.3.3.6 Equação de John Collins

Essa equação é expressa por:

$$t_c = 22 \cdot L \cdot \sqrt{\frac{\pi}{A}} \cdot \sqrt[5]{\frac{A^2}{S_0}}$$

Onde:

- t_c é o tempo de concentração, min;
- L é o comprimento do talvegue, km²;
- A é a área da bacia, km²;
- S_0 é a declividade média do talvegue, %.

Tabela 12. Aplicação da equação de John Collins.

$L =$	3,98 km
$A =$	5,23 km ²
$S_0 =$	1,31 %
$t_c =$	124,65 min

Da Tabela 12 percebe-se que o valor obtido pelo método de John Collins é um pouco menos disperso dos demais que o método de Ventura, e que reflete também pelos dados requeridos, que prioriza escoamentos em canais, no entanto, este método é aconselhado para macrobacias devido a variabilidade da velocidade de escoamento em diferentes bacias médias e pequenas, ou seja, este método induz ao erro nestes casos citados.

2.3.3.7 Equação Derivada com Base no Método da Onda Cinemática

A equação da onda cinemática é a solução teórica das equações que regem o escoamento turbulento em um plano e é de se esperar que funcione bem em pequenas bacias, onde prevalece esse tipo de escoamento. A tendência, entretanto, é de que o valor de t_c seja superestimado à medida que a bacia aumenta (Porto et al, 2000).

Destaca-se que este método é mais indicado para bacias urbanas (Paiva et al, 2001).

A equação é apresentada a seguir:

$$t_c = 447 \cdot \frac{(L \cdot n)^{0,6}}{i_m^{0,4} \cdot S_t^{0,3}}$$

$$S_t = \frac{H}{1000 \cdot L}$$

Onde:

- t_c é o tempo de concentração, min;
- L é o comprimento do talvegue, km;
- H é a diferença de nível entre o ponto mais remoto da bacia e a seção de saída, em m;
- S_t é a declividade da superfície, m/m;
- n é o coeficiente de rugosidade de Manning, $\text{sm}^{-1/3}$;
- i_m é a precipitação efetiva, mm/h.

Para aplicar esse método foram empregues para a i_m , parâmetros de ajuste relativos ao município de Macaé, e para o coeficiente de rugosidade de Manning, foi considerado um canal de terra, com vegetação normal, fundo com cascalhos ou irregular por causa de erosões, revestido com pedregulhos e vegetação (dados obtidos em Porto et al, 2000).

Tabela 13. – Aplicação da equação derivada do método da onda cinemática².

$K =$	647,49	mm min ^c h anos ^a
$T =$	100,00	anos
$a =$	0,26	(adimensional)
$t =$	70,53	min
$b =$	8,48	min
$c =$	0,68	(adimensional)

$i_m =$	107,90	mm/h
$n =$	0,03	$\text{sm}^{-1/3}$
$L =$	3,98	km
$H =$	52,00	m
$S_t =$	0,01	m/m
$t_c =$	70,53	min
$t_c - t =$	0,00	

² Os fatores de ajuste K , a , b e c foram obtidos por intermédio do software PLUVIO 1.3.

A precipitação efetiva (i_m) é obtida da equação de intensidade – duração – frequência da precipitação, que será vista mais adiante, o que torna o processo de cálculo iterativo, pois para determinar i_m é necessário conhecer sua duração, que é igual ao tempo de concentração, nesse trabalho foi utilizado como critério de parada quando a diferença entre a duração da precipitação e o tempo de concentração fosse nula.

Como se pode observar na Tabela 13, o valor obtido para o tempo de concentração foi de 70,53 min, se aproximando do método DNOS. A bacia estudada afasta-se do regime turbulento devido a densidade de drenagem ser elevada e a pequena declividade do terreno, aproximando-se desta forma a um regime laminar. Sendo assim, este método não deve ser empregado no caso estudado.

2.3.3.8 Equação de Giandotti

$$t_c = 60 \cdot \frac{4 \cdot \sqrt{A} + 1,5 \cdot L}{0,8 \cdot \sqrt{H}}$$

Onde:

- t_c é o tempo de concentração, min;
- A é a área da bacia, km²;
- L é o comprimento horizontal, desde a saída até o ponto mais afastado da bacia, km;
- H é a diferença de cotas entre a saída da bacia e o ponto mais afastado, m.

Tabela 14. Aplicação da equação de Giandotti.

$L =$	3,98 km
$H =$	52,00 m
$A =$	5,23 km ²
$t_c =$	157,24 min

Observa-se que o método de Giandotti apresenta o maior valor de t_c até o momento. Segundo DNER (1990) este método só deve ser empregado em bacias com uma área considerável, não cabendo ao caso estudado no presente trabalho.

2.3.3.9 Equação de Dodge

A equação de Dodge foi determinada a partir de dados provenientes de dez bacias rurais com áreas de 140 a 930 km². Como estas bacias têm maior porte que as demais,

supõe-se que seus parâmetros reflitam melhor as condições de escoamento em canais (Porto et al, 2000). A equação é assim descrita:

$$t_c = 21,88 \cdot A^{0,41} \cdot S_t^{-0,17}$$

$$S_t = \frac{H}{1000 \cdot L}$$

Onde:

- t_c é o tempo de concentração, min;
- A é a área da bacia, km²
- L é o comprimento horizontal, desde a saída até o ponto mais afastado da bacia, km;
- H é a diferença de cotas entre a saída da bacia e o ponto mais afastado, m.
- S_t é a declividade da superfície, m/m.

Tabela 15. Aplicação da equação de Dodge.

$A =$	5,23 km ²
$H =$	52,00 m
$L =$	3,98 km
$S_t =$	0,01 m/m
$t_c =$	90,15 min

Embora o escoamento da bacia analisada neste trabalho é predominantemente por canais, o método de Dodge não é muito adequado ao caso estudado, pois a bacia em questão é quase 30 vezes menor que às bacias utilizadas no desenvolvimento dessa equação.

2.3.3.10 Equação SCS Lag

A equação foi desenvolvida para bacias rurais com áreas de drenagem de até 8 km² e reflete, fundamentalmente, o escoamento sobre a superfície do terreno. Para a aplicação em bacias urbanas, o *Soil Conservation Service* (SCS) sugere procedimentos para ajuste de acordo com a área impermeabilizada e a parcela dos canais que sofreram modificações (Porto et al, 2000).

$$t_c = 3,42 \cdot L^{0,8} \cdot \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0,7} \cdot S_t^{-0,5}$$

$$S_t = \frac{H}{1000 \cdot L}$$

Onde:

- t_c é o tempo de concentração, min;
- L é a comprimento do talvegue, km;
- H é a diferença de cotas entre a saída da bacia e o ponto mais afastado, m
- S_t é o declividade da superfície, m/m;
- CN é o número da curva obtido para terreno de alto potencial de escoamento, baixa taxa de infiltração e pastagem entre 50 e 75% da área.

Tabela 16. Aplicação da equação SCS Lag.

$CN =$	84,00 %
$L =$	3,98 km
$H =$	52,00 m
$S_t =$	0,01 m/m
$t_c =$	190,52 min

Destaca-se que nesta metodologia o tempo de concentração (t_c) depende muito do valor de CN e como este parâmetro é um indicador das condições da superfície do solo, a equação de SCS aplica-se a situações em que o escoamento sobre a superfície do terreno é predominante.

Da Tabela 16 percebe-se que o valor de t_c obtido é o mais disperso de todos os métodos, que indica que apesar das características geométricas da bacia estudada se encaixarem perfeitamente ao ideal para utilização desse método, o fato da bacia possuir uma rede de drenagem bem ramificada e o fato de CN ser inferior a 100, podem ter contribuído para obtenção dessa discrepância de valores.

2.3.3.11 Seleção do Tempo de Concentração (t_c)

Em bacias com áreas menores que 1km², o escoamento é predominantemente superficial e a velocidade de escoamento é fortemente influenciada pela rugosidade e cobertura vegetal do terreno. À medida que aumenta a extensão da bacia, o escoamento pelos canais tem seu predomínio acentuado e a interferência do tipo de solo e sua cobertura são pouco influentes.

De acordo com as equações apresentadas anteriormente, o comprimento e a declividade do curso d'água principal da bacia são as características mais freqüentemente utilizadas para o cálculo do tempo de concentração. Ainda, Paiva et al (2001) destaca que uma vez determinado o tempo de concentração, procede-se o cálculo da velocidade média de escoamento por meio do comprimento do talvegue e pelo tempo obtido, assim, pode-se descartar alguns métodos.

A Tabela 17, apresenta um resumo dos resultados obtidos pelas equações estudadas:

Tabela 17. Métodos utilizados para obtenção do Tempo de Concentração (t_c).

Formulação Empírica	t_c (min)
Kirpich	61,37
Ven Te Chow	55,98
Picking	55,21
DNOS	68,52
Ventura	138,43
John Collins	124,65
Derivada com Base no Método da Onda Cinemática	70,53
Giandotti	157,24
Dodge	90,15
SCS Lag	190,52

Pelo que foi exposto, a situação em que a bacia estudada neste trabalho mais se encaixa é a apresentada pelo Método de DNOS, ou seja, o tempo de concentração t_c utilizado nos cálculos subseqüentes foi de 68,52 min.

2.3.4 Intensidade Máxima Média da Precipitação (i_m)

Correlacionando intensidades e durações das chuvas, verifica-se quanto mais intensa for uma precipitação, menor será a sua duração (t). A relação cronológica das maiores intensidades para cada duração pode ser obtida de uma série de registros pluviográficos de tormentas intensas.

Para projetos de obras hidráulicas é necessário conhecer três grandezas que caracterizam as precipitações máximas: intensidade, duração e tempo de retorno. A determinação da relação entre estas três variáveis (curvas IDF) deve ser deduzida das observações das chuvas intensas durante um período de tempo suficientemente longo e representativo dos eventos extremos do local.

A intensidade a ser considerada para aplicação do método é a máxima média (i_m), observada para uma duração correspondente a um tempo de duração (t_c) e um período de retorno (T) estabelecido pelo projetista. A relação proposta é a seguinte:

$$i_m = \frac{K \cdot T^a}{(t + b)^c}$$

Onde:

- i_m é a intensidade máxima média de precipitação, mm/h;

- T é o período de retorno ou de recorrência, anos;
- t é a duração da precipitação, min;
- K, a, b, c são os parâmetros de ajuste relativos à estação pluviográfica estudada, $\text{mm min}^c \text{ h anos}^a$, adimensional, min e adimensional, respectivamente.

Para a determinação dos parâmetros de ajuste foi utilizado o software PLUVIO 1.3 desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa – MG. Os dados de entrada para obtenção destes parâmetros foram: as coordenadas cartográficas ou as estações pluviográficas, e os dados de saída foram os parâmetros de ajuste da estação pluviográfica do município de Macaé que mais se aproximava do local onde seria implantada a obra. Assim, para o caso estudado, a equação teve a seguinte forma:

$$i_m = \frac{647,49 \cdot T^{0,26}}{(t + 8,48)^{0,68}}$$

Esta equação é conhecida como a equação de intensidade, duração e freqüência da precipitação ou equação de chuvas intensas.

Tabela 18. Aplicação da equação de Chuvas Intensas (IDF).

Intensidade Máxima Média de Precipitação	
$T =$	100,00 anos
$t =$	68,52 min
$i_m =$	111,80 mm/h

Como visto na Tabela 18 acima, aplicando o período de retorno escolhido e o tempo de concentração para o tempo de duração da precipitação na equação de chuvas intensas, se obteve uma precipitação de 126,67 mm/h sobre toda a área da bacia hidrográfica.

2.3.5 Vazão Máxima ou Vazão de Projeto (Q_p)

A vazão máxima de um curso d'água pode ser entendida como sendo um determinado valor que é associado a um risco de ser igualado ou ultrapassado, sendo esta utilizada na previsão de enchentes e em diversas obras hidráulicas de micro ou macrodrenagem.

Na existência de dados históricos de vazão no local estudado, pode-se utilizar uma distribuição estatística, sendo esta abordagem empregue para a estimativa de vazão máxima associada a um risco previamente determinado. Na inexistência destes dados ou quando ainda estes são ínfimos, pode-se lançar mão da regionalização de vazões máximas ou por meio de análise de precipitações. A regionalização permite que se estime a vazão da região de interesse por meio da análise de dados de postos vizinhos. Assim, as

precipitações máximas são transformadas em vazões através de modelos matemáticos. O modelo supracitado é muito importante quando a bacia estudada sofre modificações.

Existem diversos métodos para obtenção da vazão máxima por meio de dados de precipitação. Nestes, faz-se necessário o cálculo da intensidade de chuva para um determinado período de retorno, da distribuição espacial de chuvas na bacia, da distribuição temporal da chuva, da chuva excedente, e a subsequente transformação da chuva em vazão. Destaca-se que nos casos onde ocorre armazenagem de volume d'água (vertedores e ensecadeiras de barragens, reservatórios, entre outros), é imprescindível a determinação do Hidrograma de Projeto.

Os métodos mais utilizados são: Racional, Racional Modificado, I-Pai-Wu Modificado, Hidrograma Unitário Sintético de Snyder, Hidrograma Unitário Triangular do SCS, Ven Te Chow, e Hidrograma Unitário Regionalizado³.

2.3.5.1 Métodos Racional e Racional Modificado

O Método Racional é largamente aplicado para a determinação de vazão máxima de projeto em bacias pequenas ($A \leq 5 \text{ km}^2$), onde os princípios desta metodologia têm como base a consideração de que a duração da precipitação é igual ao tempo de concentração ($t = t_c$). Assim admite-se que a bacia é suficientemente pequena para que tal igualdade seja verdadeira, pois a duração é inversamente proporcional à intensidade de chuva. O método engloba todos os processos de determinação de vazão citados em um único coeficiente, que se relaciona com as características da bacia estudada.

Destaca-se ainda que o Método Racional não avalia o volume da cheia e a distribuição temporal das vazões, ou seja, não é possível a obtenção do hidrograma de projeto.

A equação do Método Racional tem a seguinte forma:

$$Q_p = \frac{C \cdot i_m \cdot A}{360}$$

Onde:

- Q_p é a vazão de projeto, em m^3/s ;
- C é o coeficiente de escoamento superficial ou run-off, adimensional;
- i_m é a intensidade máxima média de precipitação, mm/h ;
- A é a área de drenagem da bacia hidrográfica, em ha.

³ Neste trabalho não serão abordados os Métodos do Hidrograma Unitário Sintético de Snyder, Hidrograma Unitário Triangular do SCS, Ven Te Chow e Hidrograma Unitário Regionalizado devido à dificuldade de obtenção de alguns dados necessários ao desenvolvimento destas metodologias.

A área de drenagem da bacia estudada no presente trabalho é próxima ao limite estabelecido pelo Método Racional, excedendo-o ligeiramente. Com isso é de se esperar que a vazão máxima de projeto obtida nesta abordagem seja levemente superestimada.

Paiva et al (2001) ressaltam que a utilização de um índice ξ que considera a área da bacia estudada seria o mais ideal. Na utilização deste índice, a abordagem passou a se chamar Método Racional Modificado que tem a seguinte forma:

$$Q_p = \frac{\xi \cdot C \cdot i_m \cdot A}{360}$$

Onde:

- Q_p é a vazão de projeto, em m³/s;
- C é o coeficiente de escoamento superficial, adimensional;
- i_m é a intensidade máxima média de precipitação, mm/h;
- A é a área de drenagem da bacia hidrográfica, em ha;

O índice ξ utilizado no método supracitado tem a seguinte forma:

$$\xi = 0,278 + \left(\frac{0,00034 \cdot A}{100} \right)$$

Onde:

- A é a área de drenagem da bacia hidrográfica, em ha.

O coeficiente de escoamento superficial utilizado foi baseado naqueles recomendados pelo *Soil Conservation Service – USDA* a seguir.

Tabela 19. Coeficientes de escoamento superficial recomendados pela SCS – USDA (Pruski et al, 2003).

Tipo de cobertura do solo	Declividade (%)	Textura do Solo		
		Arenosa	Franca	Argilosa
Florestas	0 – 5	0,10	0,30	0,40
Pastagens		0,10	0,30	0,40
Terras Cultivadas		0,30	0,50	0,60

O tipo de cobertura do solo encontrado na bacia foi pastagem com declividade de 1,58% e a textura do solo argilosa, portanto $C = 0,40$.

Tabela 20. Aplicação do Método Racional.

$C =$	0,40 (adimensional)
$i_m =$	111,80 mm/h
$A =$	523,20 ha
$Q_p =$	64,99 m ³ /s

Tabela 21. Aplicação do Método Racional Modificado.

$C =$	0,40 (adimensional)
$i_m =$	111,80 mm/h
$A =$	523,20 ha
$\xi =$	0,28 (adimensional)
$Q_p =$	18,18 m ³ /s

O coeficiente de escoamento superficial ou run-off adotado refere-se ao tipo de solo argiloso com cobertura vegetal de pastagem.

Como visto nas Tabelas 20 e 21, os valores de vazão máxima obtidos pelos dois métodos diferem bastante, sendo a obtida pelo Método Racional igual a 64,99 m³/s e a obtida pelo Método Racional Modificado igual a 18,18 m³/s, ou seja, o índice ξ implica uma redução na vazão de quase 70% daquele para este método.

Por outro lado, quando a área da bacia estudada é muito superior ao limite estabelecido pelo Método Racional, ocorre uma superestimação do valor da vazão máxima de projeto.

2.3.5.2 Método I-Pai-Wu Modificado

Este método foi abordado no estudo de 21 pequenas bacias hidrográficas do Estado de Indiana – EUA com cerca de 260 km², a fim de se relacionar a forma do hidrograma de enchente com as características da bacia. Assim como o Método Racional, este considera que a duração da chuva é igual ao tempo de concentração, determinando assim a vazão máxima.

Algumas alterações no método original foram apresentadas por diversos estudos, chegando assim a seguinte relação⁴:

$$Q_p = 0,278 \cdot C \cdot i_m \cdot A^{0,9} \cdot k'$$

Onde:

- Q_p é a vazão de projeto, em m³/s;
- i_m é a intensidade máxima média de precipitação, mm/h;

⁴ Neste método é possível obter o volume total do hidrograma de projeto, no entanto, como o presente trabalho não se trata de amortecimento de cheias, não há necessidade de tal.

- A é a área de drenagem da bacia hidrográfica, em ha;
- k' é o coeficiente de distribuição espacial de chuva, adimensional.

Para ser considerado o acúmulo d'água no leito e depressões da bacia, bem como do coeficiente de escoamento superficial, é adotado um expoente 0,9 para a área da bacia. Destaca-se também que o coeficiente de distribuição espacial de chuva (k') é obtido por meio de ábaco que relaciona área de drenagem (A) e tempo de concentração (t_c) (Paiva et al, 2001).

O coeficiente de escoamento superficial varia de acordo com as seguintes relações:

$$C = \left(\frac{2}{1+F} \right) \cdot \frac{C_2}{C_1} \qquad F = \frac{L}{2 \cdot \sqrt{\frac{A}{\pi}}} \qquad C_1 = \frac{4}{2+F}$$

Onde:

- C é o coeficiente de escoamento superficial, adimensional;
- C_2 é o coeficiente de escoamento superficial volumétrico, adimensional;
- F é o fator de forma considerado por Planidro (s.d.) e Uehara (1989) citado por Paiva et al (2001), adimensional;
- C_1 é o coeficiente de escoamento relativo ao tempo de pico (t_p) e tempo de concentração (t_c).

Tabela 22. Aplicação do Método I-Pai-Wu Modificado⁵.

$L =$	3,98 km
$A =$	5,23 km ²
$F =$	0,49 (adimensional)
$C_1 =$	1,61 (adimensional)
$C_2 =$	0,50 (adimensional)
$C =$	0,42 (adimensional)
$i_m =$	111,80 mm/h
$k' =$	0,98 (adimensional)
$Q_p =$	56,39 m ³ /s

Observa-se da Tabela 22 que o valor de vazão obtido está entre aqueles propostos pelo método Racional e pelo Racional Modificado. Destaca-se que a bacia analisada no presente trabalho afasta-se muito do proposto pelo I-Pai-Wu Modificado no que se refere a área estudada. Além disso, Uehara (1989) e Planidro (s.d.) citado por Paiva et al (2001) recomendam a utilização da fórmula de Kirpich para determinação do tempo de

⁵ O coeficiente de escoamento superficial volumétrico C_2 , foi adotado para solo com grau de impermeabilidade médio proposto por Planidro (s.d) citado por Paiva et al (2001).

concentração a fim de se estimar o coeficiente de distribuição espacial de chuva (k), e como foi observado anteriormente, a utilização de tal abordagem para determinar o tempo de concentração seria errônea para o caso estudado.

2.3.5.3 Seleção do Método para determinação da Vazão de Projeto

Uma diversidade de estudos tem procurado avaliar os métodos de determinação de vazão de projeto. O Método Racional é muito criticado por considerar as características de escoamento da bacia estudada em um único coeficiente, tendendo a superestimar os valores de vazão. A principal explicação para os valores elevados de vazão é a consideração de que toda bacia estará contribuindo, e isto muitas vezes não é verdade quando ocorre uma chuva convectiva, a qual é localizada e de pequena duração. Por este motivo, diversos pesquisadores limitam a utilização do método para bacias de até 5 km².

O método I-Pai-Wu Modificado, tem um grande destaque nos casos em que há a necessidade de hidrograma de projeto, no entanto, este é mais indicado para bacias de áreas mais elevadas.

A bacia estudada neste trabalho possui área superior ao limite estabelecido pelo Método Racional, no entanto, o valor de vazão obtida nesta abordagem não se distancia muito do método I-Pai-Wu Modificado (Tabela 23). Destaca-se que Bernard et al (1949) citado por Paiva et al (2001) consideram que podem ser utilizados os métodos Racional, do Hidrograma Unitário, Estatísticos e Curvas Envolvórias numa faixa de área de bacia entre 2,6 à 260 km².

Em contrapartida, o método Racional Modificado apresentou um valor de vazão muito baixo comparado aos demais, sendo a sua aplicação contra a segurança.

Portanto, no presente trabalho foi considerada a vazão de projeto calculada pelo método Racional.

Tabela 23. Métodos Utilizados para a determinação da Vazão de Projeto (Q_p).

Métodos	Vazão de Projeto (Q_p)
Racional	64,99 m ³ /s
Racional Modificado	18,18 m ³ /s
I-Pai-Wu Modificado	56,39 m ³ /s

2.3.6 Determinação da Cota de Máxima Cheia e Vão da Obra (h_{max})

Denominam-se canais a céu aberto àqueles que são construídos na superfície terrestre ou montados em calhas pré-fabricadas, destinados à condução d'água de um modo geral. Para determinada seção de escoamento, a forma mais econômica será aquela que levará menor velocidade ao menor perímetro (Azevedo Neto et al, 1998).

Os taludes das paredes laterais dependem da natureza do terreno e são fixados tendo em vista a estabilidade das margens. De acordo com os elementos da Mecânica dos Solos, sabe-se que a inclinação do talude deve ser inferior ao ângulo de atrito do terreno (ϕ).

Por meio da Figura 8 pode-se definir algumas características de uma seção transversal trapezoidal de um canal.

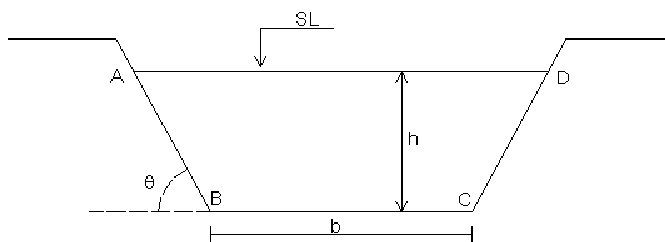


Figura 8. Seção transversal trapezoidal de um canal genérico.

Primeiramente define-se como tirante hidráulico (h) a cota do nível d'água referido ao ponto mais baixo da seção transversal.

A Área Molhada (A_m) é a área da seção transversal ocupada pelo líquido, isto é, a área do trapézio ABCDA (Figura 8). Pode-se também escrever esta área em função do ângulo do talude (θ), da largura de fundo (b), e do tirante hidráulico (h) da seguinte forma:

$$A_m = h(b + h \cdot \text{ctg} \theta)$$

Define-se o Perímetro Molhado (P_m) como a medida do contorno do líquido junto às paredes laterais e o fundo, isto é, P_m é o comprimento da poligonal ABCD (na Figura 8, $P_m = \overline{AB} + \overline{BC} + \overline{CD}$). Da mesma forma que a Área Molhada (A_m), pode-se escrever este perímetro em função do ângulo do talude (θ), da largura de fundo (b), e do tirante hidráulico (h) da seguinte forma:

$$P_m = 2 \cdot h \cdot \text{csc} \theta + b.$$

O Raio Hidráulico (R_H) é definido como a relação entre a Área Molhada (A_m) e o Perímetro Molhado (P_m), ou seja, $R_H = \frac{A_m}{P_m}$.

A declividade de fundo (I) ou declividade piezométrica ou simplesmente declividade é a tangente do ângulo formado pelo eixo do fundo do canal com o plano horizontal. Destaca-se que no movimento permanente e uniforme a superfície livre (SL) é paralela ao fundo do canal, ou seja, como a linha piezométrica coincide com a linha da superfície livre em condutos livres, a declividade de fundo confunde-se com a declividade piezométrica.

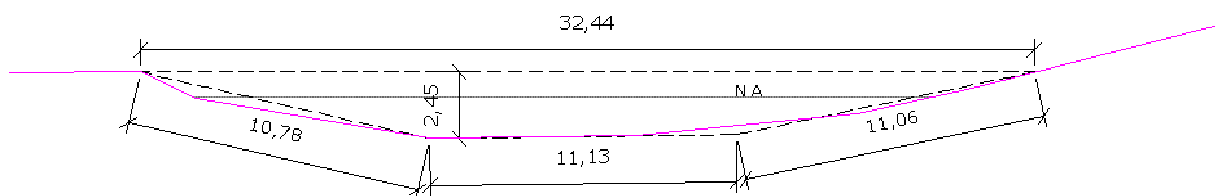


Figura 9. Seção transversal do canal estudado.

Da Figura 9, tem-se que a largura de fundo do canal (b) e ângulo do talude (θ) foram, respectivamente iguais a 11,13 m e 13° . Todavia costuma-se escrever a inclinação de taludes a partir da relação $v : h$. Desta forma, para o caso estudado tem-se $v : h \cong 1 : 4,3$. Finalmente, $A_m = h(11,13 + h \cdot \text{ctg}13^\circ)$ e $P_m = 2 \cdot h \cdot \text{csc}13^\circ + 11,13$.

É de uso corrente, a realização do cálculo de canais por meio de fórmulas empíricas, em destaque a fórmula de Manning a seguir:

$$Q = \frac{A_m}{n} \cdot R_H^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

Onde:

- Q é a vazão na seção analisada, em m^3/s ;
- n é o coeficiente de rugosidade de Manning, adimensional;
- A_m , R_H e I já definidos.

Deve-se destacar o peculiar interesse nos estudos de movimento permanente gradual em canais na capacidade de escoamento da seção transversal do canal ou o fator de condução (Λ), cuja utilização permite facilitar os cálculos.

O fator de condução (Λ) pode ser definido pela seguinte relação:

$$\Lambda(Q, I) = \frac{Q}{\sqrt{I}}$$

Sabendo que a vazão de projeto (Q_p) previamente determinada foi igual a $64,99 \text{ m}^3/\text{s}$ (Tabela 23) e a que declividade do canal foi igual a $0,013 \text{ m/m}$, pôde ser obtido o fator de

condução (Λ) ou capacidade de escoamento da seção transversal (Figura 9) de 568,61 m³/s.

Relacionando a equação do fator de condução $\Lambda(Q, I)$ com a equação de Manning, é possível descrever a capacidade de escoamento da seção em função do coeficiente de rugosidade de Manning (n) e do tirante hidráulico (h) da seguinte forma:

$$\Lambda = \frac{A_m}{n} \cdot R_H^{2/3} = \varphi(n, h)$$

Destaca-se também que uma vez que as vazões (Q) conduzidas por duas seções sob mesma declividade (I) são proporcionais aos respectivos fatores de condução (Λ), pode-se dizer que:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{\Lambda_1}{\Lambda_2}$$

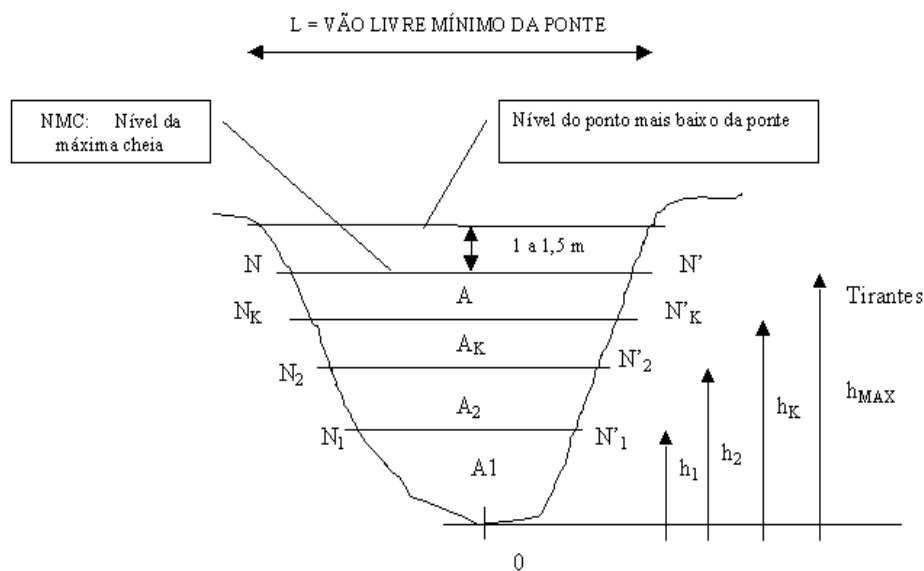


Figura 10. Cálculo dos fatores de condução para diferentes tirantes ($A_m \times h$).

A Figura 10 apresenta a determinação do tirante hidráulico (h) que pode ser realizada por meio de uma curva de condução $\varphi(\Lambda, h)$ ou um processo iterativo. Os resultados obtidos pela curva de condução são um pouco imprecisos.

Quando o processo iterativo é realizado analiticamente, supõe-se quantos n valores necessários para que se determine um limite inferior (Λ_i, h_i) e superior ($\Lambda_{i+(n-1)}, h_{i+(n-1)}$) ao

fator de condução $\Lambda(Q_p, I)$ obtido previamente. Da definição proposta de expoente hidráulico (η) para diversos tirantes hidráulicos (h) em uma mesma seção, tem-se:

$$\eta = 2 \cdot \frac{\log \frac{\Lambda_{i+(n-1)}}{\Lambda_i}}{\log \frac{h_{i+(n-1)}}{h_i}} \quad h_{cheia} = h_i \left(\frac{\Lambda(Q_p, I)}{\Lambda_i} \right)^{2/\eta} = h_{i+(n-1)} \left(\frac{\Lambda(Q_p, I)}{\Lambda_{i+(n-1)}} \right)^{2/\eta}$$

O processo iterativo computacional procede da mesma forma, exceto pela não utilização do expoente hidráulico (η), tendo como critério de parada a relação $\Lambda(Q_p, I) - \Lambda_i = 0$.

Tabela 24. Cálculo do Tirante Hidráulico de Cheia (h_{cheia}).

$\Lambda(Q_p, I) =$	568,51 m ³ /s
$P_i =$	21,42 m
$A_i =$	18,68 m ²
$R_i =$	0,87 m
$\Lambda_i =$	568,51 m ³ /s
$\Lambda(Q_p, I) - \Lambda_i =$	0,00 m ³ /s
$h_i =$	1,1575760 m
$h_{cheia} =$	1,16 m

A Tabela 24 apresenta os resultados obtidos com o processo iterativo já discutido anteriormente. Nota-se que o tirante máximo de cheia (h_{cheia}) determinado foi de 1,16 m.

O movimento variado em canais, ao escoamento que se dá em regime permanente, cuja profundidade varia gradualmente ao longo da extensão do canal, é denominado de remanso. No caso da execução de uma ponte, as obstruções de maior destaque no Brasil são: a influência dos pilares, a existência de barragens a jusante da construção e a influência das marés.

Como foi apresentado, a inserção dos pilares no curso d'água causa uma certa contração neste, ou seja, deve-se acrescentar ao tirante máximo de cheia obtido (h_{cheia}) o valor correspondente à influência desta contração (h_c). No entanto, para proceder com este cálculo, é necessário determinar a seção dos pilares e a largura livre de lâmina d'água (l), ou seja, as regiões na seção do curso d'água onde não existem pilares, como esses dados ainda encontravam-se indisponíveis, foi necessária uma consideração inicial sobre as dimensões dos mesmos, e mais tarde após dimensionada a estrutura, a realização de uma

conferência para determinar se aconteceram mudanças significativas. Como consideração inicial procurou-se uma situação que provocasse os efeitos mais indesejáveis, ou seja, o maior aumento na lâmina d'água; para tanto, foi adotado um único pilar retangular presente no curso do rio, com 2,80 metros de largura, como mostra as Figuras 11 e 12.

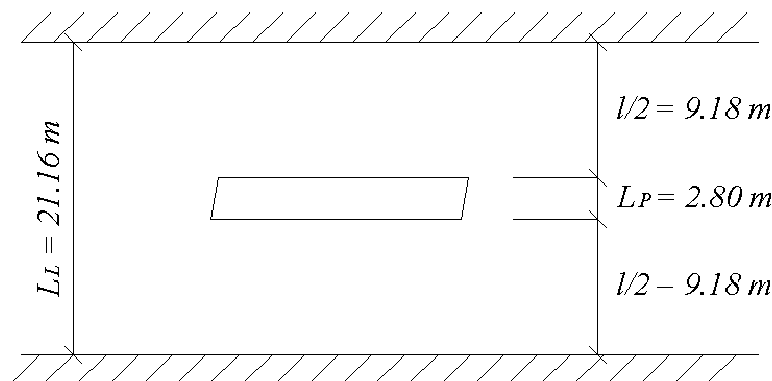


Figura 11. Pilar inserido no curso d'água estudado.

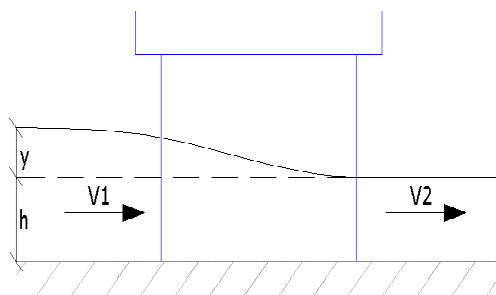


Figura 12. Sobre-elevação (y ou h_c) formada pela contração devido ao pilar da ponte.

De acordo com Bresse em “Cours de Mécanique Appliquée” (1960) citado por DNER (1990), para determinar o valor da sobre-elevação decorrente da implantação dos pilares da ponte no leito do rio, deve-se partir do pressuposto que essa obstrução determina o perfil de água, como mostrado na Figura 12, utilizando a seguinte formulação:

$$h_{c(i+1)} = \alpha \cdot \frac{Q^2}{2g} \cdot \left[\frac{1}{C^2 l^2 h^2} - \frac{1}{L_L^2 (h + h_{ci})^2} \right]$$

Onde:

- $h_{c(i+1)}$ e h_{ci} são as sobre-elevações calculadas por aproximações, em m;
- α é o coeficiente de Coriolis (1,2 via de regra);

- Q é a vazão de projeto, m^3/s ;
- g é a aceleração da gravidade ($9,81 m/s^2$);
- C é o coeficiente de contração, variável com as formas dos pilares (adimensional);
- h é a profundidade da lâmina d'água para a descarga Q , em m;
- L_L é a largura da lâmina d'água, em m, obtida pela relação $L_L = (2 \cdot A_m / h_{cheia}) - b$;
- A_m é a área molhada da seção estudada, em m^2 ;
- h_{cheia} é a tirante máximo de cheia, em m;
- b é a largura de fundo da seção do canal analisado, em m;
- l é a largura livre da lâmina d'água, em m, obtida pela relação $l = L_L - nL_p$;
- n é o número de pilares inseridos no curso d'água;
- L_p é a largura dos pilares inseridos no curso d'água, em m;

Tabela 25. Coeficiente de contração (C) segundo DNER (1990).

Seção do pilar	Variação de C		C médio
Quadrada	0,80	0,85	0,83
Triangular	0,90	0,95	0,93
Cilíndrica	0,95	0,95	0,95
Afilada	0,97	0,97	0,97
Circular	0,97	0,97	0,97

O coeficiente pode ser obtido pela Tabela 25, e o cálculo de h_c deve ser feito pelo método das aproximações sucessivas. A Tabela 26 apresenta os resultados obtidos.

Tabela 26. Cálculo da contração (h_c) provocada pela inserção de pilares no canal.

$A_m =$	18,68 m^2
$b =$	11,13 m
$h_{cheia} =$	1,16 m
$L_L =$	21,16 m
$n =$	1 pilar
$L_p =$	2,80 m
$l =$	18,36 m
$Q_p =$	64,99 m^3/s
$g =$	9,81 m/s^2
$\alpha =$	1,2
$C =$	0,83
$h_{ci} =$	0,67 m
$h_{c(i+1)} =$	0,67 m
$h_{c(i+1)} - h_{ci} =$	0,00 m

Da Tabela 26, observa-se que o critério de parada utilizado nas aproximações sucessivas foi a relação $h_{c(i+1)} - h_{ci} = 0$. Nota-se que o pilar inserido na seção induz uma sobrelevação (h_c) de 0,67 m. Então $h_{\max} = h_{cheia} + h_c = 1,83m$.

Quanto à probabilidade de ocorrência de erosão nas margens e no leito do rio, o DNER (1990) recomenda a verificação de velocidades na seção estudada. A constatação da probabilidade de erosão nas margens do rio acarretará na execução de obras de proteção destas e a probabilidade de erosão no fundo do rio levará a estimativa da cota final de erosão, definindo desta forma o limite da fundação da ponte.

A velocidade média dos canais (Tabela 27) é limitada pelas condições impostas pela sua finalidade ou pela manutenção. O limite máximo (Tabela 28) fixado de modo a impedir a erosão do fundo e das margens do canal depende da natureza do terreno e do material de revestimento. Sempre que os demais fatores permitirem, o canal deverá ser projetado para funcionar com a velocidade máxima compatível, a fim de se obter os mínimos de área de escavação e de perímetro revestido. O limite mínimo (Tabela 29) da velocidade média é estabelecido para evitar o assoreamento do canal e seu valor depende das matérias sólidas em suspensão. A finalidade a que destina o canal impõe limitações de velocidade, cujos valores foram recomendados pela observação de obras em funcionamento com êxito há longos anos.

Tabela 27. Velocidades médias recomendadas (Azevedo Neto et al, 1998).

Finalidade do Canal	Limites (m/s)
Navegação, sem revestimento	até 0,50
Geral, sem revestimento	0,40 a 0,80
Geral, com revestimento	0,60 a 1,30
Aquedutos de água potável	0,60 a 1,30
Coletores e emissários de esgoto	0,50 a 1,50

Tabela 28. Velocidades máximas recomendadas (Azevedo Neto et al, 1998).

Material das Paredes do Canal	V_{\max} (m/s)
Canais arenosos	0,30
Saibro	0,40
Seixos	0,80
Aglomerados consistentes	2,00
Alvenaria	2,50
Canais em rocha compacta	4,00
Canais de concreto	4,50

Tabela 29. Velocidades mínimas recomendadas (Azevedo Neto et al, 1998).

Material em Suspensão	V_{min}(m/s)
Águas com suspensões finas	0,30
Águas carregando areias finas	0,45
Águas de esgoto	0,60
Águas pluviais	0,75

Analisando as Tabelas 27, 28 e 29, foi considerado que o canal é do tipo geral e sem revestimento, assim a faixa de velocidade média recomendada é de 0,40 a 0,80 m/s. Foi considerado que o material das paredes do canal tratava-se de saibro e o material em suspensão tratava-se de suspensão fina, então as velocidades máxima e mínima recomendadas são, respectivamente, 0,40 e 0,30 m/s.

Para a verificação da probabilidade das paredes e fundo do canal sofrerem erosão, foi analisada a velocidade de escoamento do canal por meio da equação de Manning seguinte:

$$V = \frac{1}{n} \cdot R_H^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

Da equação tem-se que a velocidade de escoamento para o tirante máximo de cheia de 1,16 m foi de 3,48 m/s, ultrapassando em muito a velocidade máxima recomendada para que não haja erosão das paredes. Pode-se notar também que a probabilidade de assoreamento do canal por materiais em suspensão é mínima. Portanto, para evitar o problema de erosão, recomenda-se como alternativa a execução de obras de proteção em concreto das paredes do canal, pois existe a grande possibilidade de erosão dos taludes e conseqüentemente dos aterros de acesso da ponte. Ainda, existe a probabilidade da erosão de fundo do canal, que influencia os níveis das fundações da ponte.

2.4. Elementos Geotécnicos

Os elementos geotécnicos necessários à elaboração do projeto de uma ponte são:

- Relatório de prospecção de geologia aplicada no local de provável implantação da obra, considerando seu esboço estrutural, e realçando peculiaridades geológicas porventura existentes;
- Relatório de sondagem de reconhecimento do subsolo compreendendo os seguintes elementos:
 - a) Planta de locação das sondagens, referida ao eixo da via;
 - b) Descrição do equipamento empregado (peso, altura, etc.);

- c) Sondagens de reconhecimento do subsolo, em toda a sua extensão provável, ao longo de duas linhas paralelas ao eixo locado da via, uma de cada lado, e distantes deste de, aproximadamente, três metros;
- d) As sondagens devem ser em número suficiente para permitir uma definição precisa quanto à natureza e distribuição das camadas constituintes do subsolo. Devem, ainda, atingir uma profundidade que permita a garantia de não haver, abaixo dela, camadas de menor resistência. Conforme a importância da obra, certo número de sondagens, ou mesmo sua totalidade, deverá atingir a rocha, que deverá ser investigada por meio de sondagens rotativas em uma espessura de, pelo menos, três metros;
- e) Perfis em separado de todas as sondagens, nos quais se indiquem a natureza e a espessura das diversas camadas atravessadas, suas profundidades em relação a uma referência de nível, índices de resistência à penetração e nível d'água, inicial e vinte e quatro horas após a conclusão da sondagem. A referência de nível da sondagem deve relacionar a cota da boca do furo à referência de nível da obra;
- f) A fixação das profundidades das sondagens poderá ser feita com critérios alternativos a serem obedecidos no campo como, por exemplo, os enunciados a seguir:
 - I. Sondagem de percussão – prosseguir até que as resistências à penetração sejam iguais ou superiores a N golpes / 30 cm em cinco cravações consecutivas, ou até atingir material impenetrável à peça de lavagem, ou até uma cota Z em metros de profundidade máxima. Os valores de N e Z poderão ser fixados, em cada caso, conforme a natureza do solo e o tipo da obra. Em geral para obras de porte mediano adota-se, por exemplo, $N = 40$ golpes por 30 cm e $Z = 40$ m;
 - II. Sondagens rotativas – prosseguir até que a recuperação igual ou superior a X_1 % em três avanços consecutivos, ou recuperação igual ou superior a X_2 % após penetrar 5 m em rocha parcialmente alterada, ou ainda recuperação média igual ou superior a X_3 % após penetrar 10 m em rocha alterada. Se nenhuma das condições anteriores forem satisfeitas, a sondagem deve ser interrompida a uma profundidade máxima Z . Os valores de X_1 , X_2 , X_3 e Z poderão ser fixados em cada caso conforme o tipo de obra.

No caso de estudo foram realizados na área pretendida para a construção da ponte uma prospecção fora da calha do canal.

A seguir é apresentado (Figuras 13, 14 e 15) o relatório de sondagem efetuado no local onde seria implantada a ponte estudada no presente trabalho.

2.4.1 Relatório de Sondagem

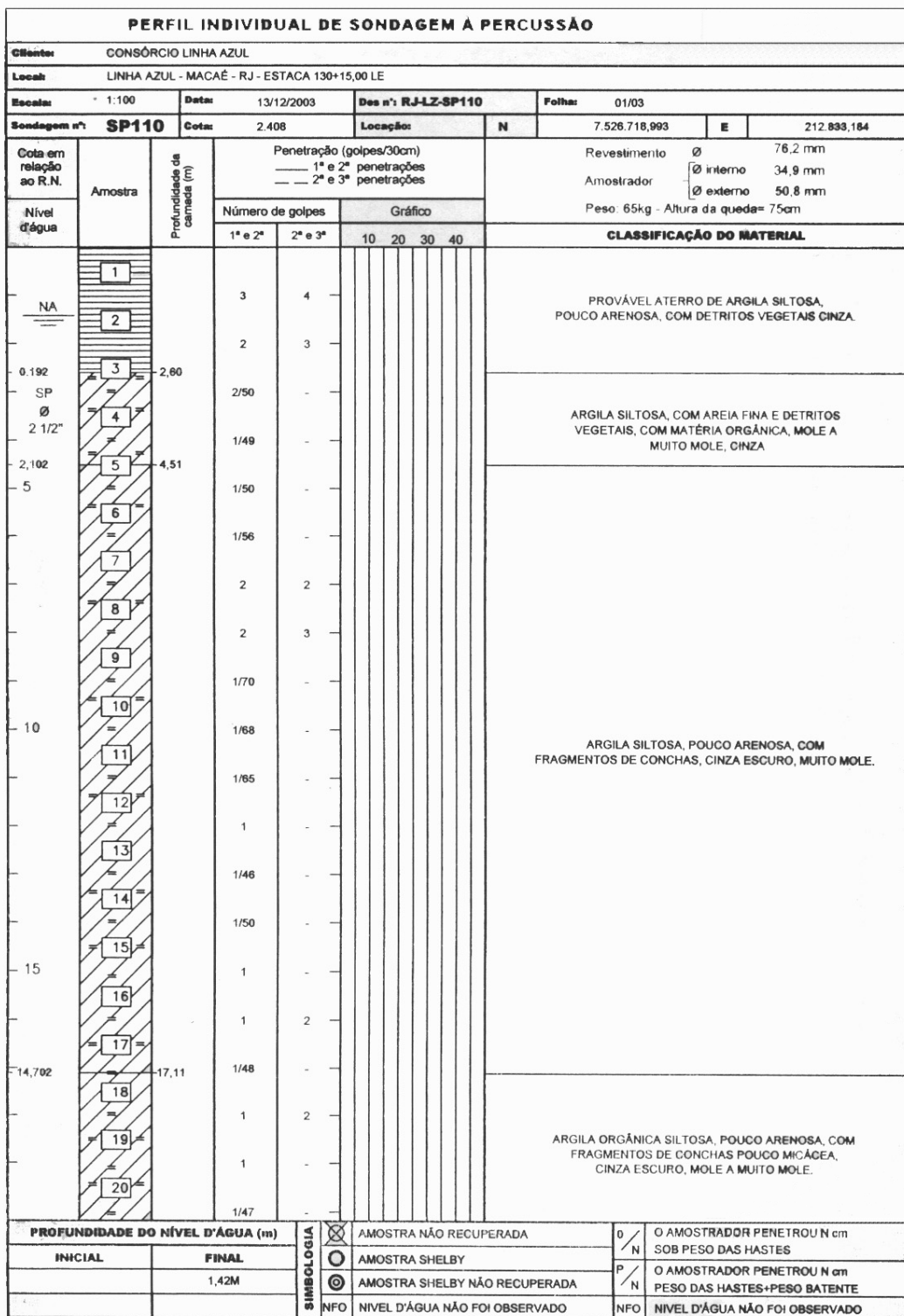


Figura 13. Perfil de sondagem – estaca 130 + 15,00 – profundidade de 0 a 20.

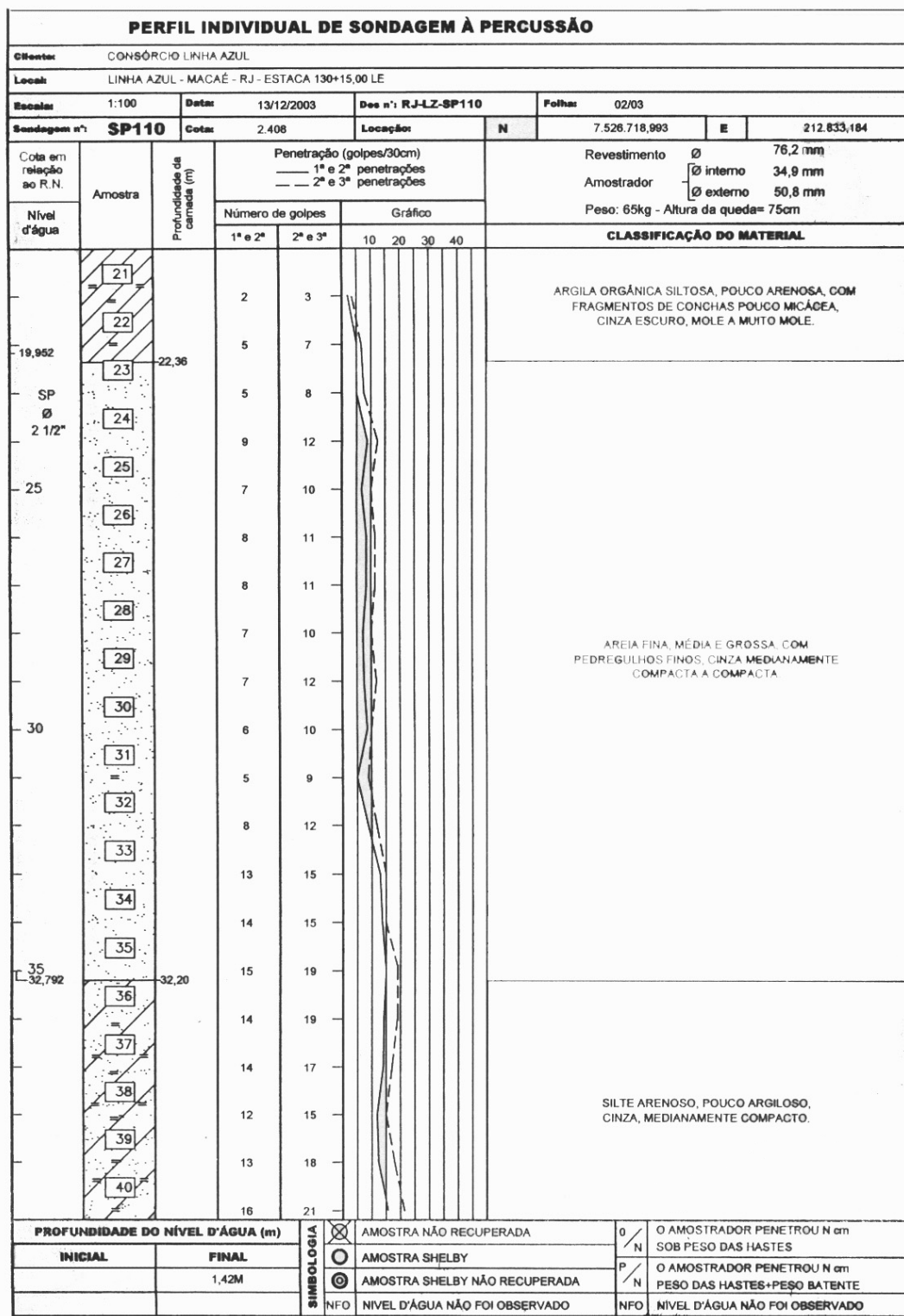


Figura 14. Perfil de sondagem – estaca 130 + 15,00 – profundidade de 20 a 40.

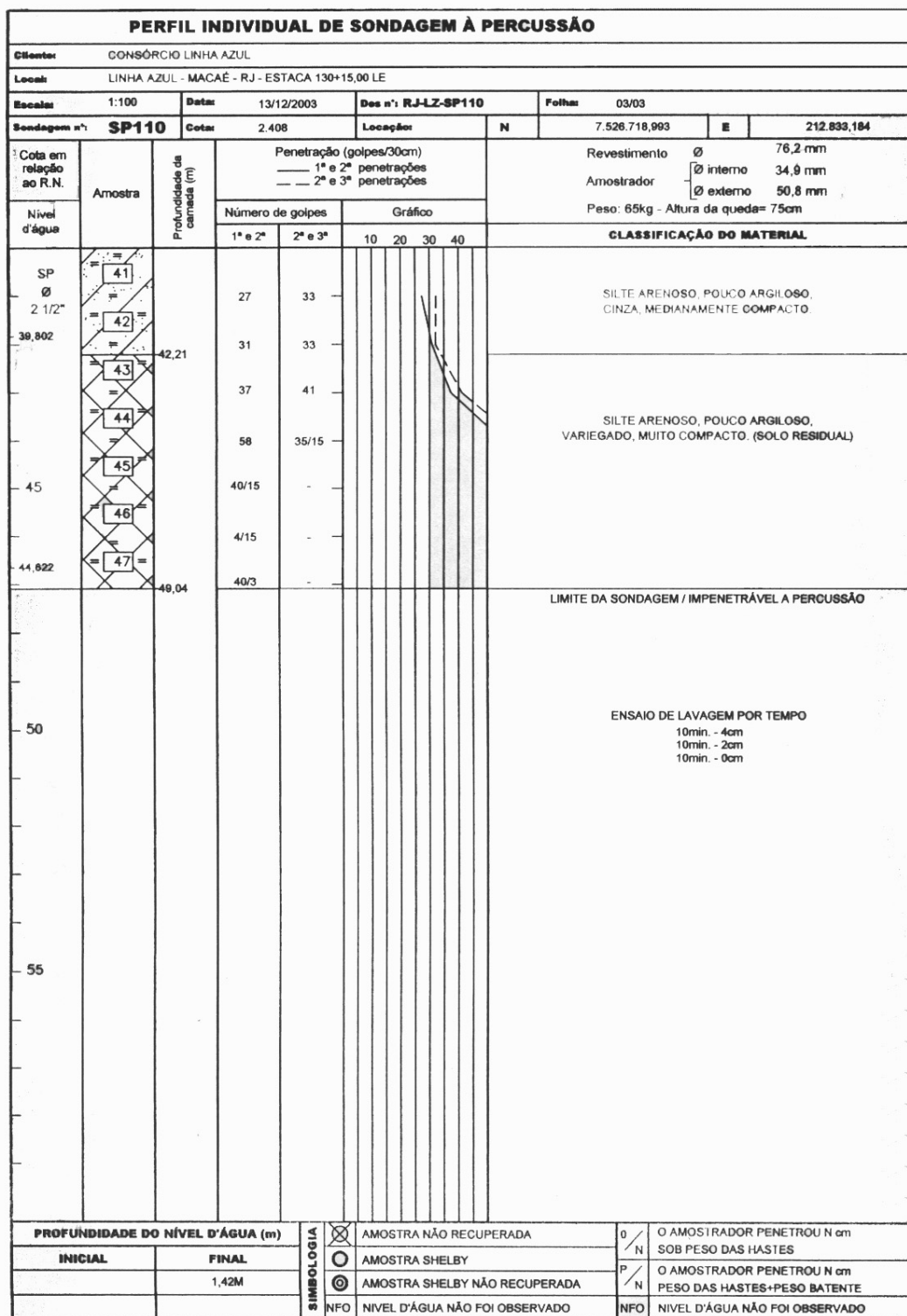


Figura 15. Perfil de sondagem – estaca 130 + 15,00 – profundidade de 40 a 50.

2.5. Elementos Geométricos

2.5.1 Classe e Velocidade Diretriz da Rodovia

Os elementos geométricos determinantes no projeto de uma ponte são conseqüências das características da via e de seu próprio estrado. Os elementos geométricos da via dependem das condições técnicas estabelecidas pelo órgão público competente, função anteriormente atribuída ao extinto Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – DNER, e atualmente encontra-se a cargo do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte – DNIT, os Departamentos Estaduais, que nesse caso trata-se da Fundação Departamento de Estradas de Rodagem – RJ – FUNDERJ, e as Prefeituras Municipais, que aqui se trata da Prefeitura Municipal de Macaé.

As normas dos departamentos supracitados estabelecem cinco classes técnicas para o projeto de rodovias:

- Classe 0 ou Especial – que corresponde ao melhor padrão técnico, com características técnicas mais exigentes, sendo sua adoção feita por critérios de ordem administrativa, seu projeto possui rodovia em pista dupla, com separação física entre as pistas, interseções em níveis distintos e controle total dos acessos, com características de Via Expressa;
- Classe I – é subdividida nas classes IA e IB; sendo a primeira correspondente ao projeto de rodovia com pista dupla, admitindo interseções no mesmo nível e com controle parcial dos acessos, sendo a definição por essa classe feita com base em estudos de capacidade das rodovias; e a segunda correspondente ao projeto de rodovia em pista simples, sendo indicada para os casos em que a demanda a atender é superior a 200 vpd ou superior a 1.400 vpd, mas não suficiente para justificar a adoção de classes de projeto superiores;
- Classe II – corresponde ao projeto de rodovia com pista simples, cuja adoção é recomendada quando a demanda a atender é de 700 vpd a 1.400 vpd;
- Classe III – corresponde ao projeto de rodovia com pista simples, sendo recomendada quando a demanda a atender é de 300 vpd a 700 vpd;
- Classe IV – é a classe de projeto mais pobre, correspondendo ao projeto de rodovia em pista simples, sendo subdividida nas classes IVA e IVB; sendo que a primeira tem adoção recomendada para os casos em que a demanda, na data de abertura da rodovia ao tráfego, situa-se entre 50 vpd e 200 vpd; e a segunda é destinada a atender casos em que a demanda seja inferior a 50 vpd.

Os valores limites recomendados para as características técnicas, no projeto de uma rodovia nova, considerando as classes de projeto e respectivas velocidades diretrizes, de acordo com as Normas e Instruções do DNIT, foram atualizados pelo Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais (DNER, 1999) e estão discriminados na Tabela 30 encontrada adiante.

Para a definição da classe a ser adotada no projeto de uma rodovia nova (ou de um trecho de rodovia) as normas do DNER, mantidas pelo DNIT, recomendam que sejam considerados os seguintes critérios principais:

- Respeitar a posição hierárquica da rodovia dentro da classificação funcional;
- Atender adequadamente aos volumes de tráfego previstos ou projetados;
- Verificar os Níveis de Serviço com que a demanda será atendida;
- Outras condicionantes, tais como fatores de ordem econômica, decisões relacionadas com o desenvolvimento nacional ou regional.

Considerando o critério de observar a classificação funcional de rodovias, que se fundamenta no reconhecimento do tipo de serviço oferecido por uma rodovia e que pode ser determinada a partir de suas funções básicas de mobilidade e de acessibilidade, tem-se, como mostrado na Tabela 31, a seguinte correspondência com as classes de projeto:

- Rodovias do Sistema Arterial Principal: Classes 0 e I;
- Rodovias do Sistema Arterial Primário: Classe I;
- Rodovias do Sistema Arterial Secundário: Classes I e II;
- Rodovias do Sistema Coletor Primário: Classes II e III;
- Rodovias do Sistema Coletor Secundário e Local: Classes III e IV;

Sendo que o sistema arterial compreende as rodovias cuja a função principal é dar mobilidade, cabendo ao sistema coletor englobar as rodovias que proporcionam um misto de funções de mobilidade e de acesso, e ao sistema local abranger as rodovias cuja a função é de oferecer oportunidades de acesso.

Para fins de classificação funcional, são ainda considerados dois outros conceitos: o de extensão de viagem e o de rendimentos decrescentes, que permitem distinguir melhor as rodovias quanto às funções que elas oferecem, possibilitando a subdivisão dos sistemas funcionais arterial e coletor em classes mais específicas.

O conceito de extensão de viagem diz respeito ao fato de que viagens longas estão em geral associadas a níveis crescentes de mobilidade e a menores possibilidades de acesso. O conceito de rendimentos decrescentes está relacionado ao fato de que, num sistema de rodovias, como em qualquer rede física que dê suporte à circulação de fluxos, as maiores quantidades desses fluxos ocorrem em uma parcela pequena da extensão da rede, ao passo que uma grande parte da extensão física da rede atende a fluxos muito pequenos.

Tabela 31. Parâmetros para classificação funcional de rodovias (Lee, 2000).

SISTEMAS FUNCIONAIS		FUNÇÕES BÁSICAS	PARÂMETROS DE REFERENCIA
Arterial	PRINCIPAL	Viagens internacionais e inter-regionais. Elevados níveis de mobilidade. Formar sistema contínuo na região Articulação com rodovias similares em regiões vizinhas. Conectar capitais e cidades com população maior que 150.000 habitantes.	Extensão: 2 a 3 ½ % da rede. Serviço: 30 a 35 % dos vpd.km. Ext. média de viagens: 120 km. Veloc. Operação: 60 a 120 km/h
	PRIMÁRIO	Viagens inter-regionais e interestaduais. Atender função essencial de mobilidade. Formar sistema contínuo na região. Conectar cidades com pop. ± 50.000 hab.	Extensão: 1 ½ a 3 ½ % da rede. Serviço: 15 a 20 % dos vpd.km. Ext. média de viagens: 80 km. Veloc. Operação: 50 a 100 km/h
	SECUNDÁRIO	Viagens intra-estaduais e não servidas pelos sistemas superiores. Formar sistema contínuo com rodovias dos sistemas superiores, atendendo função essencial de mobilidade. Conectar cidades com pop. > 10.000 hab.	Extensão: 2 ½ a 5 % da rede. Serviço: 10 a 20 % dos vpd.km. Ext. média de viagens: 60 km. Veloc. Operação: 40 a 80 km/h
Coletor	PRIMÁRIO	Viagens intermunicipais. Acesso a geradores de tráfego (portos, mineração, parques turísticos, produção agrícola, etc.). Conectar cidades com pop. > 5.000 habitantes.	Extensão: 4 a 8 % da rede. Serviço: 8 a 10 % dos vpd.km. Ext. média de viagens: 50 km. Veloc. Operação: 30 a 70 km/h
	SECUNDÁRIO	Ligar áreas servidas com o sistema coletor primário ou com o sistema arterial. Acesso a grandes áreas de baixa densidade populacional. Conectar centros com população maior que 2.000 habitantes e sedes municipais não servidas por sistemas superiores.	Extensão: 10 a 15 % da rede. Serviço: 7 a 10 % dos vpd.km. Ext. média de viagens: 35 km. Veloc. Operação: 30 a 60 km/h
	LOCAL	Viagens intra-municipais. Acesso de pequenas localidades e áreas rurais às rodovias de sistemas superiores.	Extensão: 65 a 80 % da rede. Serviço: 5 a 30 % dos vpd.km. Ext. média de viagens: 20 km. Veloc. Operação: 20 a 50 km/h

Tendo suas velocidades diretrizes associadas ao seu relevo de acordo com a Tabela 30, a rodovia em questão encontra-se enquadrada na *classe I*, em região plana, o que lhe confere uma velocidade diretriz de 100 km/h, com largura da faixa de trânsito e do acostamento de 3,60 e 3,00 metros respectivamente.

2.5.2 Curvatura Horizontal

Ao percorrer um trecho de rodovia em curva horizontal com certa velocidade, um veículo fica sujeito à ação de uma força centrífuga, que atua no sentido de dentro para fora da curva, tendendo a mantê-lo em trajetória retilínea, tangente à curva.

Para manter o veículo na pista, o condutor do veículo é obrigado a esterçar o volante no sentido da curva para manter o veículo na trajetória desejada. Com essa manobra o condutor é capaz de manter o veículo na trajetória da curva, graças ao atrito que se desenvolve entre os pneus e a superfície de rolamento.

As forças laterais que causam desconfortos sobre os passageiros são contrabalanceadas pela superelevação da pista de rolamento, ou seja, uma declividade na pista nos trechos em curva, introduzida para reduzir ou eliminar estas solicitações.

A superelevação é medida pela inclinação transversal da pista em relação ao plano horizontal, sendo expressa em proporção (m/m) ou em porcentagem (%).

Na Figura 16 representa-se um veículo em movimento, descrevendo uma trajetória circular, com uma dada velocidade longitudinal (tangencial), numa pista inclinada transversalmente.

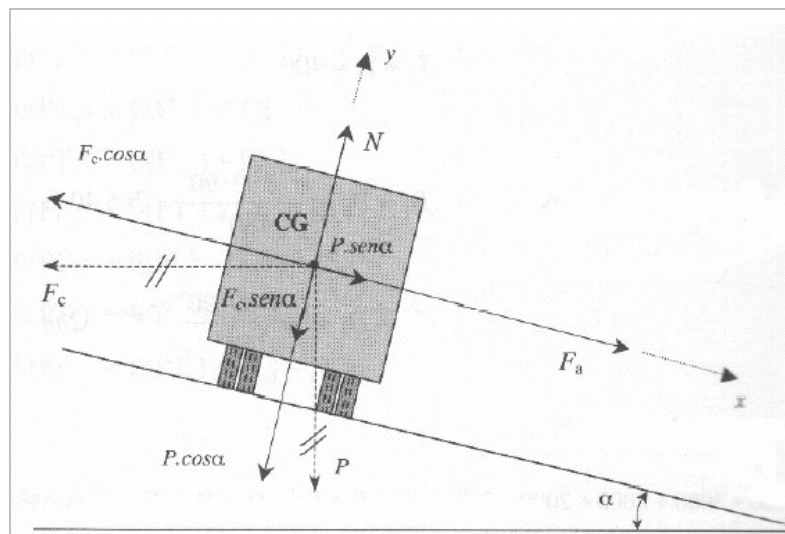


Figura 16. Equilíbrio de forças atuantes em um veículo em curva (Lee, 2000).

Estando a pista inclinada com um ângulo α , a superelevação (e) pode ser expressa por:

$$e = tg\alpha \text{ (proporção ou m/m).}$$

De acordo com o esquema de forças da Figura 16, pode-se obter na seguinte expressão:

$$e = \frac{V^2}{127R} - f$$

Onde:

- e é a superelevação (m/m);
- V é a velocidade diretriz (km/h);
- R é o raio de curvatura (m);
- f é o coeficiente de atrito transversal, entre pneu/pavimento.

Os valores a adotar para o coeficiente de atrito (f) são fixados pelas normas de projeto geométrico, tendo sido obtidos a partir de resultados de medições de campo no qual as normas do DNER fixam, como valores máximos admissíveis de coeficiente de atrito transversal, para projeto, de acordo com a velocidade diretriz descrita na Tabela 32 abaixo:

Tabela 32. Valores máximos admissíveis para os coef. de atrito transversal f (Lee, 2000).

V (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	120
f	0,20	0,18	0,16	0,15	0,15	0,14	0,14	0,13	0,11

A equação acima não deve ser utilizada diretamente na determinação da superelevação a ser adotada para o projeto de uma concordância horizontal com os valores da Tabela 32, pois os valores máximos admissíveis do coeficiente de atrito transversal são empregados nas condições limites, ou seja, para concordâncias horizontais com curvas de raios mínimos e com as superelevações máximas admitidas para projeto.

Para curvas com raios muito grandes em relação à velocidade diretriz de projeto, pode-se dispensar o uso de superelevações, pois os efeitos da força centrífuga seriam desprezíveis, podendo adotar as mesmas considerações que nos trechos em tangente.

Os valores de raios de curva acima dos quais as normas do DNER sugerem considerar as curvas como se fossem tangentes, no dimensionamento das seções transversais, estão indicados na Tabela 33.

Tabela 33. Raios que dispensam superelevação (Lee, 2000).

V (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	≥100
R (m)	450	800	1250	1800	2450	3200	4050	5000

Curvas com raios abaixo dos valores apontados na Tabela 33 exigem a consideração de superelevação adequada. A superelevação mínima admissível, mesmo quando as forças centrífugas envolvidas não a demandem, deverá ter valor igual ao do abaulamento, para fins de assegurar a devida drenagem superficial.

No Brasil a maior taxa de superelevação admitida para fins de projeto de rodovias é de 12%, devendo seu emprego ser limitado a casos de melhorias de rodovias existentes ou de correção de problemas existentes que não permitam o aumento dos raios de curvatura.

A superelevação máxima é definida de acordo com as características da rodovia, sendo definida na Tabela 34 abaixo:

Tabela 34. Recomendações sobre valores máximos de superelevação (Lee, 2000).

Superelevação	Emprego
12%	Máximo absoluto em circunstâncias específicas.
10%	Máximo normal. Adequado para fluxo ininterrupto. Adotar para rodovias Classe 0 e Classe I em regiões planas e onduladas.
8%	Valor superior normal. Adotar para rodovias Classe I em regiões montanhosas e rodovias das demais classes de projeto.
6%	Valor inferior normal. Adotar para projetos em áreas urbanizadas ou em situações em que o tráfego está sujeito a reduções de velocidade ou paradas.
4%	Mínimo. Adotar em situações extremas, com intensa ocupação do solo adjacente.

Após definir o valor da superelevação máxima para o projeto de uma rodovia, este limite deverá ser observado em todo o projeto, servindo como parâmetro de referência na determinação dos valores específicos de superelevação a adotar para os diferentes raios de curvas, nas concordâncias horizontais.

As normas do DNER fornecem os valores máximos de superelevação, em função da classe da estrada e da região onde a mesma será construída (Tabela 30).

De acordo com o projeto da rodovia, a ponte se encontra sobre uma curva horizontal de raio 510 m. Para se determinar a superelevação, foi utilizada a equação descrita anteriormente.

Tabela 35. Aplicação da equação da superelevação.

$V =$	100 km/h
$f =$	0,13 (adimensional)
$R =$	510 m
$e =$	0,025 m/m

Como a rodovia estudada pertence à Classe I, possuindo uma velocidade diretriz de 100 km/h (Tabela 30) e com o coeficiente de atrito transversal respectivo a essa velocidade obtido da Tabela 32, foi encontrada uma superelevação de 2,5%, sendo esta inferior a superelevação máxima para uma curva horizontal de raio mínimo, que seria de 10% para um raio de 345 m (Tabela 30), e sendo o raio da curva menor que 5000 m (Tabela 33) a consideração da superelevação torna-se necessária, devendo-se então adotar a superelevação de 2,5%.

2.6. Elementos Acessórios

2.6.1 Existência de Elementos Agressivos

Para um projeto ou construção de uma ponte, deve se ater a características ou informações de caráter tecnológico especial se for constatada alguma ocorrência da mesma. As principais informações a serem observadas são:

- Agressividade da água, referida ao pH ou ao teor de substâncias agressivas aos materiais de construção (água do mar ou acentuadamente salobra, águas sulfatadas ou sulfídricas);
- Materiais de ação destrutiva sobre o concreto;
- Gases tóxicos de terrenos pantanosos, possíveis em cavas de fundação;
- Quando houver a existência de moluscos capazes de perfurar as madeiras de escoramento, poderá ser razão determinante da escolha do método construtivo a ser adotado no projeto.

No caso da ponte a ser construída sobre o canal Virgem Santa, não há estudos ou relatos que constatem algum dos pontos supracitados.

2.6.2 Informações de Interesse Construtivo ou Econômicos

Na busca para a melhor solução para o projeto de construção de uma ponte, devem ser considerados os aspectos econômicos do método empregado. Os fatores econômicos relevantes a essa questão são:

- Condições de acesso ao local da obra;
- Procedência dos materiais de construção, custo e confiabilidade do transporte;
- Épocas favoráveis para execução dos serviços, considerando os períodos chuvosos e o regime do rio;
- Possível interferência de serviços de terraplanagem ou desmonte de rocha, nas proximidades da obra;
- Condições de obtenção de água potável.

Entretanto como não foi realizada neste trabalho uma avaliação custo–benefício do empreendimento, tais fatores não foram considerados no projeto.

CAPÍTULO III – SUPERESTRUTURA

3.1 Pré-Dimensionamento

A grande dificuldade encontrada em se projetar uma ponte consiste no pré-dimensionamento da estrutura, pois a grande maioria dos profissionais da área o faz baseado em suas experiências próprias. A busca por literatura que abranja este tema raramente é bem sucedida, e até mesmo os trabalhos dispostos na internet, e citados na bibliografia deste projeto, baseiam-se no dimensionamento de estruturas já executadas e nenhum se propõe a criar uma nova estrutura.

No pré-dimensionamento busca-se obter através de relações empíricas a forma e as dimensões do conjunto de elementos que permite definir a alternativa de projeto mais adequada; quanto mais precisos e detalhados forem os elementos coletados e quanto maiores forem o conhecimento, a experiência e a aptidão do projetista, maior é a probabilidade de se alcançar uma solução adequada, econômica, durável e estética.

Quando o projetista não possui a experiência necessária para efetuar o pré-dimensionamento, encontram-se no Manual de Projeto de Obras de Arte Especiais – DNER (1996) e no código Projeto de Pontes de Concreto Armado e de Concreto Protendido – NBR-7187 (2003), critérios que podem auxiliá-lo a obter uma solução adequada.

A ponte é parte do traçado da rodovia e, portanto deve estar perfeitamente integrada ao projeto desta; isto significa que se situam muitas vezes em segmentos de níveis elevados, de curvaturas horizontal e vertical ou são forçadas a vencer obstáculos com grande esconsidade.

A ponte que foi projetada sobre o canal Virgem Santa é esconsa, possuindo boa largura, seguindo a atual tendência dos projetistas, recomendada pelo DNER que aderiu a orientação americana, empregando-se para a ponte a mesma largura da estrada (pista + acostamentos).

A largura da seção transversal foi obtida somando-se os valores das larguras dos seguintes elementos necessários à mesma:

- Faixas de rolamento, rodovia classe I, largura de cada faixa: 3,60 m (Tabela 30);
- Acostamentos, rodovia classe I, largura de cada lado: 3,00 m (Tabela 30);
- Faixa para pedestre, largura de cada lado: 1,50 m (DNER, 1996);
- Elementos de Proteção: barreiras e guarda-corpos.

Desta forma se obteve para a ponte uma largura total de 17,40 metros.

Do ponto de vista de drenagem do tabuleiro, as seções transversais deverão atender a:

- Não possuir declividades transversais nulas, que no caso estudado, a obra possui declividade em apenas um sentido;
- Sempre que possível, manter-se uma única situação transversal das pistas (premissa que foi adotada neste projeto);
- Observar a declividade mínima de 2 cm por metro, neste trabalho foi empregue 2,5 cm por metro a fim de acompanhar a curvatura da rodovia.

Deve-se considerar ainda, na escolha das soluções estruturais comparáveis, aquela que apresentar:

- Semelhança e harmonia com estruturas vizinhas;
- Integração com o meio ambiente;
- Formas e revestimentos atraentes.

A estrutura deve apresentar-se em uma forma simples e inspirar a sensação de estabilidade. Não há regras fixas que conduzam, obrigatoriamente, a obras a adotar grande efeito estético; entretanto, a análise das obras-de-arte da arquitetura revela certas características de qualidade e, destas, algumas podem ser apontadas para projetos, tais como proporções, simetria, ritmo e contrastes.

Uma característica estética importante em uma estrutura é obter proporções harmoniosas no espaço tridimensional, ou seja, relações adequadas entre comprimento, altura e largura, entre massas e vazios, entre superfícies fechadas e abertas.

O comprimento total da obra deve ser estabelecido em função da seção de cruzamento sob a estrutura e conforme a utilização prevista para a obra; assim, o comprimento da obra deverá ser suficiente para:

- Permitir o seu perfeito encaixe nos taludes extremos, quando se tratar de terrenos acidentados;
- Permitir que a altura dos aterros seja limitada em no máximo cerca de cinco metros, dependendo das características de deformação ou resistência do terreno natural que os suportará;

O comprimento total da ponte foi fixado em 50 metros devido ao traçado da rodovia e a escolha dos melhores pontos para fixação dos pilares, permitindo que dois pilares permaneçam fora da água mesmo nos períodos de cheia.

A escolha da seção transversal da ponte depende de uma série de fatores, dos quais os mais importantes são os seguintes:

- Comprimento dos vãos e sistema estrutural longitudinal;
- Altura disponível para a estrutura ou a esbeltez desejada;

- Condições locais, métodos construtivos e equipamentos disponíveis;
- Implicações econômicas da solução e do método construtivo.

A escolha da seção em vigas foi feita porque este é o tipo mais simples de estrutura, sendo adequada para uma extensa faixa de variação de vãos, desde 10 metros, nos pontilhões de concreto armado, até mais de 100 metros, em vigas protendidas de altura variável. Como os vãos da estrutura idealizada são de 25 metros, encaixam-se perfeitamente no intervalo conveniente de utilização de uma seção em vigas de concreto armado.

Atualmente, soluções em vigas de altura constante são as mais utilizadas; com o fundo da viga paralelo ao alinhamento do greide, tanto na viga de um só vão, como em viga contínua, que é o caso de estudo mostrado na Figura 17.

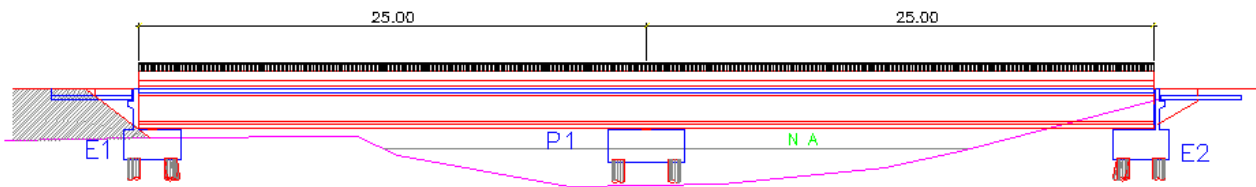


Figura 17. Vista lateral da ponte em vigas contínuas.

O fator mais importante neste tipo de obra é a esbeltez da viga, definida pela relação h/L , ou seja, altura da viga/comprimento do vão; dependendo da esbeltez, a obra pode transmitir uma sensação de leveza e elegância ou, pelo contrário, de robustez exagerada. A esbeltez pode variar entre $h/L = 1/5$ e $h/L = 1/30$, para pontes de um só vão, e atingir $h/L = 1/45$, em vigas contínuas. Neste trabalho foi adotada uma robustez de $1/30$ para a menor viga, e a altura das outras vigas foi determinada de modo a que o tabuleiro não transmitisse a sua inclinação vertical aos pilares, e seguindo a norma NBR-7187 (2003) a espessura da alma empregue para as vigas foi de 20 cm, como se pode ver na Figura 18.

Outro fator a ser considerado na geometria das vigas é o emprego de mísulas suavizando as mudanças bruscas de seção e visando diminuir a concentração de tensões nestes pontos. O emprego destas mísulas foi feito em observância a NBR-6118 (2003) que orienta a adoção de uma inclinação de 2 na direção horizontal para 1 na direção vertical, para o melhor aproveitamento do concreto como parte efetiva da seção resistente.

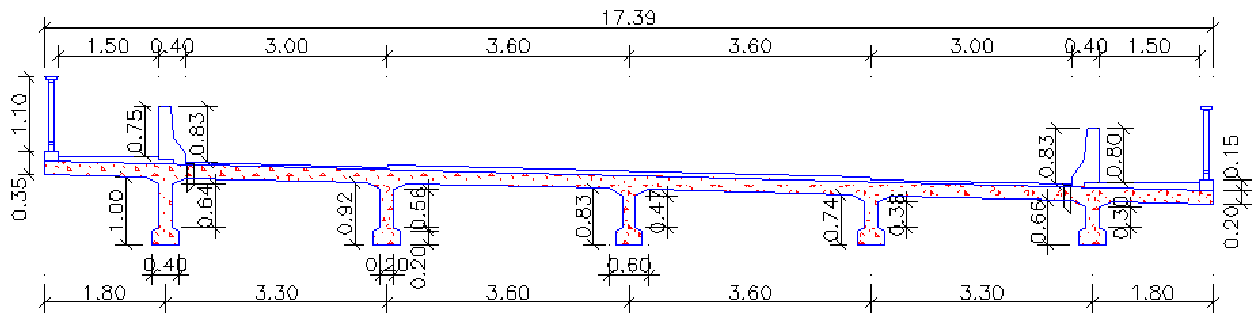


Figura 18. Seção da ponte em vigas I.

A espessura da laje foi também escolhida com base nos critérios da NBR-7187 (2003), segundo a qual, as lajes destinadas ao tráfego rodoviário não podem possuir espessura menor que 15 cm, de forma que foi escolhida a espessura de 20 cm (Figura 18). Destaca-se ainda que este tipo de seção foi escolhido de forma a resultar no procedimento de cálculo mais complexo, devido ao caráter acadêmico deste trabalho.

Entretanto após verificação dos parâmetros de resistência do concreto, tais como verificação às solicitações cortantes, percebeu-se que a seção inicialmente escolhida não apresentava a rigidez necessária a segurança do projeto, foi feito então um processo iterativo de aumento da rigidez e verificação dos critérios de segurança até se obter uma seção com a resistência necessária e com a menor área possível de concreto, garantindo a viabilidade econômica da mesma. Assim a seção da ponte em concreto armado adotada neste trabalho é apresentada na Figura 19.

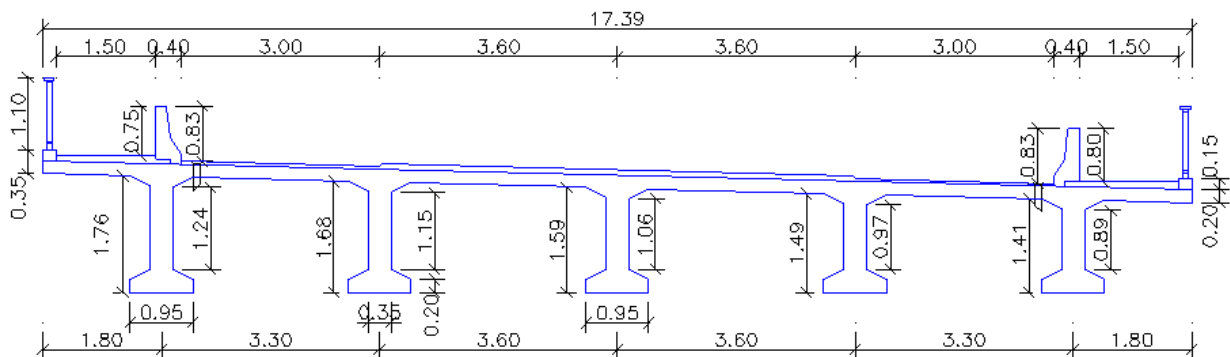


Figura 19. Seção da ponte obtida após as iterações de verificação de resistência (dimensões em m).

3.2 Características Mecânicas da Superestrutura

3.2.1 Concreto Armado

Todo aço calculado neste trabalho foi de emprego em armaduras passivas. Nos projetos de estruturas em concreto armado devem ser utilizados os fios ou barras de aço classificados pela NBR-7480 (1996) de acordo com o valor característico de resistência ao escoamento nas categorias: CA-25 e CA-50 para barras de aço e CA-60 para fios de aço. Os diâmetros e seções transversais adotados devem ser os estabelecidos nominais de acordo com a norma supracitada. Foi empregue neste trabalho apenas àqueles pertencentes à categoria CA-50, que possui resistência característica ao escoamento da ordem de 500 MPa em barras providas de saliências ou mossas.

A massa específica do aço é de 7.850 kg/m^3 , segundo a NBR-6118 (2003). A mesma norma fornece o valor de 210 GPa para módulo de elasticidade do aço, e $10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ para o coeficiente de dilatação térmica para intervalos de temperatura entre -20°C e 150°C .

Segundo a NBR-6118 (2003), quando o peso específico real do concreto armado não for conhecido deve-se adotar para o mesmo o valor de 25 kN/m^3 . Para efeito da análise estrutural, o coeficiente de dilatação térmica do concreto armado pode ser admitido como sendo igual a $10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

A resistência do concreto a compressão recomendada para estruturas de concreto armado pelo Manual de Projetos de Obras-de-Arte Especiais do DNER (1996) varia entre o intervalo de 16 a 25 MPa, ou seja entre as classes C16 e C25 da citada norma, porém a NBR-6118 (2003) permite o emprego de concreto até a classe C50, ou seja, 50 MPa, considerando a evolução da tecnologia de produção de concreto armado nos últimos anos. Para que as solicitações cortantes das lajes possam ser absorvidas inteiramente pelo concreto, como será mostrado posteriormente, neste trabalho adotou-se f_{ck} de 30 MPa.

A resistência média do concreto a tração, segundo a NBR-6118 (2003), é relacionada à resistência característica a compressão do concreto através da seguinte expressão:

$$f_{ct,m} = 0,33\sqrt{f_{ck}^2}$$

E como se trata de um valor médio, possui seu coeficiente de variação, possuindo limites superior e inferior dados pelas expressões:

$$f_{ct,sup} = 1,3f_{ct,m}$$

$$f_{ct,inf} = 0,7f_{ct,m}$$

Assim, utilizando o valor de f_{ck} adotado encontra-se os valores de $f_{ct, m}$ de 2,90 MPa, $f_{ct, inf}$ de 2,03 MPa e $f_{ct, sup}$ de 3,77 MPa.

Segundo a NBR-6118 (2003), quando não se possui resultados de ensaios ou dados mais precisos sobre o concreto utilizado na idade de 28 dias, pode-se estimar o valor do módulo de elasticidade tangente inicial através de uma expressão que o relaciona ao valor da resistência característica a compressão do concreto:

$$E_{ci} = 5600\sqrt{f_{ck}}$$

Porém, para a determinação das solicitações nas análises elásticas e a verificação dos estados limites deve-se utilizar o módulo de elasticidade secante, que é relacionado ao primeiro através da expressão:

$$E_{cs} = 0,85 \cdot E_{ci}$$

Resultando da aplicação das fórmulas anteriores os seguintes valores: E_{ci} de 30,67 GPa e E_{cs} de 26,07 GPa.

Para tensões de compressão menores que $0,5 f_c$ e tensões de tração menores que f_{ct} , adota-se o valor de 0,2 para o coeficiente de Poisson (ν_c), e o módulo de elasticidade transversal G_c igual a $0,4 E_{cs}$, ou seja, G_c de 10,43 GPa.

3.2.2 Características Geométricas da Seção

As características geométricas da seção são de extrema importância no comportamento do elemento estrutural e na determinação das solicitações, principalmente quando se trata de estruturas hiperestáticas. Dentre as características geométricas mais significantes para a análise estrutural estão: o Centro de Gravidade, o Momento de Inércia e o Raio de Giração.

O centróide ou centro de gravidade da peça, é de suma importância no processo de modelagem estrutural e na obtenção do esquema estrutural a ser adotado nos cálculos, pois através dele se pode concentrar a massa de uma figura plana em um único ponto, de forma a poder reduzir um elemento tridimensional a um modelo matemático bidimensional. Para obtenção do centro de gravidade da seção da ponte foi arbitrado um eixo em ponto convenientemente escolhido de forma a simplificar os cálculos e a seção foi decomposta em diversas figuras planas com centros de gravidade conhecidos e locados na Figura 20, e assim se obteve para o centróide da seção os valores de $Z_{CG} = -0,145\text{m}$ e $Y_{CG} = 1,060\text{ m}$.

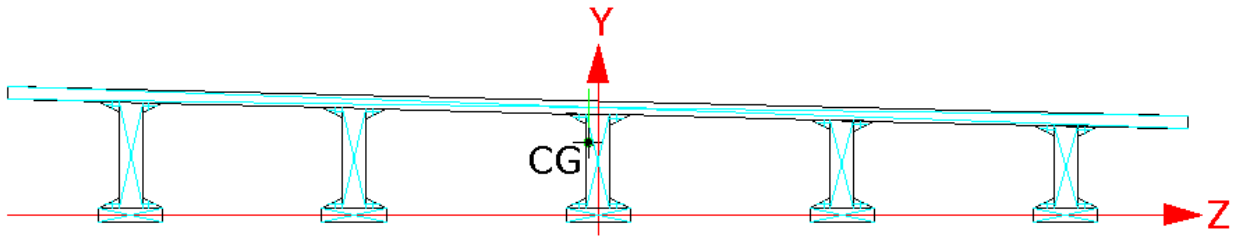


Figura 20. Composição da seção da ponte por figuras planas mais simples.

O Momento de Inércia é uma grandeza que mede a resistência que uma determinada área oferece quando solicitada ao giro em torno de um determinado eixo, geralmente representado pela letra I sucedida por um índice relativo ao eixo em torno do qual a peça tende a girar.

O cálculo do Momento de Inércia pode ser feito através de integração ou de expressões previamente calculadas para figuras conhecidas, porém freqüentemente é necessário o cálculo desta propriedade em figuras complexas. Uma técnica simples para o cálculo destas formas pode ser a composição da seção por figuras geométricas conhecidas. Entretanto as expressões anteriormente comentadas foram obtidas baseadas no centro de gravidade de cada figura, portanto para se obter o Momento de Inércia de uma figura composta é necessário lançar mão do teorema dos eixos paralelos, que pode ser expresso nas expressões abaixo para os eixos x , y e z :

$$I_x = I_{x_{CG}} + d^2 \cdot S$$

$$I_y = I_{y_{CG}} + d^2 \cdot S$$

$$I_z = I_{z_{CG}} + d^2 \cdot S$$

Onde d é a distância entre eixos e S é a área da figura estudada.

Considerando-se uma análise estrutural bidimensional, tem-se então apenas os eixos y e z , assim foi utilizado para o cálculo do momento de inércia da seção da ponte a mesma técnica utilizada no cálculo do centróide, ou seja, a decomposição em figuras mais simples com momentos de inércia e centros de gravidade conhecidas, e foi utilizado o mesmo eixo arbitrário da Figura 20, a fim de aproveitar o máximo a simetria da seção para simplificar os cálculos.

Em seguida foi utilizado o teorema dos eixos paralelos, assim como foi feito com as figuras mais simples, transportando o momento de inércia do eixo arbitrado para o centro de

gravidade da seção, desta forma os momentos de inércia I_z e I_y resultantes foram respectivamente $2,80 \text{ m}^4$ e $102,62 \text{ m}^4$.

O raio de giração de uma superfície plana em relação a um eixo de referência constitui-se em uma distância particular entre a superfície e o eixo, um raio de giração menor em uma determinada dimensão (eixo) demonstra uma maior tendência do elemento deslocar-se quando solicitado ao giro em torno deste eixo. Os raios de giração i_z e i_y obtidos foram respectivamente $0,62 \text{ m}$ e $3,75 \text{ m}$, mostrando uma notória tendência da estrutura deslocar-se quando solicitada ao giro em torno do eixo z, o procedimento de cálculo para o raio de giração pode ser apreciado nas expressões que se seguem:

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{S}}$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{S}}$$

Outra característica relevante da geometria da seção escolhida é o Módulo de Resistência, que se define como sendo a resistência de uma superfície plana em relação aos eixos baricêntricos, e trata-se da relação entre o momento de inércia relativo ao eixo baricêntrico e a distância máxima entre o eixo e a extremidade da seção transversal estudada, como mostrado nas expressões:

$$W_z = \frac{I_z}{y_{máx}}$$

$$W_y = \frac{I_y}{z_{máx}}$$

Obtendo-se assim W_z e W_y respectivamente iguais a $2,64 \text{ m}^3$ e $707,88 \text{ m}^3$ para a seção analisada.

3.3 Cálculo das Ações

O objetivo de todo projeto estrutural é garantir que a resistência dos elementos seja superior as solicitações, que se caracterizam por uma combinação de ações. Segundo a norma NBR-7187 (2003) e NBR-6118 (2003), que fazem referência a NBR-8681 (2003), as ações são definidas como as causas que provocam o aparecimento de solicitações ou deformações nas estruturas, e são classificadas nas quatro categorias a seguir:

- Ações Permanentes Diretas e Indiretas;
- Ações Variáveis Diretas e Indiretas;

- Ações Dinâmicas;
- Ações Excepcionais.

3.3.1 Ações Permanentes

São ações cujas intensidades podem ser consideradas constantes ao longo da vida útil da estrutura, porém, também são consideradas desta categoria, as ações que crescem com o tempo, tendendo a um valor limite constante.

As ações permanentes diretas são àquelas constituídas pelos peso próprio dos elementos estruturais e dos elementos construtivos fixos, empuxos devidos a peso próprio de terras não removíveis e outras ações permanentes sobre elas aplicadas. As ações permanentes indiretas são àquelas provenientes de deformações impostas por retração e fluência do materiais envolvidos, protensão, recalques de apoio e imperfeições geométricas globais e locais.

A NBR-6118 (2003) apresenta metodologia para a determinação da deformação devido à retração e fluência do concreto assim como a análise das imperfeições geométricas, contudo tal estudo não foi abordado no presente trabalho. As ações permanentes estudadas são apresentados ao longo do projeto.

3.3.1.1 Cargas Verticais

As cargas verticais permanentes presentes na estrutura são:

- Peso próprio dos elementos estruturais;
- Peso próprio da pavimentação;
- Peso próprio das barreiras;
- Peso próprio dos guarda-corpos.

Sendo cada um destes carregamentos explicitado a seguir.

3.3.1.1.1 Peso Próprio dos Elementos Estruturais

No projeto de uma ponte uma das solicitações de maior significância é o peso próprio dos elementos estruturais. Para o cálculo do peso próprio da superestrutura da ponte, foi determinada previamente a área da sua seção transversal, utilizando o software AutoCad 2000, e multiplicou-se então o peso específico do concreto por essa área, obtendo-se assim um

carregamento distribuído. Segundo as normas NBR-7187 (2003) e NBR-6118 (2003), deve ser tomado no mínimo o valor de 25 kN/m^3 para o concreto armado, e como a seção transversal da ponte possuía uma área de $4,63 \text{ m}^2$, obteve-se um carregamento distribuído de $115,75 \text{ kN/m}$.

3.3.1.1.2 *Peso Próprio do Revestimento do Passeio de Pedestres*

O passeio de pedestres possui largura idêntica em ambos os lados da ponte, sendo a mesma de $1,50 \text{ m}$, e espessura variável para compensar a inclinação do tabuleiro. A pavimentação do passeio foi feita em concreto simples, que segundo a NBR-7187 (2003), deve possuir um valor mínimo de 24 kN/m^3 para o peso específico, que multiplicado pela seção da pavimentação dos passeios de ambos os lados forneceu uma carga distribuída de $7,44 \text{ kN/m}$.

3.3.1.1.3 *Peso Próprio da Pavimentação das Pistas de Rolamento*

De posse do valor da área da seção das pistas de rolamento, somadas aos acostamentos, deve-se multiplicá-la pelo valor do peso específico da pavimentação, que também é fixado pela norma NBR-7187 (2003) em 24 kN/m^3 . Porém a mesma norma adverte para a possibilidade de recapeamento da pavimentação, a adoção de uma sobrecarga de 2 kN/m^2 para compensar o efeito da ocorrência destas situações ao longo da vida útil da obra. Multiplicando-se então a área da pavimentação pelo peso específico do asfalto, e adicionando-se a sobrecarga 2 kN/m^2 ao longo da largura das pistas de rolamento e acostamentos, chegou-se a uma carga distribuída de $43,44 \text{ kN/m}$.

3.3.1.1.4 *Peso Próprio das Barreiras*

Com o valor da área da seção da barreira, deve-se multiplicá-la pelo valor do peso específico do concreto por essa área, obtendo um carregamento distribuído. Como definido anteriormente, o peso específico do concreto armado foi de 25 kN/m^3 , e possuindo a seção transversal da barreira uma área de $0,22 \text{ m}^2$ e as dimensões indicadas na Figura 21, obteve-se um carregamento de $5,50 \text{ kN/m}$ em cada lado da ponte. Portanto, o carregamento distribuído devido às barreiras foi de $11,00 \text{ kN/m}$.

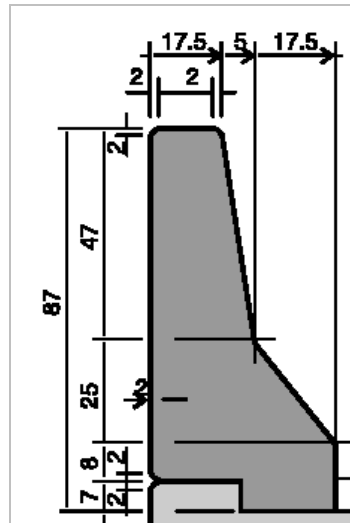


Figura 21. Dimensões em cm das barreiras utilizadas (DNER, 1996).

3.3.1.1.5 *Peso Próprio dos Guarda-Corpos*

A base do guarda-corpo foi de concreto armado, possuindo uma área de seção transversal de $0,03 \text{ m}^2$, obtendo um carregamento de $0,75 \text{ kN/m}$ para cada guarda-corpo da ponte. O guarda-corpo foi do tipo metálico, no qual a norma NBR-6120 (1982) – Cargas para Cálculo de Estruturas de Edificações, recomenda uma carga vertical mínima de 2 kN/m . Portanto, o carregamento vertical distribuído devido os dois guarda-corpos foi de $5,50 \text{ kN/m}$.

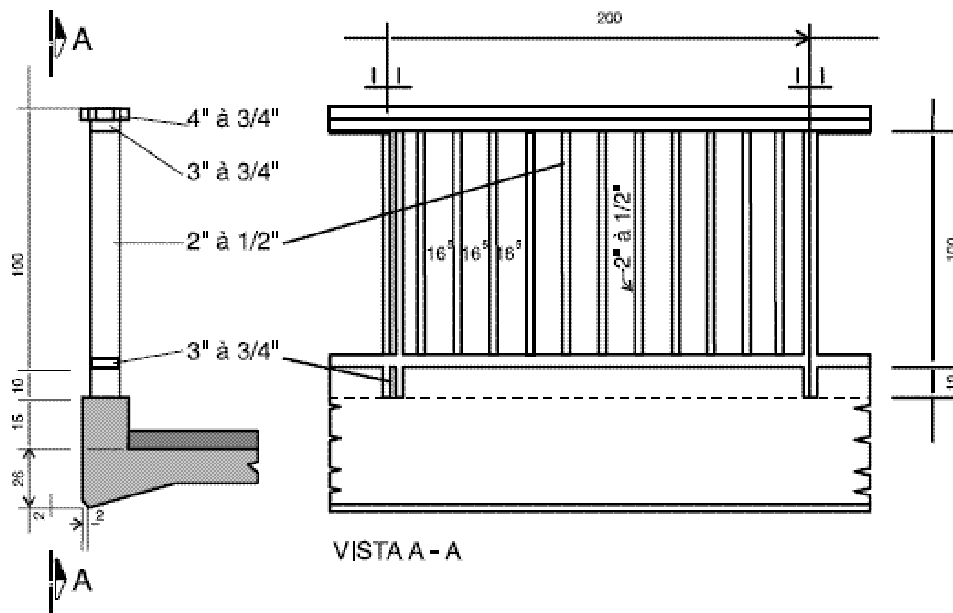


Figura 22. Dimensões dos guarda-corpos utilizados (DNER, 1996).

3.3.1.1.6 Esquema de Cálculo e Diagrama de Solicitações

A carga distribuída total considerando todas as ações permanentes anteriormente descritas possui o valor de 250,09 kN/m, permitindo que se obtivesse o esquema de cálculo da Figura 23.

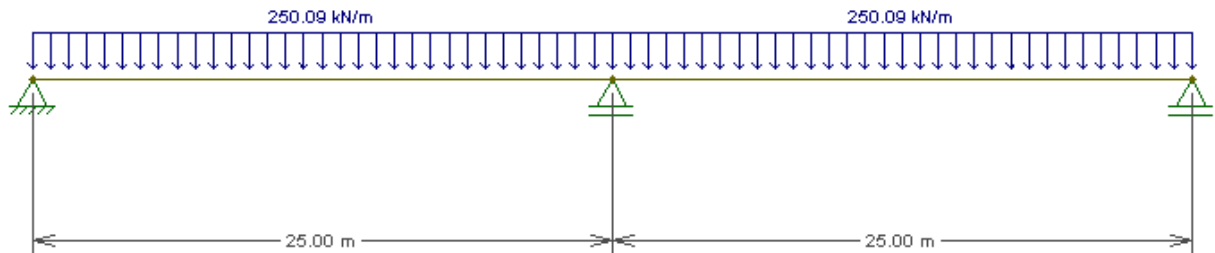


Figura 23. Esquema de cálculo de carga permanente da superestrutura.

As Figuras 24 e 25 apresentam respectivamente os diagramas de momento fletor e força cortante para fins de combinações últimas no dimensionamento estrutural. O Anexo A1 apresenta os dados de entrada e saída fornecidos pelo software SALT referentes as cargas permanentes.

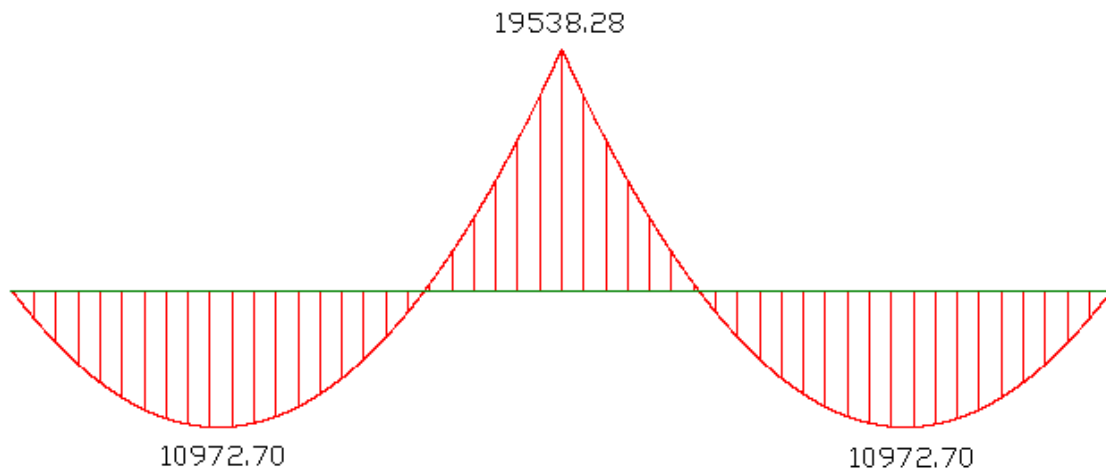


Figura 24. Diagrama de momento fletor para carga permanente em kNm.

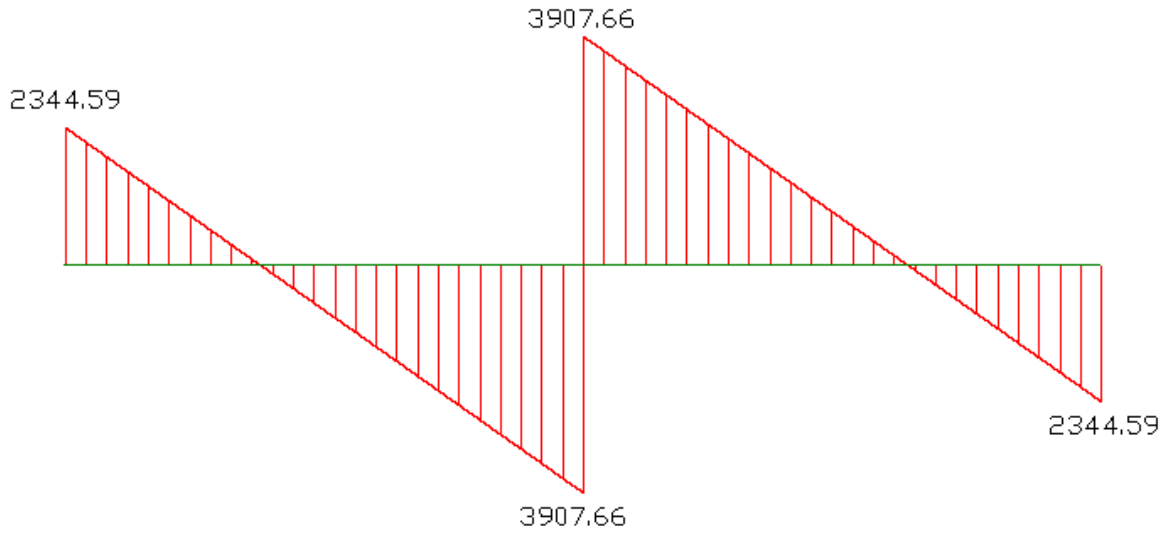


Figura 25. Diagrama de força cortante para carga permanente da superestrutura em kN.

3.3.2 Ações Variáveis

Segundo a NBR-6118 (2003), as ações variáveis diretas são constituídas pelas cargas acidentais previstas para o uso da edificação, ação do vento e da água. As cargas acidentais previstas para o uso da edificação podem ser divididas em verticais de uso da edificação, cargas móveis considerando-se o impacto vertical, cargas provenientes de impacto lateral⁶, força horizontal longitudinal de frenagem ou aceleração e ainda força centrífuga. As ações variáveis diretas devido ao vento e ao empuxo de água podem ser visualizadas nas normas NBR-6123 (2003) e NBR-7187 (2003), respectivamente.

As ações variáveis indiretas são devidas a variação uniforme de temperatura na estrutura, causada pela variação de temperatura da atmosfera e insolação direta nos elementos estudados, ou ainda a variação não uniforme de temperatura naqueles elementos que não se pode garantir variação uniforme. Destaca-se que no presente trabalho as ações variáveis indiretas não foram consideradas e que as principais ações variáveis consideradas em obras de arte do tipo ponte são explanadas a seguir.

⁶ A NBR-7187 (2003) recomenda a consideração deste efeito somente em pontes ferroviárias.

3.3.2.1 Cargas Móveis

A forma mais precisa para a análise das cargas móveis é através da teoria da dinâmica das estruturas, porém, segundo a NBR-7187 (2003), é permitido considerar as cargas móveis como cargas estáticas majoradas por um coeficiente de impacto cuja expressão depende se a ponte é rodoviária ou ferroviária. O valor do coeficiente de impacto para o caso em questão tem o valor de 1,23 que foi obtido através da expressão para pontes rodoviárias, mostrada a seguir:

$$\varphi = 1,4 - 0,0007 \cdot l \geq 1$$

Sendo l o comprimento do vão teórico de cada elemento carregado, qualquer que seja o sistema estrutural, expresso em metros. Caso os vãos sejam desiguais, e o menor vão seja igual ou superior a 70% do maior, pode-se considerar um vão equivalente, como sendo a média aritmética dos vãos teóricos. No caso de vigas em balanço o vão equivalente empregado deve ser igual a duas vezes o seu comprimento.

3.3.2.1.1 Cargas Verticais

Uma diversidade de elementos estruturais sofrem ação de cargas móveis, sendo indispensável o conhecimento de como uma determinada seção se comporta com a variação da posição destas cargas ao longo da estrutura. Quanto ao efeito, é interessante se conhecer os máximos valores que cada efeito atinge em cada seção. Para a avaliação deste problema utiliza-se o conceito de linha de influência, que por definição, é a representação gráfica ou analítica de um efeito elástico em uma dada seção, produzida por uma carga unitária concentrada de cima para baixo que percorre a estrutura. Inicialmente é fixada a seção de análise e o efeito a ser estudado, variando somente a posição do carregamento.

As cargas a serem distribuídas ao longo dos elementos estruturais são fixadas na NBR-7188 (1982) – Carga Móvel em Ponte Rodoviária e Passarela de Pedestres, onde se define os sistemas de cargas representativo dos valores característicos dos carregamentos provenientes do tráfego que deverá ser suportado pela estrutura em serviço. A referida norma classifica estes sistemas de cargas em três categorias, como mostra a Tabela 36, e a escolha da categoria a ser utilizada no projeto fica a critério do projetista, que deve utilizar o bom senso em sua escolha.

Sabe-se que as rodovias em geral recebem carregamento muitas vezes de ordem excepcional, como carretas especiais, que por sua vez devem ser consideradas na escolha do

trem-tipo. A NBR-7188 (1982) ainda apresenta as características dos veículos segundo a distância entre eixos, distância entre rodas, comprimento e largura do veículo tipo apresentado na Tabela 37.

Tabela 36. Carga dos veículos-tipo segundo a NBR-7188 (1982).

Classe da Ponte	Veículo			Carga Uniformemente Distribuída				Disposição da Carga
	Tipo	Peso Total		p		p'		
		kN	tf	kN/m ²	kgf/m ²	kN/m ²	kgf/m ²	
45	45	450	45	5	500	3	300	Carga p em toda pista
30	30	300	30	5	500	3	300	Carga p' nos passeios
12	12	120	12	4	400	3	300	

Tabela 37. Características dos veículos-tipo segundo a NBR-7188 (1982).

	Unidade	Tipo		
		45	30	12
Quantidade de eixos	Eixo	3	3	2
Peso total de veículo	kN - tf	450 – 45	300 – 30	120 – 12
Peso de cada roda dianteira	kN - tf	75 – 7,5	50 – 5	20 – 2
Peso de cada roda traseira	kN - tf	75 – 7,5	50 – 5	40 – 4
Peso de cada roda intermediária	kN - tf	75 – 7,5	50 – 5	-
Largura de contato b_1 de cada roda dianteira	m	0,50	0,40	0,20
Largura de contato b_3 de cada roda traseira	m	0,50	0,40	0,30
Largura de contato b_2 de cada roda intermediária	m	0,50	0,40	-
Comprimento de contato de cada roda	m	0,20	0,20	0,20
Área de contato de cada roda	m ²	0,20 x b	0,20 x b	0,20 x b
Distância entre os eixos	m	1,50	1,50	3,00
Distância entre os eixos de cada roda	m	2,00	2,00	2,00
Comprimento do veículo tipo	m	6,00	6,00	6,00
Largura do veículo tipo	m	3,00	3,00	3,00

Para determinar a carga referente ao efeito dinâmico das cargas móveis faz-se uma assimilação com cargas estáticas multiplicando-se pelo coeficiente de impacto.

As solicitações devido às cargas móveis são definidas pelo tráfego que a estrutura estará sujeita. Baseando-se na NBR-7188 (1982) e no tipo de tráfego da rodovia, essa ponte é de classe 45, na qual o veículo tipo possui 450 kN de peso total, uma carga uniformemente distribuída na pista de 5 kN/m² e uma carga distribuída nos passeios de 3 kN/m².

Para simplificação dos cálculos, procedeu-se uma análise bidimensional da estrutura, multiplicando-se o carregamento por área pela largura do elemento a que ele está submetido, de forma a se obter uma carga linearmente distribuída. A carga distribuída na pista de rolamento foi de 80,85 kN/m e devido aos passeios de 9,00 kN/m. Pfeil (1983) recomenda que uma simplificação de ordem prática seria desconsiderar a carga de multidão p atuante também sob o veículo-tipo reduzindo-se a carga deste da seguinte forma:

$$P' = P - \frac{p \cdot A}{n}$$

Onde:

- P' é o peso reduzido por eixo do veículo-tipo;
- P é o peso a ser reduzido do veículo-tipo;
- p é a carga de multidão sob o veículo-tipo;
- A e n são, respectivamente, a área e o número de eixos do veículo-tipo.

O veículo tipo empregue pode ser visualizado na figura a seguir:

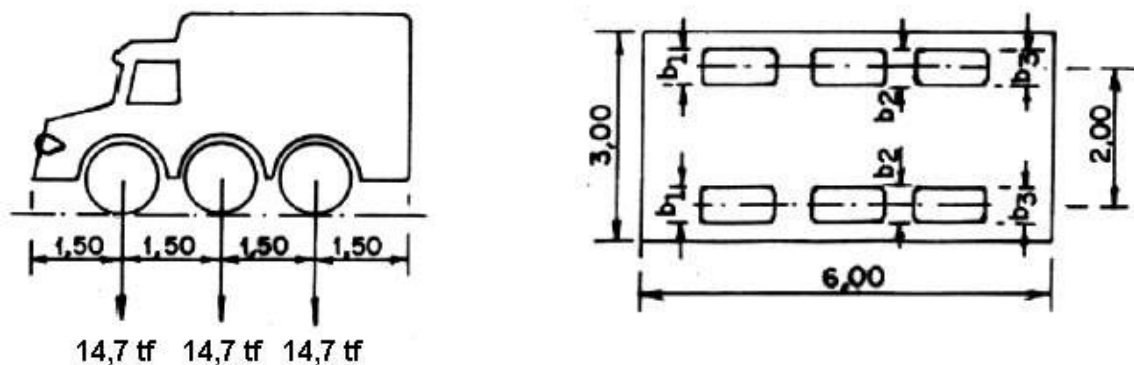


Figura 26. Veículo-tipo classe 45 com peso reduzido e respectivas dimensões em m (NBR-7188, 1982).

O Anexo A2 apresenta os dados de entrada e saída fornecidos pelo software SALT referentes as cargas móveis.

3.3.2.2 Ação do Vento

Segundo a lei de Bernoulli, a pressão estática que um fluido ideal em movimento exerce sobre um determinado objeto é igual à redução da pressão dinâmica do fluido (Pfeil, 1983). No caso específico do vento, esta pressão depende da forma da superfície, de sua posição quanto à direção do mesmo e ainda a localização topográfica do corpo no qual este fluido incide.

Muitas vezes pode-se estabelecer experimentalmente as relações entre pressões estáticas e velocidade do vento, onde as linhas de fluxo para diferentes formas de superfície podem ser observadas nas Figuras 27, 28 e 29. Em obras de geometria não usual, tais como pontes estaiadas, as solicitações são calculados com coeficientes de forma, determinados experimentalmente em túneis de vento.

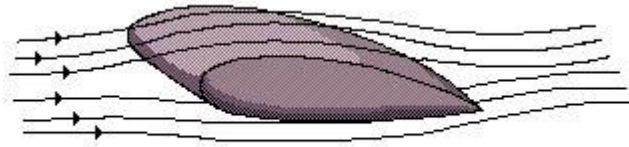


Figura 27. Linhas de fluxo para superfície em forma de asa (arrasto mínimo e inexistência de redemoinhos).

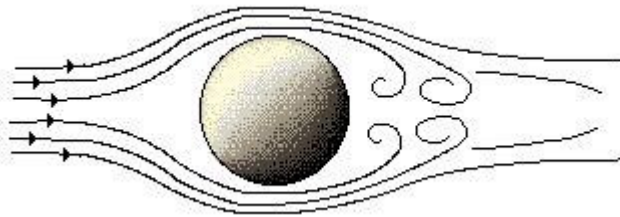


Figura 28. Linhas de fluxo para superfície em forma de esfera (arrasto médio com poucos redemoinhos).

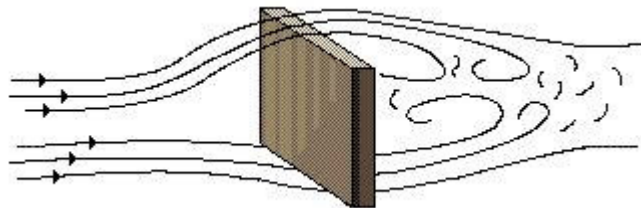


Figura 29. Linhas de fluxo para superfície em forma de plano (arrasto máximo com muitos redemoinhos).

A NBR-7187 (2003) – Projeto de Pontes de Concreto Armado e Concreto Protendido, especifica que se utilize para calcular a carga de vento o procedimento da NBR-6123 (1988) – Forças devido ao Vento em Edificações.

Para o caso de edificações de formas usuais a NBR-6123 (1988) considera o efeito do vento sobre uma edificação lançando mão de coeficientes simplificadores determinando-se previamente as características do vento para a região a ser construída a edificação.

A velocidade básica do vento (V_0), é a velocidade de uma rajada de 3s, excedida em média uma vez em 50 anos, a 10 m acima do terreno, em campo aberto e plano. Esta velocidade pode ser determinada por meio de isopletas da velocidade básica do Brasil. No presente trabalho foi adotada a velocidade básica para a cidade do Rio de Janeiro que é de 37 m/s.

O fator topográfico (S_1), leva em consideração as variações do relevo do terreno. De acordo com a norma, para terreno plano ou fracamente acidentado, situação a qual se encaixa a região a ser implantada a ponte, o fator topográfico (S_1) deve ser adotado como 1,0.

O Fator de Rugosidade (S_2) leva em consideração o efeito combinado da rugosidade do terreno, dimensões da edificação, altura sobre o terreno e tempo de duração do vento de projeto, que será comentado a seguir.

Em relação à rugosidade do terreno, as características encontradas no campo são mais compatíveis com a Categoria II da NBR-6123 (1988), ou seja, terrenos abertos em nível ou aproximadamente em nível, com poucos obstáculos isolados, tais como árvores e edificações baixas, e classe B, edificação ou parte na qual a maior dimensão horizontal ou vertical da superfície frontal esteja entre 20 m e 50 m. A altura sobre o terreno, refere-se à altura geral ao seu nível, sendo que no projeto computou-se a altura do nível d'água ao gabarito do veículo tipo apresentando um total de 4,95 m. De posse dessas informações, a norma fornece S_2 igual a 0,62.

O Fator Estatístico (S_3), considera o grau de segurança e a vida útil da edificação. Para edificações cuja ruína total ou parcial pode afetar a segurança ou possibilidade de socorro a pessoas após uma tempestade destrutiva, a norma adota um fator estatístico (S_3) de 1,10.

Com esses valores característicos para a região a ser considerada, pode-se determinar a velocidade de projeto (V_p) que será adotada. Esta velocidade é calculada para um vento com duração de 10 minutos, pois a velocidade máxima que mantém-se constante durante este período produz nas edificações efeitos puramente estáticos. A velocidade de projeto pode ser obtida pela seguinte equação:

$$V_p = S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 \cdot V_0 \text{ (m/s)}$$

Com esta velocidade obtém-se a pressão dinâmica do vento (q) pela equação a seguir:

$$q = 0,613 \cdot V_p^2 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

Desta forma, a velocidade de projeto obtida (V_p) para Macaé foi de 90,84 km/h e a pressão dinâmica do vento (q) correspondente à velocidade característica em condições normais e temperatura obtida foi de 0,39 kN/m².

A Tabela 38 a seguir apresenta a classificação baseada na Escala Fujita dos ventos com relação a velocidade versus a magnitude dos danos causados. As classes F0 e F1 referem-se aos ventos mais brandos, os quais podem, por exemplo, levantar telhas e mover carros em movimento para fora da estrada. Na classe F2, velocidades de vento entre 181 e 250 km/h podem acarretar no levantamento de alguns telhados de casas ou até mesmo a demolição de pequenas edificações. A classe F3 relaciona velocidades na faixa entre 251 e 330 km/h, onde árvores pesadas poderão ser arrancadas com a raiz intacta, bem como paredes e telhados de edifícios sólidos poderão ser arrancados facilmente.

A classe F4 aborda ventos da ordem de 331 a 420 km/h, onde pode-se verificar o possível arremesso de motores de trens e caminhões de 40 toneladas, além de grande devastação. As classes F5 e F6 são as mais devastadoras possíveis, variando com uma faixa de velocidade de ventos entre 421 e 610 km/h, onde pode-se até ocorrer desmoronamento de edifícios por completo e até mesmo o arremesso de carros.

Do exposto anteriormente verifica-se que o tipo de dano causado pela velocidade de projeto encontrada no presente trabalho pode ser classificado como leve.

Tabela 38. Escala Fujita para classificação dos ventos (LFMN, 2005).

Classificação	Velocidade do Vento(km/h)	Dano
F0	até 110	Leve
F1	111-180	Moderado
F2	181-250	Considerável
F3	251-330	Severo
F4	331-420	Devastador
F5	421-510	Inacreditável
F6	511-610	Fora de Série

Após determinação dos valores supracitados, podem ser obtidas as forças estáticas devidas ao vento. Sendo que a força global do vento incidindo sobre uma edificação é determinada pela soma vetorial das forças que agem sobre a mesma. Portanto uma componente de força que atua sobre a edificação pode ser definida por:

$$F = q \cdot C \cdot A$$

Onde

- q é a pressão dinâmica do vento, kN/m²;
- C é o coeficiente de força específico, adimensional;
- A é a área de referência, em m².

A força de arrasto (F_a) é a componente da força do vento na direção de incidência do mesmo, sendo assim uma força horizontal. Esta é determinada pela seguinte relação:

$$F_a = q \cdot C_a \cdot A \text{ (kN)}$$

Podendo ser simplificada pela seguinte relação:

$$F_a = q \cdot C_a \cdot l \text{ (kN/m)}$$

Onde

- q é a pressão dinâmica do vento, kN/m²;
- C_a é o coeficiente de força de arrasto;
- l é o vão da obra, em m.

Para a determinação do coeficiente de arrasto (C_a) segundo a NBR-6123 (1988) calculam-se previamente as seguintes relações:

$$\frac{h}{l_1} \text{ e } \frac{l_2}{l_1}$$

Onde:

- h é a altura de uma edificação acima do terreno;
- l_1 é a dimensão de referência na superfície frontal de uma edificação;
- l_2 é dimensão de uma edificação na direção do vento.

Tem-se então que:

$$\frac{h}{l_1} = \frac{4,95m}{50,00m} = 0,10 \text{ e } \frac{l_2}{l_1} = \frac{50,00m}{17,40m} = 2,87$$

Os valores obtidos das relações anteriores não fornecem o coeficiente de arrasto (C_a) pois a relação h/l_1 está abaixo daquela verificada no ábaco da Figura 4 da NBR-6123 (1988). Desta forma, buscou-se traçar um paralelo entre àquilo que avaliado pela normalização brasileira e outros estudos relacionados com o tema. Por ser uma norma específica para a determinação de ações em pontes, foi escolhida a normalização espanhola Instrucción sobre las Acciones a Considerar en el Proyecto de Puentes de Carretera – IAP (1998) para tal.

Da mesma forma que a normalização brasileira, a IAP (1998) avalia o efeito do vento baseando-se em uma velocidade de projeto ou de cálculo, sendo esta obtida pela seguinte relação:

$$V_c = C_t \cdot C_r \cdot C_z \cdot C_g \cdot V_{ref}$$

Onde:

- V_c e V_{ref} são, respectivamente, a velocidade de projeto e a velocidade de referência;
- C_t , C_r , C_z e C_g são, respectivamente, os fatores topográfico, de risco, de altura, e de rajada.

Percebe-se a grande semelhança entre a normalização espanhola e a brasileira no que tange a relação para obtenção da velocidade de projeto (V_p ou V_c) utilizada nos cálculos. A IAP (1998) apresenta alguns fatores que levam em conta a topografia do terreno similar ao fator S_1 relativo à NBR-6123 (1988). O fator estatístico (S_3) apresentado pela norma brasileira aparece também na normalização espanhola (C_r). Da mesma forma que, o fator de rugosidade (S_2) da NBR-6123 (1988) engloba os efeitos combinados de rugosidade do terreno, dimensões da edificação, altura sobre o terreno bem como tempo de duração da rajada de vento, o produto dos fatores de altura (C_z) e de rajada (C_g) da IAP (1998) não difere daquele exposto. Por fim, a velocidade de referência (V_{ref}), é similar à velocidade básica (V_0) discutida anteriormente.

A IAP (1998) afirma que para a obtenção das forças estáticas devido ao vento deve-se lançar mão da seguinte relação:

$$F = C_D \cdot A \cdot (1/2 \cdot \rho \cdot V_c^2)$$

Onde:

- F e C_D são, respectivamente, empuxo horizontal do vento e o coeficiente de arrasto;
- A é a área do elemento exposto à ação do vento;

- $(1/2 \cdot \rho \cdot V_c^2)$ é a pressão básica do vento, sendo ρ a massa específica do ar ($1,25\text{kg/m}^3$);

No caso de um elemento retangular onde o vento incide perpendicularmente a face deste, o coeficiente de arrasto (C_D) é obtido por meio da razão entre a largura e a altura do elemento. Como a largura do tabuleiro é de 17,40 m e altura (considerando tabuleiro+veículo) é de 3,95 m então o coeficiente obtido foi de 1,10.

Cabe destacar que sempre que o vento atue simultaneamente às sobrecargas de uso, a IAP (1998) permite reduzir a pressão básica do vento utilizando-se de um fator de redução de 0,5. Desta forma a força de arrasto (F_a) obtida foi de 0,86 kN/m.

Destaca-se que no Apêndice A encontra-se em detalhes todos estes cálculos apresentados anteriormente.

No caso do projeto estrutural de uma ponte, deve-se ater ainda a influência do efeito de pressão externa de sobrepressão e sucção do vento, ou seja, determinar as forças de pressão (F_p) que atuam ortogonalmente em relação ao plano do tabuleiro da ponte. A NBR-6123 (1988) não especifica valores para o caso particular de uma ponte, mas, pode-se considerar o tabuleiro desta como uma edificação com coberturas isoladas a águas planas. Segue as relações para a obtenção dos Coeficientes de Pressão (C_p) por meio de determinadas tabelas da norma:

$$\begin{cases} 0 \leq \text{tg} \theta \leq 0,2 \\ h \geq 0,5 \cdot l_2 \end{cases}$$

Onde

- θ é o ângulo de inclinação do tabuleiro da ponte, em graus.
- h é a altura livre entre o nível d'água ao gabarito do trem tipo, em m.
- l_2 é a distância entre a cota máxima de água do canal e o fundo do tabuleiro da ponte, em m.

No caso estudado o tabuleiro da ponte possui uma inclinação de 2,5%, ou seja, a $\text{tg} \theta$ é 0,025, ainda tem-se que a altura livre entre o nível d'água ao gabarito do trem tipo (h) e a distância (l_2) entre a cota do nível máximo de água do canal foram respectivamente 1,00m e 2,95m. Portanto, como tais valores não obedecem àqueles especificados anteriormente, a utilização da NBR-6123 (1988) torna-se inviável.

Do mesmo modo que foi utilizada a normalização espanhola IAP (1998) para o caso do efeito do vento de arrasto, pode-se fazer uso desta para avaliar o efeito de sobrepressão e sucção no tabuleiro da ponte. Segundo a IAP (1998), o empuxo vertical de vento sobre o

tabuleiro pode ser avaliado considerado um coeficiente de pressão (C_p) de 0,5, assim, tem-se finalmente que as forças de sobrepressão (F_{Sob}) e de sucção (F_{Suc}) foram respectivamente 3,46kN/m e -3,46kN/m. Cabe destacar que encontra-se no Apêndice A os cálculos discutidos anteriormente. São apresentados a seguir (Figuras 30 a 35) os esquemas de cálculo e os diagramas de solicitações de vento na superestrutura para fins de cálculo. Os Anexos A3 e A4 apresentam os dados de entrada e saída fornecidos pelo software SALT referentes as cargas de vento de sobrepressão e sucção.

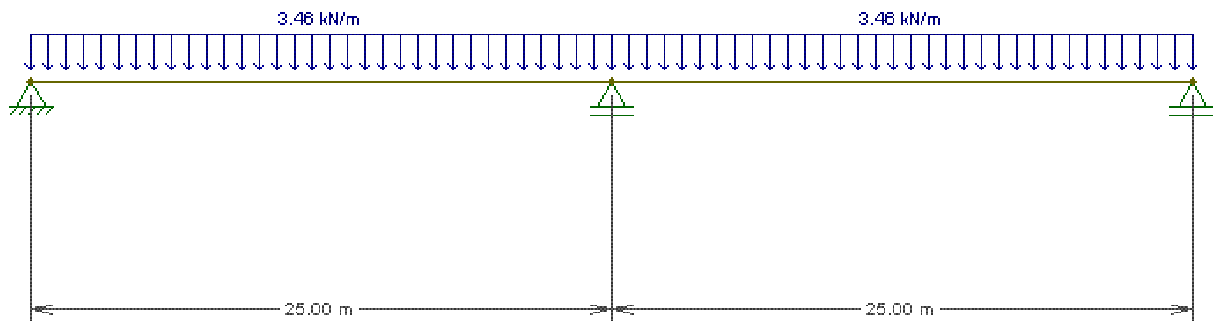


Figura 30. Esquema de cálculo de carga de vento de sobrepressão na superestrutura.

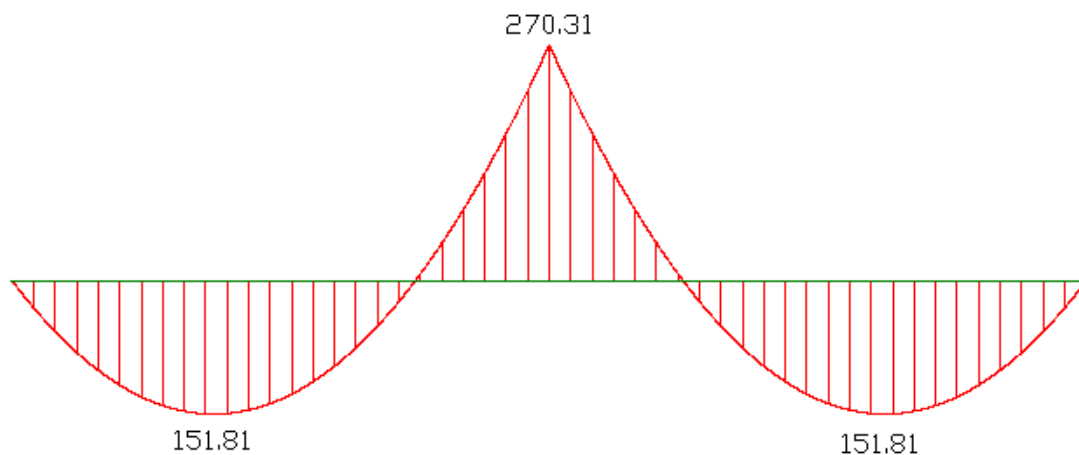


Figura 31. Diagrama de momento fletor para carga vento de sobrepressão em kNm.

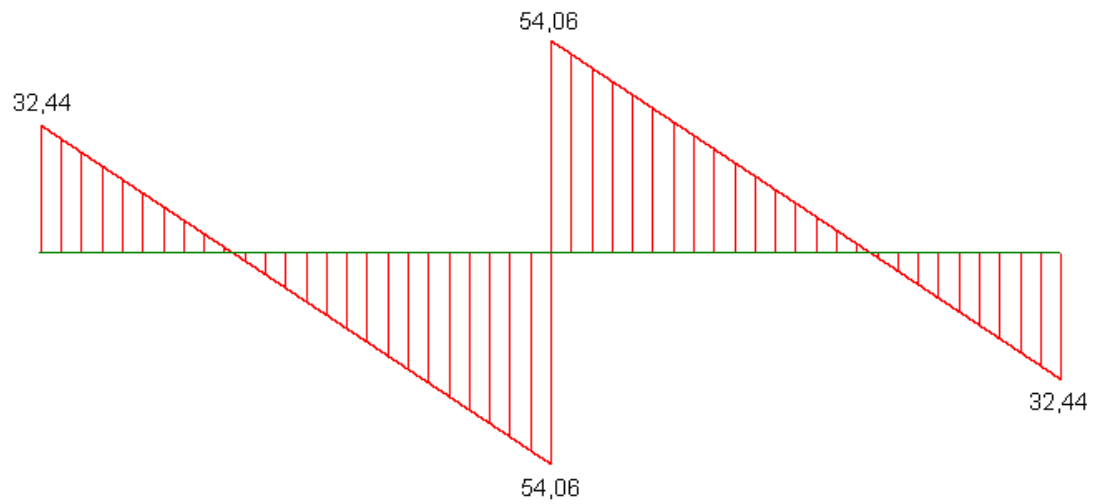


Figura 32. Diagrama de força cortante para carga vento de sobrepressão em kN.

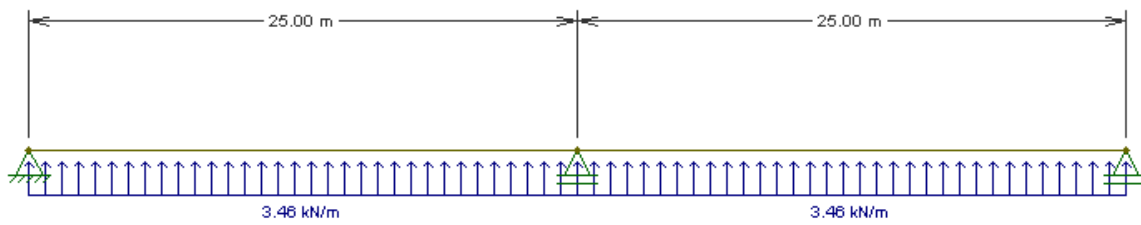


Figura 33. Esquema de cálculo de carga de vento de sucção na superestrutura.

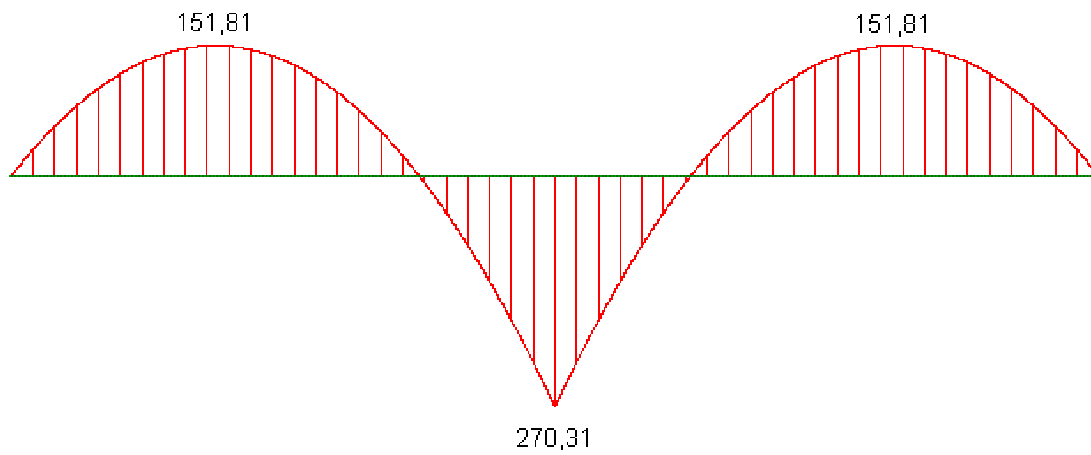


Figura 34. Diagrama de momento fletor para carga vento de sucção em kNm.

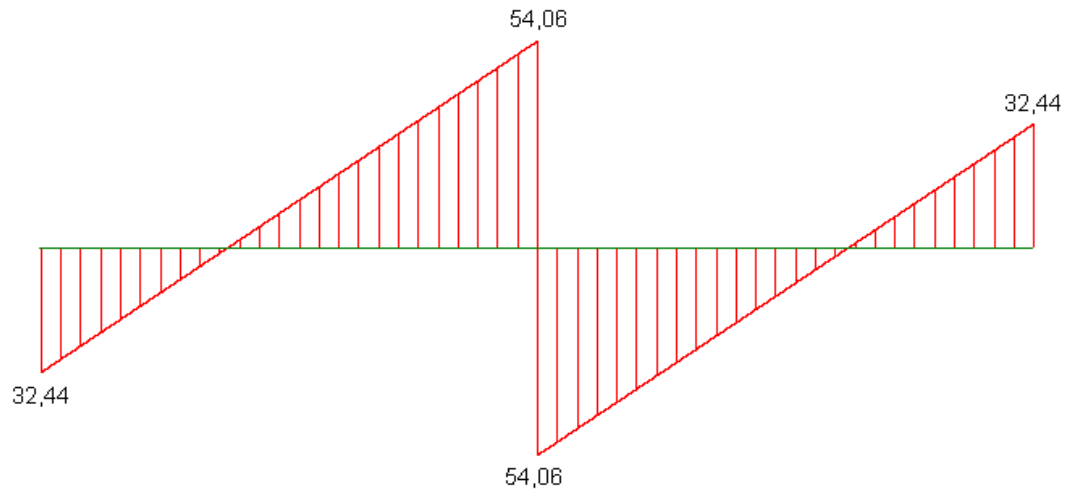


Figura 35. Diagrama de força cortante para carga vento de sucção em kN.

3.3.3 Ações Dinâmicas

Segundo a NBR-6118 (2003) quando uma estrutura está sujeita, pelas suas condições de uso, a choques e/ou vibrações, os seus efeitos devem ser considerados na determinação das solicitações e a possibilidade de fadiga deve ser considerada no dimensionamento dos elementos estruturais. As ações dinâmicas podem por sua vez provocar ruína da estrutura ou de elementos desta, bem como estado de fissuração e deformação exagerada.

No que concerne a ações dinâmicas é considerado o estado limite de vibração excessiva a fim de se evitar o desconforto do usuário e o estado limite último devido à fadiga além da ressonância natural da estrutura ou de seus respectivos elementos. Contudo as ações dinâmicas não foram desenvolvidas no presente trabalho.

3.3.4 Ações Excepcionais

As ações excepcionais devem ser consideradas no dimensionamento de uma estrutura de concreto quando os efeitos de tais ações não podem ser controlados. Todavia, este tipo de ação não foi desenvolvida no trabalho.

3.4 Combinação dos Carregamentos

3.4.1 Estados Limites

Segundo a NBR-6118 (2003) a segurança das estruturas de concreto deve ser verificada quanto aos seguintes Estados Limites Últimos: perda de equilíbrio da estrutura como corpo rígido; esgotamento da capacidade resistente em seu todo ou em parte, admitindo a capacidade de adaptação plástica da estrutura por meio de redistribuição de solicitações internas; quanto às solicitações dinâmicas e às de 2ª ordem; e no caso de pontes, vibrações excessivas e fadiga. Além disso, deve-se ter em mente ainda à questão de durabilidade da estrutura, aparência, conforto do usuário e boa utilidade funcional, que se trata do Estado Limite de Serviço⁷.

A NBR-8681 (2003) discrimina o coeficiente de ponderação das ações nos estados limites últimos em coeficientes parciais permitindo se considerar as peculiaridades de diversos tipos de estruturas e de materiais, fazendo com que o coeficiente γ_f possa ser admitido como o produto $\gamma_{f1} \cdot \gamma_{f3}$, sendo que o coeficiente ψ_0 é referido a γ_{f2} . Ainda segundo a norma, o coeficiente γ_{f1} considera a variabilidade das ações e o coeficiente γ_{f3} refere-se aos possíveis erros de avaliação dos efeitos destas ações, no que concerne a problemas de ordem construtivos, deficiência do método de cálculo empregado no dimensionamento. De tal particularidade, pode-se relacionar γ_g e γ_q respectivamente como coeficientes para as ações permanentes e variáveis. As Tabelas 39 e 40 apresenta os coeficientes de ponderação para a combinação dos efeitos atuantes nos elementos da estrutura extraídos da NBR-6118 (2003).

No que tange as resistências de projeto (f_{cd} , f_{yd} , entre outras) a NBR-6118 (2003) considera que estas são obtidas por meio da minoração de um coeficiente γ_m das resistências características (f_k) para fins de dimensionamento no estado limite último. Com relação à estruturas de concreto armado, recomenda-se que o coeficiente de minoração γ_m ($\gamma_{m1} \cdot \gamma_{m2} \cdot \gamma_{m3}$) deve considerar o tipo de combinação, ou seja, normal, de construção e excepcional. Destaca-se ainda que a norma recomenda que nos casos de estado limite de serviço deve-se adotar um coeficiente de minoração (γ_m) igual a 1,0.

⁷ Neste trabalho não foi aplicado o Estado Limite de Serviço (ELS).

No presente projeto foram adotados os coeficientes de minoração do concreto (γ_c) e do aço (γ_s) para a suas respectivas resistências características (f_k) no tipo de combinação normal, ou seja, iguais respectivamente a 1,4 e 1,15.

Tabela 39. Coeficientes de ponderação $\gamma_f = \gamma_{f1} \cdot \gamma_{f3}$ extraídos da NBR-6118 (2003).

Combinação de Ações	Ações			
	Permanentes		Variáveis	
	g		q	
	D	F	G	T
Normais	1,4 ¹⁾	1,0	1,4	1,2

Onde:
D é desfavorável, F é favorável, G representa as cargas variáveis em geral e T é temperatura.
1) Para as cargas permanentes de pequena variabilidade, como o peso próprio de estruturas, especialmente pré-moldadas, esse coeficiente pode ser reduzido para 1,3

Tabela 40. Coeficientes de ponderação γ_{f2} extraídos da NBR-6118 (2003).

Ações		γ_{f2}
		ψ_0
Cargas acidentais de edifícios	Locais em que há predominância de pesos de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo ou de elevada concentração de pessoas	0,7
Vento	Pressões dinâmicas do vento nas estruturas em geral	0,6

De forma geral, para o esgotamento da capacidade de carga resistente para elementos estruturais de concreto armado em combinações últimas normais, tem-se que:

$$F_d = \gamma_g \cdot F_{gk} + \gamma_{eg} \cdot F_{ek} + \gamma_q \cdot (F_{q1k} + \sum \psi_{0j} \cdot F_{qjk}) + \gamma_{eq} \cdot \psi_{0e} \cdot F_{qk}$$

Onde,

- F_d é valor de cálculo das ações para combinação última;
- F_{gk} representa as ações permanentes diretas;

- F_{ek} representa as ações permanentes indiretas como a retração F_{egk} e variáveis como a temperatura F_{eqk} ;
- F_{qk} representa as ações variáveis diretas das quais F_{qjk} é escolhida como principal;
- γ_g , γ_{eg} , γ_q , γ_{eq} , ψ_{oj} e ψ_{0e} coeficientes de ponderação e combinação das ações no ELU (Tabelas 39 e 40).

As combinações devem ser feitas de forma que possam ser determinados os efeitos mais desfavoráveis para a estrutura. No caso estudado, as ações consideradas foram o peso próprio da superestrutura, a carga móvel do trem-tipo máxima e mínima, carga de vento de sobrepessão e sucção.

Portanto lançando mão das tabelas de coeficientes de ponderação e combinação das cargas presentes na NBR-6118 (2003), tem-se as seguintes combinações.

3.4.1.1 Combinações de Momento Fletor

Momento fletor $M_{d, mov}$ como ação acidental principal:

$$M_{d, mov} = \begin{cases} 1,4 \cdot M_g^{(+)} + 1,4 \cdot M_{mov}^{(+)} + 1,4 \cdot 0,6 \cdot M_{w, sob} \\ 1,4 \cdot M_g^{(-)} + 1,4 \cdot M_{mov}^{(-)} + 1,4 \cdot 0,6 \cdot M_{w, sob} \end{cases}$$

Momento fletor $M_{d, w sob}$ como ação acidental principal:

$$M_{d, w sob} = \begin{cases} 1,4 \cdot M_g^{(+)} + 1,2 \cdot M_{w, sob} + 1,4 \cdot 0,7 \cdot M_{mov}^{(+)} \\ 1,4 \cdot M_g^{(-)} + 1,2 \cdot M_{w, sob} + 1,4 \cdot 0,7 \cdot M_{mov}^{(-)} \end{cases}$$

Momento fletor $M_{d, w suc}$ como ação acidental principal:

$$M_{d, w suc} = 1,0 \cdot M_g + 1,2 \cdot M_{w, suc}$$

Onde

- $M_g^{(+)}$ é o momento fletor positivo devido a carga permanente;
- $M_g^{(-)}$ é o momento fletor negativo devido a carga permanente;
- $M_{mov}^{(+)}$ é o momento fletor positivo devido a carga móvel;
- $M_{mov}^{(-)}$ é o momento fletor negativo devido a carga móvel;

- $M_{w, sob}$ é o momento fletor devido a carga de vento de sobrepressão;
- $M_{w, suc}$ é o momento fletor devido a carga de vento de sucção;
- $M_{d, mov}$ é o momento fletor resultante de carga móvel para combinação última;
- $M_{d, w sob}$ é o momento fletor resultante de carga de vento de sobrepressão para combinação última;
- $M_{d, w suc}$ é o momento fletor resultante de carga de vento de sucção para combinação última;

Da combinação descrita anteriormente pode-se obter os momentos fletores de cálculo considerando-se a pior situação, ou seja, os momentos fletores máximos e mínimos. Encontram-se no APÊNDICE B a determinação dos momentos fletores de cálculo.

3.4.1.2 Combinações de Força Cortante

Força cortante $V_{d, mov}$ como ação acidental principal:

$$V_{d, mov} = \begin{cases} 1,4 \cdot V_g^{(+)} + 1,4 \cdot V_{mov}^{(+)} + 1,4 \cdot 0,6 \cdot V_{w, sob} \\ 1,4 \cdot V_g^{(-)} + 1,4 \cdot V_{mov}^{(-)} + 1,4 \cdot 0,6 \cdot V_{w, sob} \end{cases}$$

Força cortante $V_{d, w sob}$ como ação acidental principal:

$$V_{d, w sob} = \begin{cases} 1,4 \cdot V_g^{(+)} + 1,2 \cdot V_{w, sob} + 1,4 \cdot 0,6 \cdot V_{mov}^{(+)} \\ 1,4 \cdot V_g^{(-)} + 1,2 \cdot V_{w, sob} + 1,4 \cdot 0,6 \cdot V_{mov}^{(-)} \end{cases}$$

Força cortante $V_{d, w suc}$ como ação acidental principal:

$$V_{d, w suc} = 1,0 \cdot V_g + 1,4 \cdot V_{w, suc}$$

Onde

- $V_g^{(+)}$ é o cortante positivo devido a carga permanente;
- $V_g^{(-)}$ é o cortante negativo devido a carga permanente;
- $V_{mov}^{(+)}$ é o cortante positivo devido a carga móvel;
- $V_{mov}^{(-)}$ é o cortante negativo devido a carga móvel;

- $V_{w, sob}$ é o cortante devido a carga de vento de sobrepressão;
- $V_{w, suc}$ é o cortante devido a carga de vento de sucção;
- $V_{d, mov}$ é o cortante resultante de carga móvel para combinação última;
- $V_{d, w sob}$ é o cortante resultante de carga de vento de sobrepressão para combinação última;
- $V_{d, w suc}$ é o cortante resultante de carga de vento de sucção para combinação última;

Da combinação descrita anteriormente pode-se obter as forças cortantes de cálculo considerando-se a pior situação, ou seja, as forças cortantes máximas e mínimas. Encontram-se no APÊNDICE C a determinação das forças cortantes de cálculo.

3.5 Dimensionamento das Lajes

As lajes são correntemente denominadas como placas estruturais com uma superfície média plana onde atuam predominantemente ações verticais, sendo que pode-se destacar também que a dimensão perpendicular a esta superfície, denominada espessura, é relativamente pequena quando comparada às outras dimensões. Deve-se salientar que a NBR-6118 (2003) recomenda que para lajes com espessura maior que 1/3 do vão deve-se considerar esta como placa espessa.

Quanto aos métodos de cálculo de lajes, estes geralmente são subdivididos em método elástico e método de ruptura, sendo que o primeiro baseia-se em uma análise em que o elemento não está fissurado, ou seja, está sofrendo cargas de serviço, assim o método muitas vezes subestima os deslocamentos das lajes, o segundo método se baseia no mecanismo de ruptura das lajes sendo calculadas as solicitações pela teoria das charneiras plásticas (Carvalho e Figueiredo Filho, 2001).

No caso específico de lajes de pontes o cálculo das solicitações considera que estas são isotrópicas, ou seja, possuem rigidez iguais em duas direções, sendo assim, recomenda-se que estas sejam calculadas pela teoria elástica das placas delgadas, onde procura-se encontrar a distribuição de tráfego mais desfavorável utilizando a seguinte equação diferencial parcial de 4ª ordem :

$$\frac{\partial^4 w}{\partial z^4} + 2 \cdot \frac{\partial^4 w}{\partial z^2 \partial x^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} = \frac{p(z, x)}{D} \quad \text{e} \quad D = \frac{E \cdot h^3}{12 \cdot (1 - \nu^2)}$$

Onde

- w é a função que define o deslocamento vertical da laje;
- z e x são as coordenadas de um ponto genérico da placa;
- p é a intensidade da carga atuante;
- D é a rigidez à flexão da placa delgada;
- E é o módulo de deformação longitudinal do concreto;
- h é a espessura da placa delgada;
- ν é o coeficiente de Poisson.

Para evitar o cálculo laborioso da função acima, encontram-se na literatura diversas tabelas de superfícies de influência onde se obtém as envoltórias de momentos fletores e força cortante no meio do vão e nos extremos. De forma geral as condições de contorno da laje de um tabuleiro prevêem o apoio destas na menor direção para aproveitar a vantagem da existência de mísulas nas vigas. Dentre as inúmeras tabelas existentes, a mais difundida para o caso de lajes de pontes é a abordagem de Rüsç (1965).

Nesta abordagem, inicialmente deve-se definir as condições de contorno da laje analisada, ou seja, se as lajes estão engastadas nos bordos ou não. De princípio obtém-se a relação entre o maior (l_x) e o menor (l_z) vão do tabuleiro, sendo que esta relação tende ao infinito quando o maior vão é cerca de três vezes e meia maior que o menor. Das tabelas de Rüsç (1965) é possível obter os coeficientes k dos momentos fletores devido carga permanente da seguinte relação:

$$M = k \cdot g \cdot l_z^2$$

Onde,

- g é a carga permanente da laje; em tf/m²;
- l_z é a menor dimensão do tabuleiro, em m;

Destaca-se que as tabelas que Rüsç consideraram somente cargas permanentes e cargas variáveis móveis. Posteriormente determinam-se os dados de entrada na tabela l_z/a e t/a , onde a é a largura da roda do veículo-tipo e t é definido pela equação a seguir:

$$t = a + 2(h_{pav} + 0,5 \cdot h_{laje})$$

Onde,

- h_{pav} é a altura do pavimento;
- h_{laje} é a altura da laje.

Daí é possível obter-se da tabela os momentos fletores $M_{zmVeículo}$, $M_{xmVeículo}$ e $M_{zeVeículo}$, que são respectivamente o momento fletor no vão da direção z, no vão da direção x e nos extremos da direção z devidos ao veículo-tipo. Para a obtenção dos momentos devidos à carga de multidão de veículos (M_{zmp} , M_{xmp} e M_{zep}) e de pessoas ($M_{zmp'}$, $M_{xmp'}$ e $M_{zep'}$) o único dado de entrada da tabela é l_z/a . Os momentos fletores são obtidos da seguinte forma:

$$M_{zmq} = \varphi \cdot (P \cdot M_{zmVeículo} + p \cdot M_{zmp} + p' \cdot M_{zmp'})$$

$$M_{zeq} = \varphi \cdot (P \cdot M_{zeVeículo} + p \cdot M_{zep} + p' \cdot M_{zep'})$$

$$M_{xmq} = \varphi \cdot (P \cdot M_{xmVeículo} + p \cdot M_{xmp} + p' \cdot M_{xmp'})$$

Onde

- M_{zmq} é o momento fletor de carga móvel total no meio do vão na direção z;
- M_{zeq} é o momento fletor de carga móvel total na extremidade do vão na direção z;
- M_{xmq} é o momento fletor de carga móvel total no meio do vão na direção x;
- φ é o coeficiente de impacto;
- $M_{zmVeículo}$ é o momento fletor de carga móvel do veículo-tipo no meio do vão na direção z;
- $M_{zeVeículo}$ é o momento fletor de carga móvel do veículo-tipo na extremidade do vão na direção z;
- $M_{xmVeículo}$ é o momento fletor de carga móvel do veículo-tipo no meio do vão na direção x;
- M_{zmp} é o momento fletor de carga móvel de multidão de veículos no meio do vão na direção z;
- M_{zep} é o momento fletor de carga móvel de multidão de veículos na extremidade do vão na direção z;
- M_{xmp} é o momento fletor de carga móvel de multidão de veículos no meio do vão na direção x;
- $M_{zmp'}$ é o momento fletor de carga móvel de multidão de pessoas no meio do vão na direção z;
- $M_{zep'}$ é o momento fletor de carga móvel de multidão de pessoas na extremidade do vão na direção z;
- $M_{xmp'}$ é o momento fletor de carga móvel de multidão de pessoas no meio do vão na direção x;
- P é a carga/roda do veículo-tipo;

- p é a carga de multidão de veículos;
- p' é a carga de multidão de pessoa.

Por último o carregamento móvel é combinado com o carregamento permanente para fins dos estados limites.

Quanto à força cortante presente na laje do tabuleiro, procede-se da mesma forma.

3.5.1 Combinação dos Carregamentos

A Figura 36 a seguir apresenta quais seriam os tipos de lajes encontradas no presente trabalho.

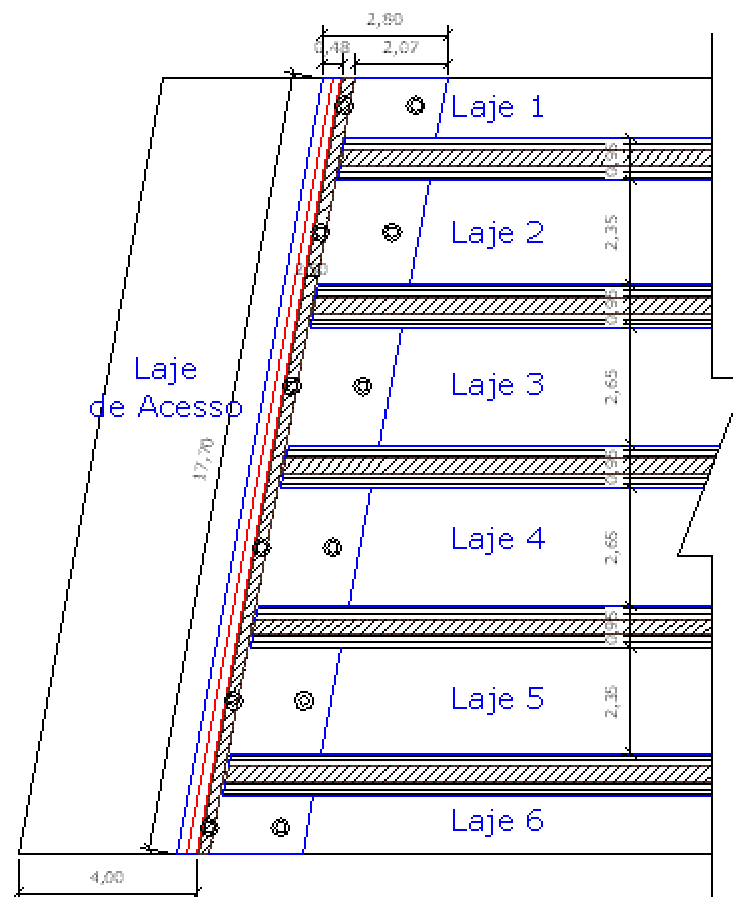


Figura 36. Lajes dos passeios (em balanço, 1 e 6), lajes biengastadas (2, 3, 4 e 5) e laje de acesso (biapoiada).

3.5.1.1 Lajes dos Passeios

Para a determinação das cargas permanentes nos passeios previamente determinou-se as cargas distribuídas devido ao peso próprio dos elementos estruturais, pavimentação dos passeios, barreiras e guarda-corpo metálico. Daí obteve-se um momento fletor máximo de 17,54 kNm e uma força cortante máxima de 23,39 kN.

Em seguida, fez-se o mesmo para as cargas variáveis móveis obtendo-se assim o momento fletor máximo de 5,06 kNm e a força cortante máxima de 6,75 kN. Para as cargas variáveis de vento de sobrepessão foi obtido o momento fletor máximo de 3,90 kNm e força cortante máxima igual a 5,19 kN. No caso do vento de sucção foram obtidos o momento fletor e cortante respectivamente iguais ao vento de sobrepessão em módulo e direção mas com sentido inverso.

Desta forma foi efetuada a combinação dos efeitos considerando o que foi discutido no itens 3.4.1.1 e 3.4.1.2 no que se refere aos coeficientes de majoração das cargas. Sendo assim, o momento fletor e cortante críticos foram respectivamente iguais a 34,97 kNm e 46,62 kN. Para maiores detalhes, vide Apêndice D.

3.5.1.2 Lajes Biengastadas

Para a determinação das cargas permanentes nas lajes biengastadas determinou-se previamente as cargas distribuídas devido ao peso próprio dos elementos estruturais, pavimentação das pistas de rolamento e recapeamento. Daí obteve-se a carregamento total permanente nas lajes. Em seguida utilizando a relação $M = k \cdot g \cdot l_z^2$, obteve-se os momentos fletores permanentes com os coeficientes k das tabelas e Rüsç (1965).

Em seguida, para as cargas variáveis móveis, utilizou-se as relações discutidas no item 3.5 para obtenção dos dados de entrada nas tabelas de Rüsç (1965). Assim, procedendo com as combinações de solicitações de momento fletor e força cortante obteve-se os valores mais críticos, como pode ser visto no Apêndice D.

3.5.1.3 Lajes de Acesso ou Transição

A determinação das cargas permanentes e variáveis foi desenvolvida da mesma forma que para as lajes biengastadas, sendo que a única diferença encontrada foram as condições de contorno. Tais considerações encontram-se no Apêndice D.

3.5.2 Dimensionamento das Lajes à Flexão

Neste item será apresentado o dimensionamento a flexão das lajes do tabuleiro da ponte. Primeiramente deve-se destacar que os momentos obtidos foram corrigidos a fim de se compatibilizar monoliticamente laje-laje, sendo que esta correção é baseada na seguinte expressão:

$$\text{Seção no Apoio: } M^{(-)}_{d,\text{corrigido}} \geq \begin{cases} 0,8M_{\text{maior}} \\ \overline{M}^{(-)} \end{cases}$$

Onde:

- M_{maior} é o maior momento em módulo entre dois momentos negativos consecutivos;
- $\overline{M}^{(-)}$ é a média entre dois momentos negativos consecutivos.

$$\text{Seção no Vão: } M^{(+)}_{d,\text{corrigido}} = M_i^{(+)} + \sum \frac{(M_i^{(-)} - M^{(-)}_{d,\text{corrigido}})}{2}$$

Onde:

- M_i é o momento antes da correção;
- $M^{(-)}_{d,\text{corrigido}}$ é o momento negativo corrigido.

A partir da correção dos momentos fletores pôde-se definir uma altura útil da laje considerando o dimensionamento desta como uma viga de largura unitária. A altura útil é definida como a média dos seguintes valores:

$$d_z = h - c - \frac{\phi_l}{2} \quad \text{e} \quad d_x = h - c - \frac{3}{2} \cdot \phi_l$$

Onde:

- h é a espessura da laje;
- c é o cobrimento da laje;
- ϕ_l é o diâmetro da barra longitudinal de aço adotada no projeto.

Em seguida determinou-se a altura da linha neutra x pela seguinte relação:

$$x = 1,25 \cdot d \cdot \left[1 - \sqrt{1 - \frac{M_d}{0,425 \cdot b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}}} \right]$$

Onde:

- M_d é o momento fletor de cálculo;
- b_w é a largura unitária da laje (1 m);
- f_{cd} é a resistência de cálculo do concreto a compressão.

Para definir o domínio de trabalho (Figura 36) teve de se calcular a altura da linha neutra (x_{34}) no limite dos domínios 3 e 4, sendo dada pela seguinte relação:

$$x_{34} = d \cdot \left(\frac{0,0035}{0,0035 + \frac{f_{yd}}{E_s}} \right) = d \cdot \left(\frac{0,0035}{0,0035 + \varepsilon_{yd}} \right)$$

Onde:

- f_{yd} é a resistência de cálculo do aço;
- E_s é módulo de deformação ou de elasticidade longitudinal do aço;
- ε_{yd} é a deformação de escoamento do aço.

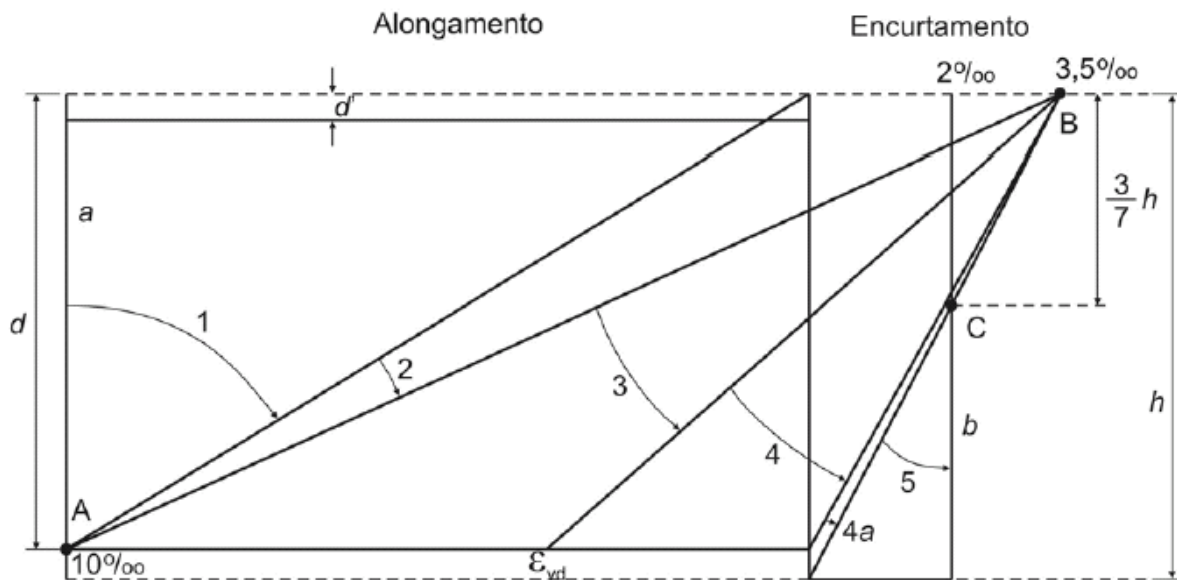


Figura 37. Domínios do Estado Limite Último de uma seção transversal
(Fonte: NBR-6118, 2003).

Na Figura 37 pode-se visualizar os domínios de interesse (2, 3 e 4) onde percebe-se que:

- No domínio 2 o concreto é pouco solicitado e a armadura está em escoamento, sendo assim a ruptura é do tipo dúctil, e a altura da linha neutra entre os domínios 2 e 3 é de $0,259d$;
- No domínio 3 o concreto está sendo solicitado no seu máximo e a armadura está em escoamento, sendo assim a ruptura é do tipo dúctil, e a altura da linha neutra entre os domínios 3 e 4 foi definido anteriormente;
- No domínio 4 ocorre esmagamento do concreto e a armadura é pouco solicitada.

Assim, após a verificação do domínio pôde-se calcular a área mínima de aço ($A_{s,min}$) por meio da taxa de armadura mínima ($\rho_{s,min}$) definida a seguir:

- No caso de armaduras negativas de lajes, armaduras positivas de lajes armadas em uma direção, $\rho_s \geq \rho_{s,min}$;
- No caso de armaduras positivas de lajes armadas em duas direções, $\rho_s \geq 0,67 \cdot \rho_{s,min}$;
- No caso de armaduras positivas de lajes armadas em uma direção, $\rho_s \geq 0,5 \cdot \rho_{s,min}$.

Lembrando que a área mínima foi calculada da seguinte forma em caso de lajes:

$$A_{s,min} = \rho_{s,min} \cdot d$$

A área de aço foi determinada pela seguinte relação:

$$A_s = \frac{M_d}{(d - 0,4 \cdot x) \cdot \sigma_s}$$

Onde:

- σ_s é a tensão do aço, igual a tensão de escoamento do aço quando a seção atua nos domínios 2 e 3, e $\sigma_s = E_s \cdot \varepsilon_s$ quando a seção atua no domínio 4.

A área de aço utilizada ($A_{s, UTILIZADO}$) é o maior valor entre A_s e $A_{s, min}$.

O espaçamento do aço foi obtido em função da área de uma barra ($A_{\phi l}$), da seguinte forma:

$$S_{c\acute{a}lc} = 100 \cdot \frac{A_{\phi}}{A_{s,UTILIZADO}} (cm)$$

Quanto ao espaçamento máximo a NBR-6118 (2003) define que:

$$S_{\max} \leq \begin{cases} 100 \cdot \frac{A_{\phi}}{A_{s,\min}} (cm) \\ 20cm \\ 2 \cdot h(cm) \end{cases}$$

O número de barras pôde ser calculado pela relação:

$$n_{barras} = \frac{A_{sUTILIZADO}}{A_{\phi}} \text{ (barras/m)}$$

A ancoragem das barras da armadura pode ser efetuada por aderência ou por dispositivos externos como placas ou barras soldadas. Inicialmente determinou-se a tensão última de aderência de cálculo (f_{bd}), que segundo a NBR-6118 (2003) é calculada em função da qualidade de aderência de acordo com a conformação superficial e do diâmetro das barras, resistência do concreto à tração e pela localização da barra na estrutura. A resistência de aderência de cálculo foi obtida da seguinte forma:

$$f_{bd} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot f_{ctd}$$

Onde:

- η_1 está relacionado à conformação superficial da barra;
- η_2 está às situações de aderência (zonas e boa ou má aderência);
- η_3 está relacionado ao diâmetro das barras;
- f_{ctd} é a resistência a tração de cálculo do concreto, obtida da seguinte forma:

$$f_{ctd} = \frac{f_{ct,\inf}}{\gamma_c} = 0,70 \cdot \frac{f_{ct,m}}{\gamma_c} = 0,70 \cdot 0,30 \cdot \frac{\sqrt[3]{f_{ck}^2}}{\gamma_c}$$

Onde:

- $f_{ct,\inf}$ é o limite inferior da resistência à tração do concreto;
- $f_{ct,m}$ é a resistência média do concreto à tração;
- f_{ck} é a resistência característica do concreto à compressão aos 28 dias;
- γ_c é o coeficiente de minoração das resistências do concreto para efeito do ELU.

Determinada a resistência de aderência pôde-se encontrar o comprimento básico de ancoragem, que trata-se do menor comprimento de ancoragem necessário para que a barra de

aço, com uma tensão igual a de escoamento, seja ancorada por aderência. Sendo assim, este foi determinado da seguinte forma:

$$l_b = \frac{\phi_l \cdot f_{yd}}{4 \cdot f_{bd}}$$

Da relação anterior pôde-se então determinar o comprimento de ancoragem reta ($l_{b, nec}$) da seguinte forma:

$$l_{b, nec} = l_b \cdot \frac{A_{s, cal}}{A_{se}} \geq l_{b, min}$$

Onde:

- $A_{s, cal}$ é a área de aço exigida no cálculo;
- A_{se} é a área de aço efetiva adotada no projeto;
- $l_{b, min}$ é o comprimento de ancoragem mínimo exigido pela norma, sendo obtido da seguinte forma:

$$l_{b, min} \geq \begin{cases} 0,30 \cdot l_b \\ 10 \cdot \phi_l \\ 10cm \end{cases}$$

Dada a limitação do comprimento de fabricação das barras de aço em 11 m (NBR-7480, 1996), muitas vezes em uma estrutura faz-se necessário a utilização de emendas que podem ser do tipo transpasse, soldadas ou rosqueadas. Sabe-se que os dois últimos tipos de ligação são mais onerosos devido a exigência de um controle especial para garantir a efetividade da emenda, por outro lado, as emendas por transpasse são mais baratas e não necessitam de elevado controle tecnológico. No entanto a NBR-6118 (2003) limita tal tipo de emenda até o diâmetro de barra de 32 mm além de não permitir o seu uso em tirantes.

O comprimento de transpasse (l_{ot}) foi determinado pela seguinte relação:

$$l_{ot} = \alpha_{ot} \cdot l_{b, nec} \geq l_{ot, min}$$

Onde:

- α_{ot} é o coeficiente que leva em conta as piores condições na região da emenda, sendo definido em função da porcentagem de barras emendadas na mesma seção;
- $l_{ot, min}$ é o comprimento mínimo da emenda de barras tracionadas, sendo definido pela seguinte relação:

$$l_{ot,\min} \geq \begin{cases} 20\text{cm} \\ 15 \cdot \phi_l \\ 0,30 \cdot \alpha_{ot} \cdot l_b \end{cases}$$

Quanto as armaduras positivas de distribuição, retração e temperatura (DRT) nas lajes dos balanços, a NBR-6118 (2003) recomenda que esta deve ter um espaçamento máximo de 33cm sendo determinada da seguinte forma:

$$A_{s,DRT} \geq \begin{cases} 0,20 \cdot A_{s,\text{principal}} \\ 0,9\text{cm}^2 / \text{m} \end{cases}$$

Para maiores esclarecimentos, as planilhas de dimensionamento a flexão das lajes encontram-se no Apêndice E.

3.5.3 Dimensionamento das Lajes à Força Cortante

Segundo a NBR-6118 (2003), a resistência cisalhante de um elemento estrutural deve seguir aos seguintes requisitos:

$$V_{Sd} \leq V_{Rd2}$$

$$V_{Sd} \leq V_{Rd3} = V_C + V_{SW}$$

Onde:

- V_{Sd} é a força cortante solicitante de cálculo, na seção;
- V_{Rd2} é a força cortante resistente de cálculo relativa às bielas comprimidas;
- V_{Rd3} é a força cortante resistente de cálculo relativa à ruína por tração diagonal;
- V_C é a parcela de força cortante absorvida por mecanismos complementares ao de treliça;
- V_{SW} é a parcela resistida pela armadura transversal.

De acordo com a NBR-6118 (2003) deve-se utilizar um dos dois modelos existentes para dimensionamento de força cortante, o Modelo I fixa o ângulo θ das bielas comprimidas em 45° e o Modelo II varia este ângulo em um intervalo de 30° a 45° . Neste trabalho foi adotado o Modelo I, portanto, a parcela de força cortante resistente de cálculo absorvida por mecanismos complementares ao de treliça e a força cortante resistente de cálculo relativa às bielas comprimidas foram determinadas respectivamente da seguinte forma:

$$V_C = 0,60 \cdot f_{ctd} \cdot b_w \cdot d \quad \text{e} \quad V_{Rd2} = 0,27 \cdot \alpha_{v2} \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d$$

Onde:

$$\alpha_{v2} = 1 - \frac{f_{ck}}{250}$$

Como pode ser verificado no Apêndice D, as forças cortantes longitudinais nas lajes do tabuleiro (direção x) são desprezíveis quando comparados às transversais (direção z), portanto, as tabelas de Rüsç fornecem os valores mais significantes.

Da verificação da resistência das bielas ao cortante foi obtido 763,71 kN (a maior sollicitação foi de 103,44 kN). Destaca-se ainda que a NBR-6118 (2003) recomenda a utilização do cortante sollicitante a $d/2$ da face do apoio. Em seguida, foi verificado que os mecanismos complementares (V_C) são capazes de suportar por completo às sollicitações de cálculo, pois V_C obtido foi de 130,34 kN e a maior sollicitação de cálculo foi de 103,44 kN. Por conseguinte não foi necessário a armadura transversal nas lajes. Com relação aos cálculos aqui discutidos, estes encontram-se no Apêndice F.

3.6 Dimensionamento das Longarinas

3.6.1 Combinação dos Carregamentos

Uma grande dificuldade encontrada foi no que se refere à distribuição das sollicitações transmitidas das lajes às vigas devido a ausência de simetria da seção transversal da superestrutura. Para tanto, foi utilizado o software ANSYS a fim de se determinar a taxa de transmissão de sollicitações considerando duas hipóteses de cálculo:

- Carregamento distribuído unitário;
- Somatório do carregamento distribuído unitário.

Desta forma foi obtida uma taxa de transmissão de sollicitações para cada hipótese, sendo observado um erro de $10^{-14}\%$, ou seja, foi comprovada a eficácia da metodologia aplicada. Os resultados podem ser visualizados no Apêndice G.

3.6.2 Dimensionamento das Longarinas à Flexão

Em um piso de concreto armado apoiado em contornos de vigas, as lajes e as vigas são monolíticas, ou seja, trabalham simultaneamente, no entanto para fins práticos de cálculo

estrutural considera-se a princípio que os elementos trabalham independentemente. A NBR-6118 (2003) recomenda que se considere a contribuição das lajes nas vigas, por meio da utilização de larguras colaborantes. Tal metodologia é útil no sentido de que se reconhece que as lajes absorvem as solicitações internas e externas nas vigas, bem como os deslocamentos. Em resumo a Figura 37 apresenta as considerações para a determinação de largura colaborante (b_f).

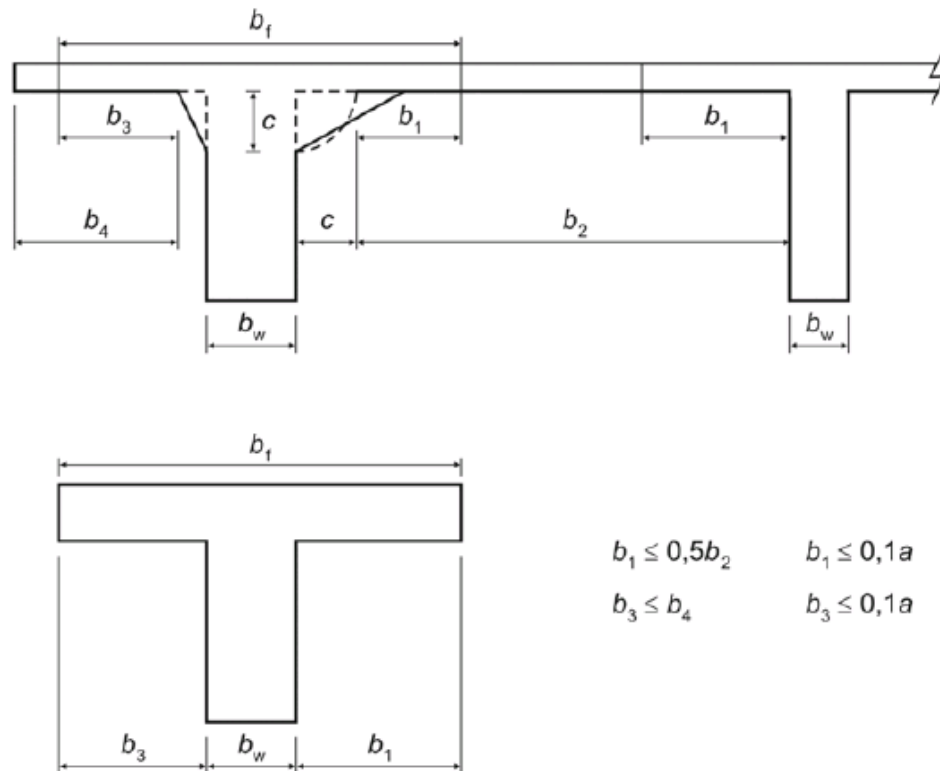


Figura 38. Largura de mesa colaborante (NBR-6118, 2003).

Dado que a é a distância entre momentos fletores nulos podendo ser determinada pelas seguintes relações:

Sabendo que l é o comprimento do tramo considerado ou vão da viga.

- Viga simplesmente apoiada: $a = 1,00 \cdot l$;
- Tramo com momento em uma só extremidade: $a = 0,75 \cdot l$;
- Tramo com momentos nas duas extremidades: $a = 0,60 \cdot l$;
- Tramo em balanço: $a = 2,00 \cdot l$

Como critério de pré-dimensionamento de vigas, pode-se utilizar uma altura útil que tenha a garantia de se atingir o escoamento da armadura antes da ruptura do concreto, ou seja, que o elemento estrutural trabalhe no domínio 2 ou 3. Para tanto, a determinação da altura útil mínima fez-se da seguinte forma:

$$d_{\min} = \sqrt{\frac{M_{sd}}{b_w \cdot f_{cd} \cdot (0,68 \cdot KX_{34} - 0,272 \cdot KX_{34}^2)}}$$

Para iniciar o dimensionamento de uma determinada viga deve-se saber se esta trabalha como uma viga **T** ou retangular, no entanto a priori não se sabe a altura na linha neutra, assim parte-se do pressuposto que a linha neutra está na mesa da viga, ou seja, considera-se a princípio que a viga trabalha como retangular.

No dimensionamento pode-se utilizar fórmulas adimensionais e tabelas a fim de se facilitar os cálculos, então, lançando mão destas metodologias, pôde-se definir inicialmente o momento específico (*KMD*) da seguinte forma:

$$KMD = \frac{M_{sd}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$$

Onde:

- M_{sd} é o momento fletor solicitante de cálculo na seção analisada;
- b_w é a largura da alma da viga;
- d é a altura útil;
- f_{cd} é a resistência de cálculo do concreto a compressão.

No entanto, como foi exposto anteriormente, ao considerar a viga trabalhando como retangular deve-se considerar a largura da alma igual a largura colaborante, ou seja, $b_w = b_f$.

Por meio de tabelas foi possível se obter a fatores adimensionais⁸ KX , KZ e as deformações específicas do concreto (ϵ_c) e do aço (ϵ_s) com momento específico *KMD*. A princípio o *KMD* calculado deve ser inferior ao KMD_{34} referente ao KX_{34} , ou seja, deve-se garantir que o elemento atinja o escoamento do aço antes da ruptura do concreto.

Em seguida, após a verificação do *KMD* obteve-se o valor de KX , sendo este último limitado ao KX_{MAX} referente às limitações de capacidade de rotação dos elementos estruturais,

⁸ Cabe lembrar que $KX = \frac{x}{d}$ e que $KZ = \frac{z}{d} = \frac{d - 0,4x}{d} = 1 - 0,4KX$. Estes fatores adimensionais, extraídos Carvalho e Figueiredo Filho (2001), podem ser verificados no Anexo B.

ou seja, garante-se desta forma a melhor ductilidade nas regiões de apoio da viga. Segundo a NBR-6118 (2003), os valores limites de KX são dados pela relação a seguir:

$$KX \leq 0,50 \text{ para concretos com } f_{ck} \leq 35MPa$$

$$KX \leq 0,40 \text{ para concretos com } f_{ck} > 35MPa$$

No caso estudado, o concreto utilizado foi de 30MPa, então o KX_{MAX} considerado foi de 0,50, sendo que para este valor limite tem-se um momento específico KMD_{MAX} igual a 0,2700. Daí o KMD deve ser corrigido novamente sendo escolhido o menor valor entre o àquele obtido anteriormente e o KMD_{MAX} , e o valor de KX deve ser obtido pelo menor valor entre KX_{MAX} e àquele obtido pelo último $KMD_{corrigido}$. Neste momento foram obtidos os novos valores de KZ , ε_c , ε_s e verificou-se o domínio de trabalho da viga por meio dos limites KX_{23} e KX_{34} , e se a viga realmente trabalhava como retangular ($0,80 \cdot KX \cdot d \leq h_f$), caso contrário teve de se reconsiderar os cálculos.

Para se considerar a capacidade de rotação dos elementos estruturais descritos anteriormente, determinou-se um coeficiente de redistribuição de momentos δ onde a relação entre este e a posição da linha neutra KX deve respeitar as seguintes relações para $f_{ck} \leq 35MPa$:

$$\delta \geq \begin{cases} 0,44 + 1,25KX \\ 0,75 \end{cases}$$

Após a correção dos momentos fletores, retornou-se ao processo iterativo de determinação de momento específico, verificação da forma de trabalho da viga e seu correspondente domínio, daí partiu-se para a determinação dos momentos fletores resistentes.

Caso a viga trabalhasse como retangular considerou-se que o momento resistido (M_R) é igual ao momento solicitante de cálculo (M_{sd}), ou seja $M_R = M_{sd}$. Por outro lado, se a viga trabalhasse como **T**, determinou-se os momentos resistidos pela flange ou mesa (M_f) e pela alma (M_w) da seguinte forma:

$$M_f = 0,85 \cdot f_{cd} \cdot h_f \cdot (b_f - b_w) \cdot \left(d - \frac{h_f}{2} \right)$$

e

$$M_w = 0,68 \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot KX \cdot KZ \cdot d^2$$

Onde:

- M_f é o momento fletor resistido pela flange de uma viga T;
- M_w é o momento fletor resistido pela alma de uma viga T;
- f_{cd} é a resistência de cálculo do concreto a compressão.
- b_f é a largura da flange da viga;
- b_w é a largura da alma da viga;
- d é a altura útil da viga;
- KX é a altura da linha neutra;
- KZ é o braço de alavanca.

No caso da necessidade de armadura secundária, o momento resistido ($M_{s, comprimido}$) por esta armadura auxiliar foi obtido pela seguinte relação:

$$M_{s, comprimido} = M_{sd} - M_f - M_w$$

A determinação da área de aço principal pôde ser efetuada pelas seguintes relações:

Para uma viga trabalhando como retangular: $A_{s,R} = \frac{M_R}{KZ \cdot d \cdot \sigma_s}$

Para uma viga trabalhando como T: $A_s = A_{s,f} + A_{s,w}$

Sabendo que $A_{s,f} = \frac{M_f}{\left(d - \frac{h_f}{2}\right) \cdot \sigma_s}$ e que $A_{s,w} = \frac{M_w}{KZ \cdot d \cdot \sigma_s}$

Para armadura secundária: $A_s' = \frac{M_{s, comprimido}}{(d - d') \cdot \sigma_s'}$ sendo $d' = h - d$

A tensão resistente de cálculo do aço da armadura principal (σ_s) e da armadura secundária (σ_s') para a viga trabalhando no domínio 2 ou 3 foi igual a resistência de cálculo do aço (f_{yd}), e se a viga se encontrasse no domínio 4, a tensão resistente do aço foi determinada pela seguinte relação:

$$\sigma_s = E_s \cdot \varepsilon_s \cdot \left(\frac{1 - KX}{KX} \right) \cdot 0,0035$$

Onde:

- σ_s é a tensão de resistente do aço;
- E_s é o módulo de deformação ou de elasticidade longitudinal do aço;
- ε_s é a deformação do aço;

- KX é a altura da linha neutra em relação a altura útil.

Deve-se destacar que a armadura obtida deve ser maior que a armadura mínima ($A_{s, min}$) recomendada pela norma, obtida pela seguinte relação:

$$A_{s, min} = \frac{\rho_{min} \cdot A_c}{100}$$

Onde:

- $A_{s, min}$ é armadura mínima;
- $\rho_{s, min}$ é a taxa de armadura mínima que segundo a NBR-6118 é igual a 0,15%;
- A_c é a área de concreto da seção transversal.

A obtenção do número de barras de aço na seção pôde ser efetuada da seguinte maneira:

$$n_{barras} = \frac{A_s}{A_{\phi}}$$

Onde:

- A_s é a área de aço longitudinal;
- A_{ϕ} é a área de aço de uma barra longitudinal sendo ϕ o diâmetro desta.

Finalmente foi verificado se a área total de armadura longitudinal na seção transversal da viga era menor que o máximo permitido, da seguinte forma:

$$A_s + A_s' \leq A_{max} = \rho_{s, max} \cdot A_c$$

Onde:

- A_s é a área principal de aço longitudinal;
- A_s' é a área secundária de aço longitudinal;
- $\rho_{s, max}$ é a taxa de armadura máxima que segundo a NBR-6118 (2003) é igual a 4%;
- A_c é a área de concreto na seção transversal.

Segundo a NBR-6118 (2003), o espaçamento mínimo livre entre as faces das barras longitudinais, medido no plano da seção transversal, na direção horizontal (a_h) e na direção vertical (a_v) devem respeitar os seguintes limites:

$$a_h \geq \begin{cases} a_1 \\ \phi_l \\ 1,2 \cdot d_{Max, Agregado} \end{cases} \quad \text{e} \quad a_v \geq \begin{cases} a_1 \\ \phi_l \\ 0,5 \cdot d_{Max, Agregado} \end{cases}$$

Onde:

- a_h é o espaçamento horizontal entre as faces das barras longitudinais;
- a_v é o espaçamento vertical entre as faces das barras longitudinais
- ϕ_l é o diâmetro de uma barra de aço da armadura longitudinal;
- $d_{Max, Agregado}$ é o diâmetro máximo do agregado graúdo.

Com relação aos comprimentos de ancoragem e de transpasse, as vigas seguem a mesma metodologia de cálculo que as lajes (item 3.5.2), sendo assim as planilhas de cálculo das longarinas encontram-se no Apêndice H.

3.6.3 Dimensionamento das Armaduras de Pele

Segundo a NBR-6118 (2003), vigas com altura superior a 60 cm necessitam de armadura lateral para evitar fissuração na zona tracionada da alma. Recomenda-se que esta armadura tenha 0,10% da área de concreto da alma ($A_{c, alma}$) sendo disposta em cada face com espaçamento menor que 20 cm. Os cálculos podem ser visualizados no Apêndice H.

3.6.4 Dimensionamento das Longarinas à Força Cortante

Conforme observado no item referente às lajes, deve-se também verificar as resistências das bielas das vigas às forças cortantes, empregando o mesmo modelo de cálculo, ou seja, o ângulo da biela com a horizontal igual a 45°. Posteriormente pôde-se calcular a armadura transversal através da seguinte relação:

$$A_{sw} = \frac{V_{sw}}{0,9 \cdot d \cdot f_{yd}}$$

Onde:

- A_{sw} é a área aço da armadura transversal;
- V_{sw} é a força cortante a ser resistido pela armadura transversal;
- d é a altura útil da viga;

- f_{yd} é a resistência de cálculo do aço;

O espaçamento foi calculado segundo a relação:

$$S = \frac{A_{sw}}{A_{\phi w}}$$

Onde:

- $A_{\phi w}$ é a área aço de uma barra da armadura transversal;

Lembrando-se que a NBR-6118 (2003) limita o espaçamento a um máximo segundo a seguinte relação:

$$\text{Se } V_d \leq 0,67 \cdot V_{Rd2} \text{ então } S_{\max} = 0,6 \cdot d \leq 300mm$$

$$\text{Se } V_d > 0,67 \cdot V_{Rd2} \text{ então } S_{\max} = 0,3 \cdot d \leq 200mm$$

Sabe-se que existe o efeito favorável das armaduras longitudinais no combate às solicitações transversais, isto acontece principalmente quando estas estão inclinadas, lembrando que a NBR-6118 (2003) limita esta consideração de absorção das solicitações transversais pelas armaduras de flexão em 60%. Sendo assim, a princípio buscou-se utilizar a inclinação das barras longitudinais para combater tal efeito, contudo, segundo contatos com profissional especializado, atualmente não se utiliza tal mecanismo devido a dificuldade e controle rígido de execução. Desta forma, o efeito favorável das armaduras longitudinais quando inclinadas no combate às solicitações transversais não foi considerado. As planilhas de cálculo estão dispostas no Apêndice I.

3.6.5 Dimensionamento das Armaduras de Costura

Para uma melhor redistribuição de tensões entre a flange inferior e a alma foi dimensionada a armadura de costura. Inicialmente foi determinada a tensão resistente à força cortante para cada viga por meio da força cortante máxima de cálculo localizada no apoio central. Esta tensão foi determinada em função ainda da largura da alma e da altura útil da viga, assim:

$$\tau_{wd} = \frac{V_{Sd}}{b_w \cdot d}$$

A área de aço pôde ser determinada pela seguinte relação:

$$A_{swf} \geq \begin{cases} 100 \cdot b_w \cdot \frac{A_l}{A} \cdot \frac{\tau_d}{f_{yd}} \\ 11,5 \text{ cm}^2 / \text{m} \end{cases}$$

$$\tau_d = 1,11 \cdot \tau_{wd}$$

Onde:

- A_{swf} é a área de armadura de costura;
- τ_{wd} é a tensão solicitante de cálculo devido à força cortante;
- A_l é a área de uma aba da flange;
- A é a área total comprimida;

O número de barras foi determinado da seguinte forma:

$$n_{barras} = \frac{A_{swf}}{n \cdot A_{\phi w}}$$

Onde:

- n é o número de pernas;
- $A_{\phi w}$ é a área de aço de uma barra da armadura transversal.

Os resultados se encontram no Apêndice J.

3.6.6 Decalagem do Diagrama de Força no Banzo Tracionado

Segundo a NBR-6118 (2003), quando a armadura longitudinal de tração for determinada através do equilíbrio de solicitações na seção normal ao eixo do elemento estrutural, os efeitos provocados pela fissuração oblíqua podem ser substituídos no cálculo pela decalagem do diagrama de força no banzo tracionado, dada pela expressão:

$$a_l = d \cdot \left[\frac{V_{Sd,max} \cdot (1 + ctg \alpha)}{2(V_{Sd,max} - V_C)} - ctg \alpha \right]$$

Onde:

- a_l é o deslocamento do diagrama de força no banzo tracionado, paralelo ao eixo da peça;
- $V_{sd, max}$ é a força cortante e os demais parâmetros já foram definidos.

O valor calculado de a_l deve ser maior que o mínimo estipulado pela NBR-6118 (2003), sendo assim, para armadura transversal inclinada a 45° com relação ao eixo do elemento tem-

se um $a_{l,min}$ igual a 20% da altura útil (d) deste elemento estrutural, e no caso mais geral, adota-se 50% da altura útil como limite mínimo. Destaca-se ainda que a decalagem do diagrama de força no banzo tracionado pode ser substituída pela correspondente decalagem do diagrama de momentos fletores. A decalagem do diagrama de força no banzo tracionado pode também ser obtida aumentando-se a força de tração, em cada seção, pela expressão:

$$R_{sd,cor} = \frac{M_{sd}}{z} + V_{sd} \cdot (\cot g \theta - \cot g \alpha) \cdot \frac{1}{2}$$

Onde:

- $R_{sd,cor}$ é a força corrigida no banzo tracionado;
- M_{sd} é o momento fletor solicitante de cálculo;
- V_{sd} e z são, respectivamente, a força cortante solicitante de cálculo e o braço de alavanca;
- θ e α são, respectivamente, o ângulo da biela e do tirante em relação ao eixo do elemento estrutural;

Estendendo ainda tal abordagem, a Figura 39 a seguir apresenta graficamente a decalagem de um elemento estrutural genérico. O valor máximo de cortante utilizado na equação anterior foi obtido por meio do valor máximo de cortante encontrado no Apêndice G. A decalagem do diagrama de força no banzo tracionado encontra-se por sua vez no Apêndice K.

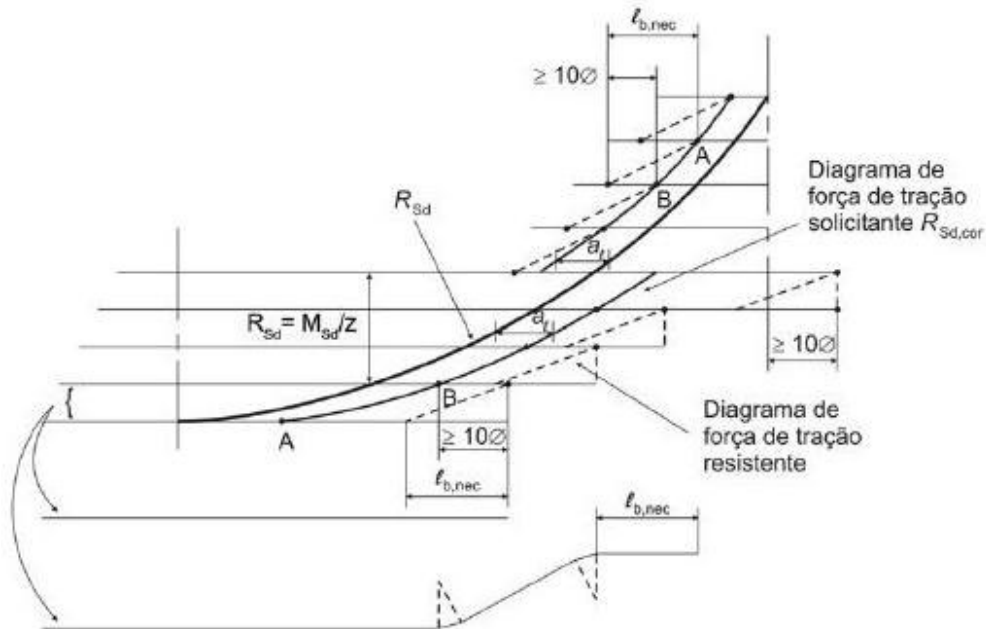


Figura 39. Decalagem de força no banzo tracionado de uma viga (NBR-6118, 2003).

CAPÍTULO IV – MESOESTRUTURA

5.1 *Solicitações na Mesoestrutura*

As solicitações atuantes nos elementos estruturais constituintes da mesoestrutura são classificados quanto a direção de atuação, em verticais e horizontais. As solicitações horizontais ainda podem ser subdivididas em transversais e longitudinais, em relação ao eixo da ponte, como pode ser visualizada na Figura 40 a seguir.

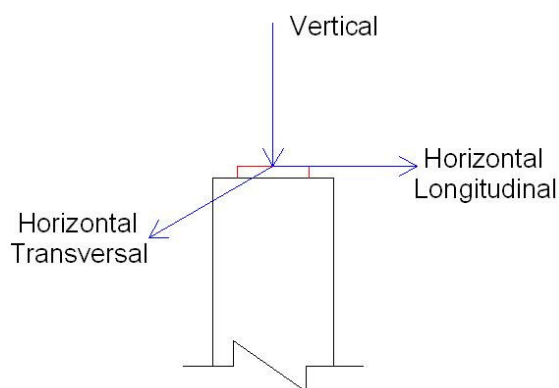


Figura 40. Solicitações nos elementos constituintes da mesoestrutura.

4.1.1 *Solicitações Verticais*

As solicitações verticais atuantes na mesoestrutura são àquelas provenientes da superestrutura (cargas móveis, peso próprio dos elementos acessórios e estruturais, barlavento e sotavento, lajes de acesso) acrescidas das solicitações devido ao peso próprio dos elementos da mesoestrutura (encontros e blocos de coroamento).

As solicitações discutidas anteriormente encontram-se nos Apêndices A e M.

4.1.2 *Solicitações Horizontais Transversais*

Serão discutidas neste ponto as solicitações horizontais transversais presentes nos elementos estruturais da mesoestrutura, tais como: ação dinâmica da água e ação do vento⁹. As solicitações discutidas neste tópico encontram-se no Apêndice L.

⁹ Ainda existem os efeitos referentes a ação da força centrífuga e ação de impacto lateral. O primeiro efeito refere-se aos casos de pontes que possuam curvatura horizontal e o segundo efeito

4.1.2.1 Ação Dinâmica das Águas

A mesoestrutura de pontes situada dentro da caixa do rio fica sujeita a solicitações horizontais devido a atuação da ação dinâmica das águas. Segundo a NBR-7187 (2003) a pressão da água em movimento sobre os blocos de transição e demais elementos da fundação é definida pela seguinte relação:

$$p = k.v_a^2$$

Onde

- p é a pressão estática equivalente, em kN/m²;
- v_a é a velocidade da água em movimento, em m/s;
- k é um coeficiente adimensional que depende da seção transversal e do ângulo de incidência da água no bloco de coroamento.

No caso de seção retangular e ângulo de incidência de 90°, a NBR-7187 (2003) especifica um coeficiente k de 0,71. A velocidade do curso d'água (v_a), conforme o exposto na seção 2.3.6, foi de 3,48 m/s. Portanto, a pressão de água (p) em cada bloco de coroamento foi de 8,60 kN/m².

A consideração da pressão da água em todos os blocos de coroamento da mesoestrutura foi devido a possibilidade de ocorrência de erosão nos taludes e fundo do canal conforme discutido na seção 2.3.6.

4.1.2.2 Ação do Vento

Os blocos de coroamento da mesoestrutura estão sujeitos a solicitações devido à ação de vento de arrasto atuante no elemento bem como àquela parcela proveniente da superestrutura. Conforme discutido na seção 3.3.2.2 o vento de arrasto proveniente da superestrutura obtido foi de 0,86 kN/m (Apêndice A) atuando nos 50 m da ponte. Por outro lado o efeito do vento de arrasto aplicado diretamente na mesoestrutura foi desprezível.

4.1.3 Solicitações Horizontais Longitudinais

Serão discutidas neste ponto as solicitações horizontais longitudinais presentes nos elementos estruturais da mesoestrutura, tais como: efeitos de frenagem e aceleração de

ocorre apenas em pontes ferroviárias. Tais efeitos não foram considerados, pois a ponte estudada é rodoviária e não possui curvatura horizontal apesar de se situar em uma das curvas da rodovia.

veículos; atrito nos apoios; e empuxo de terra e sobrecarga nos elementos estruturais que arrimam os aterros de acesso¹⁰.

As solicitações discutidas neste tópico encontram-se no Apêndice L.

4.1.3.1 Efeitos de Frenagem e Aceleração de Veículos

Dado que pela 2ª Lei de Newton a força de aceleração resultante de um veículo (F_R) é proporcional ao produto de sua massa (m) pela sua aceleração (a), assim $F_R = m \cdot a$. Pode-se escrever também o peso do veículo (P) como o produto entre a sua massa (m) e a aceleração da gravidade (g), assim $P = m \cdot g$. Desta forma tem-se que a massa do veículo (m) pode ser escrita da seguinte forma: $m = P/g$. Portanto, substituindo a última equação obtida naquela apresentada por Newton tem-se que: $F_R = P \cdot a/g$. Percebe-se assim que a força de aceleração ou frenagem (F_R) é um percentual (a/g) do peso do veículo-tipo.

Partindo desta premissa, a NBR-7187 (2003) especifica que o efeito de frenagem e aceleração aplicado no tabuleiro da ponte, sendo transferido para os aparelhos de apoio, deve ser considerado como uma fração da carga móvel não minorada do coeficiente de impacto vertical φ . Esta consideração, para pontes rodoviárias, é obtida da relação a seguir:

$$F_{fren,multidão} = 5\% \cdot p \cdot S$$

$$F_{fren,veículo-tipo} = 30\% \cdot P$$

Onde

- $F_{fren,multidão}$ e $F_{fren,veículo-tipo}$ são, respectivamente, as forças de frenagem e aceleração da multidão de veículo e do veículo-tipo, em kN;
- p é o carregamento móvel de multidão de veículos no tabuleiro, em kN/m²;
- S é a área em planta do tabuleiro da ponte excluído os passeios, em m².
- P é a carga total do veículo-tipo não minorada do coeficiente de impacto vertical.

Das relações apresentadas pela norma, verifica-se que esta considera que para 5% e 30% da relação a/g tem-se as acelerações 0,5 m/s² e 3 m/s², respectivamente. Destaca-se que deve-se utilizar o maior valor obtido das relações anteriores.

¹⁰ Neste trabalho não foram considerados os efeitos de retração, variação de temperatura; deformação lenta e imediata do concreto. Ressalta-se que os efeitos de deformação lenta e imediata do concreto somente existem em obras de concreto protendido.

No caso estudado o carregamento móvel de multidão foi de 5 kN/m², a largura da ponte excluindo os passeios foi de 13,20 m e o vão de 50 m, obteve-se assim a carga de frenagem e aceleração de 165 kN.

4.1.3.2 Atrito nos Apoios

O atrito entre o topo dos pilares e os aparelhos de apoio provocam solicitações horizontais nos primeiros. Segundo Almeida (1986), a força horizontal no aparelho de apoio está relacionada com a força vertical proveniente do tabuleiro da seguinte forma:

$$H = f \cdot N$$

Onde

- H é a força horizontal longitudinal devido ao atrito nos apoios, em kN;
- f é o coeficiente de atrito no aparelho de apoio;
- N é a reação vertical de carga permanente + carga móvel sem o coeficiente de impacto φ , em kN.

O coeficiente de atrito (f) é característico para cada tipo de aparelho de apoio, sendo assim, para aparelhos do tipo rolamento (em geral metálicos) adota-se o coeficiente f igual a 3%. Já para aparelhos de apoio tipo deslizamento, a transferência de força horizontal é maior do que para os similares do tipo rolamento, variando nos casos de aparelhos de neoprene entre 4% e 4,5%. Para tanto, no presente trabalho foram adotados aparelhos de apoio tipo deslizamento de neoprene fretado, localizados nos contatos viga-bloco de coroamento. Tal escolha será tratada em pormenores no item 4.2 referente ao dimensionamento dos aparelhos de apoio.

4.1.3.3 Empuxo de Terra e de Sobrecarga

A ação proveniente do maciço terroso provoca um empuxo de terra nas obras em contato, sendo que no caso de pontes isto ocorre principalmente nos encontros, pilares e fundações devido a saia de aterro de acesso a ponte. Segundo Almeida (1986), nas pontes tangentes em viga contínua já em tráfego, as solicitações devidas ao empuxo de terra nos encontros são auto-equilibrantes, ou seja, não há transferência de solicitações desta natureza para a mesoestrutura. Contudo, nos casos de pontes em viga contínua esconsa já em tráfego, a mesoestrutura fica sujeita às solicitações horizontais provenientes dos aterros de acesso.

Nas pontes ou viadutos cujos apoios extremos são constituídos por encontros, os elementos centrais não são submetidos aos empuxos de terra, pois o arrimo dos acessos é efetuado pelos próprios encontros. Desta forma, como apresentado na Figura 41 a seguir, dentre os blocos componentes da mesoestrutura, o efeito de empuxo de terra somente foi considerado naqueles que são extremos.

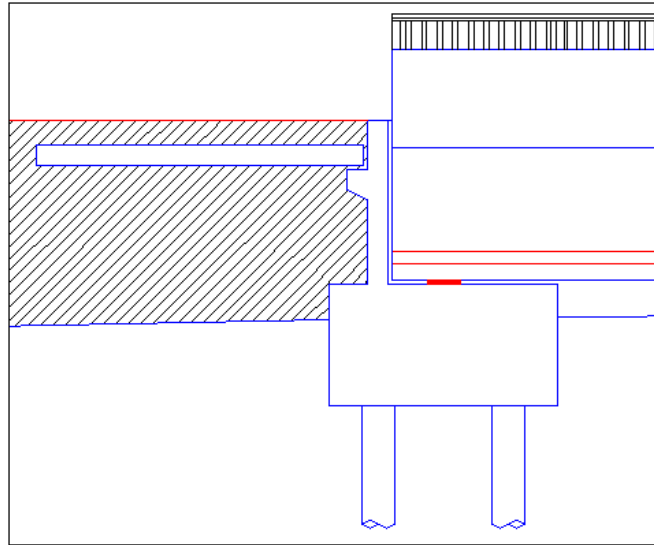


Figura 41. Encontro + bloco de coroamento localizado na extremidade do tabuleiro.

As teorias clássicas que abordam a determinação de empuxo de terra, são aquelas desenvolvidas por Coulomb em 1773 e Rankine em 1856. Todavia, a abordagem de Coulomb se diferencia da abordagem de Rankine no que tange a consideração do atrito entre o terraplino e a superfície que arrima o solo abordada pelo primeiro (Almeida, 1986).

A NBR-7187 (2003) permite que se considere, para efeito de cálculo do empuxo, que o solo não tenha coesão e que não exista atrito entre o terreno e a estrutura, desde que tal consideração seja a favor da segurança. Para tanto, no presente trabalho, foi considerada a abordagem de Rankine para a determinação de empuxo de terra nos encontros e blocos de coroamento da ponte. Ainda sobre a referida norma, esta permite que se considere apenas o caso de empuxo ativo, pois esta é a situação mais desfavorável. O empuxo passivo só é levado em conta se houver garantia de que ele atue em toda vida útil da obra.

Segunda a teoria de Rankine, o empuxo ativo é definido por:

$$E_a = K_a \cdot \gamma_s \cdot h$$

Onde

- E_a é o empuxo ativo do maciço terroso, em kN/m²;

- γ_s é o peso específico do solo, em kN/m³;
- h é a altura de solo, em m;
- K_a é o coeficiente de empuxo ativo, adimensional.

Sendo o coeficiente de empuxo ativo determinado da seguinte forma:

$$K_a = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right), \text{ para solos não-coesivos.}$$

Onde

- ϕ é o ângulo de atrito do solo, em graus.

A sobrecarga que provoca um empuxo adicional é proveniente da carga móvel que está sobre a laje de acesso. Este empuxo é transferido como carga uniforme da seguinte forma:

$$E_{sob} = K_a \cdot q_{sob}$$

Onde

- E_{sob} é o empuxo de sobrecarga, em kN/m²;
- K_a é o coeficiente de empuxo ativo, adimensional;
- q_{sob} é a carga de sobrecarga, em kN/m².

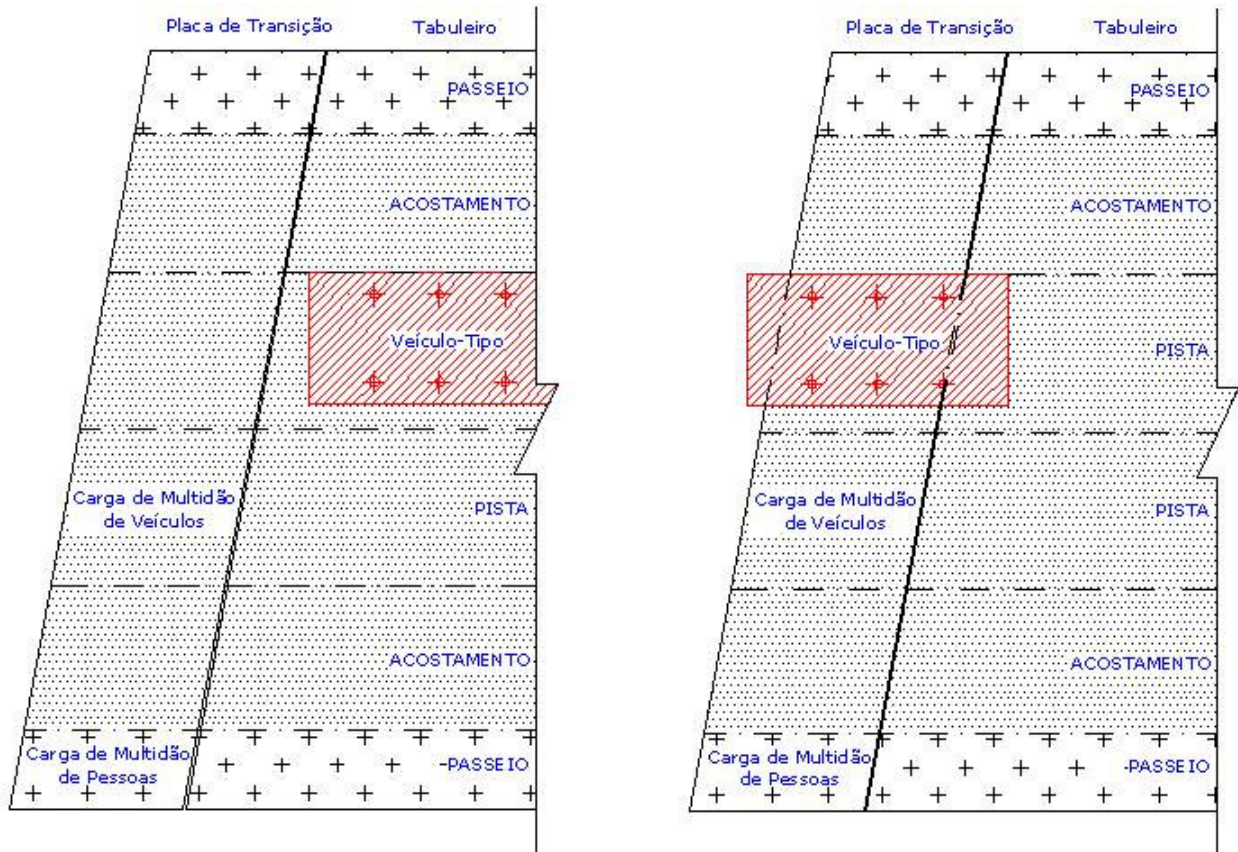
Como somente existe um veículo-tipo, duas situações de cálculo são determinantes:

- Veículo-tipo no tabuleiro (Figura 42a);
- Veículo-tipo na laje de acesso (Figura 42b);

Deve-se desta forma combinar o empuxo de sobrecarga com os efeitos de frenagem e aceleração da seguinte forma:

- Empuxo de sobrecarga devido a carga de multidão + Efeito de frenagem e aceleração do veículo-tipo;
- Empuxo de sobrecarga devido ao veículo-tipo sob a laje de acesso + Efeito de frenagem e aceleração da carga de multidão.

Neste trabalho ainda foram utilizados os valores limites prescritos pela NBR-7187 (2003), no que concerne a peso específico e ângulo de atrito interno do solo, ou seja, solo arenoso com peso específico de 18 kN/m³ e ângulo de atrito interno igual a 30°.



a) Veículo-tipo no tabuleiro.

b) Veículo-tipo na placa de transição.

Figura 42. Determinação de empuxo de sobrecarga (tabuleiro em planta).

4.2 Aparelhos de Apoio

Os aparelhos de apoio são dispositivos que tem a função de transmitir as solicitações da superestrutura à mesoestrutura ou à infraestrutura, bem como permitir os movimentos relativos longitudinais e rotações da superestrutura. Os movimentos longitudinais da superestrutura são devidos principalmente à retração e/ou fluência do concreto. As rotações são motivadas pelas deflexões provocadas pela carga permanente e pela carga móvel.

Os tipos de aparelhos de apoio podem ser classificados quanto ao material de confecção e quanto ao grau de liberdade. Quanto ao material de confecção estes podem ser de aço, concreto e borracha sintética¹¹. Os aparelhos de apoio são classificados mais usualmente quanto ao seu grau de liberdade, ou seja, são chamados de fixos quando apresentam apenas

¹¹ Aparelhos de apoio de madeira podem ser encontrados em pontes antigas.

um grau de liberdade (rotação) e de móveis quando apresentam dois graus de liberdade (rotação e deslocamento horizontal).

Os aparelhos fixos são muitas vezes denominados de articulações, podendo ser metálicos ou de concreto. Dentre as articulações de concreto, a mais utilizada é o tipo Freyssinet, pois esta possui baixo custo, facilidade de execução e ainda dispensa conservação. Como pode ser visualizado na Figura 43, este tipo de articulação consiste na redução da seção de concreto da peça a articular, devendo por sua vez trabalhar com tensões elevadas, pois a plastificação da articulação é desejável. Segundo DNIT (2004) não é necessária e nem recomendável a utilização de barras de aço neste tipo de articulação, pois pode-se acarretar em uma perturbação da região e redução de sua efetividade.

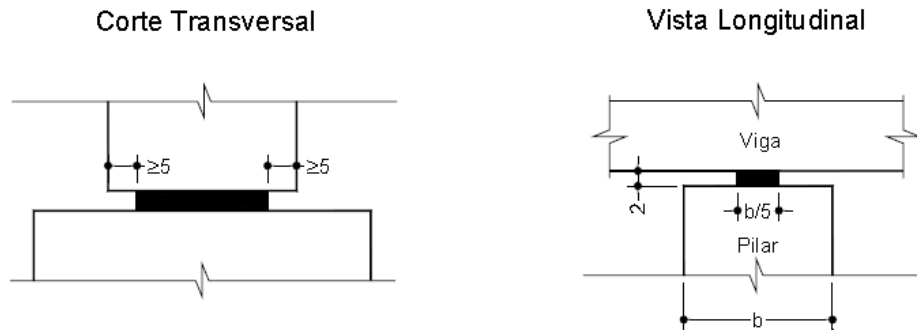


Figura 43. Articulação do tipo Freyssinet, dimensões em cm (DNIT, 2004).

Os aparelhos móveis podem ser de deslizamento, rolamento, pendulares ou elastoméricos. Dentre os aparelhos móveis se destacam: rolos metálicos e de elastômero fretado. Os rolos metálicos (Figura 44) atualmente estão em desuso devido ao seu elevado custo, dificuldade de montagem e necessidade de conservação devido a possibilidade de corrosão.

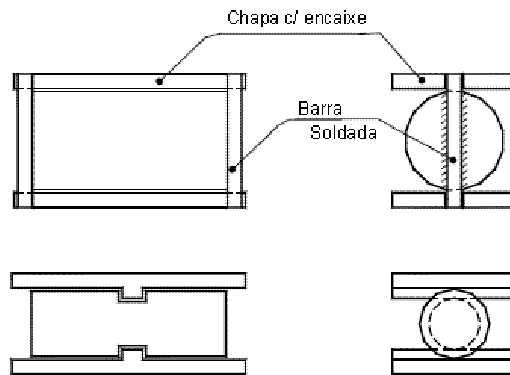


Figura 44. Aparelho de apoio do tipo rolo metálico (DNIT, 2004).

Atualmente, os aparelhos de apoio mais utilizados em pontes de concreto armado são os aparelhos de elastômero fretado (ou neoprene fretado), pois possuem facilidade de montagem, baixo custo quando comparado aos metálicos, permitem a rotação e translação relativas nas três direções, possuem inércia química, propiciam o amortecimento de efeitos dinâmicos e tem elevada resistência à compressão. Devido tais vantagens decidiu-se utilizar os aparelhos de neoprene no presente trabalho.

A Tabela 41 apresenta as propriedades dos aparelhos de apoio de neoprene, bem como os valores admissíveis com as respectivas tolerâncias e propriedades extraídas de Almeida (1986) e NBR-9783 (1987).

Tabela 41. Propriedades de aparelhos de apoio de neoprene extraídos de Almeida (1986) e NBR-9783 (1987).

Característica	Valores especificados e tolerâncias
¹² Dureza SHORE A	60 ± 5
Tensão de ruptura à tração	≥ 12 MPa
Alongamento de ruptura à tração	≥ 350 %
Deformação permanente a compressão	≤ 25 %
Coefficiente de Poisson (ν_N)	0,50
Módulo de deformação longitudinal (E_N)	2,4 a 3,0 MPa
Módulo de deformação transversal (G_N)	0,8 a 1,0 MPa

Conforme pode ser observado nas Figuras 45, 46 e 47, os aparelhos de apoio de neoprene permitem a liberdade relativa tanto a deslocamento horizontal quanto à rotação.

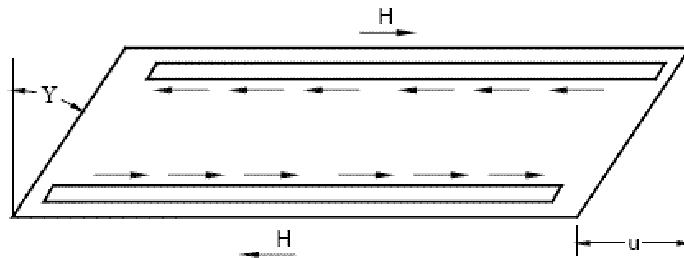


Figura 45. Comportamento do neoprene fretado ao cisalhamento (NBR-9783, 1987).

¹² Dureza SHORE A é aquela medida pela profundidade de penetração de uma agulha no material, em uma escala de 0 a 90, conforme Almeida (1986).

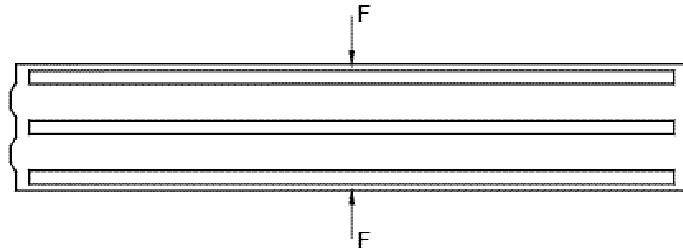


Figura 46. Comportamento do neopreno frettado à compressão (NBR-9783, 1987).

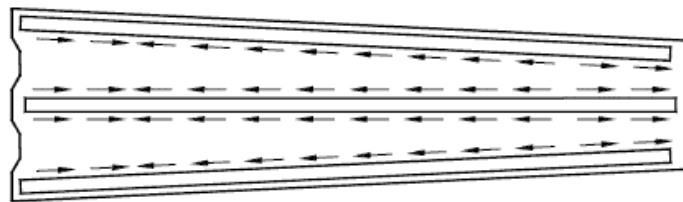


Figura 47. Comportamento do neopreno frettado à rotação (NBR-9783, 1987).

Após esta breve explanação sobre alguns dos tipos de aparelho de apoio¹³ e suas particularidades, em destaque os de neoprene, segue-se a apresentação do pré-dimensionamento dos aparelhos de apoio das longarinas escolhidos no presente projeto. No item referente aos encontros será abordado em detalhes os aparelhos de apoio das lajes de acesso.

4.2.1 Pré-dimensionamento dos Aparelhos de Apoio das Longarinas

O dimensionamento de aparelhos de neoprene é essencialmente baseado na limitação das tensões cisalhantes que se desenvolvem no elastômero ao nível dos planos de frettagem (Figuras 45, 46 e 47). As tensões cisalhantes são provocadas pelas deformações e tensões normais impostas. Sabendo que a área em planta do aparelho de apoio (S) pode ser escrita em função da tensão normal ao seu plano médio (σ_N) e da solicitação normal (N) respectiva a esta tensão, então:

¹³ Devido a importância dos aparelhos de apoio discutidos no presente trabalho, outros não foram mencionados, tais como: os pendulares, as chapas deslizantes, o tipo Mesnager, etc.

$$S = \frac{N}{\sigma_N}$$

Desta forma pode-se fixar uma tensão normal limite máxima (σ_N^{\max}) e a partir da solicitação normal máxima (N_{\max}) obter a área mínima necessária (S_{\min}), assim:

$$S_{\min} = \frac{N_{\max}}{\sigma_N^{\max}}$$

O Boletim nº 4 do SETRA^{14,15} (1974) descrito por Almeida (1986) recomenda que a tensão máxima deve ser adotada como 10MPa. Partindo deste valor recomendado, foram determinadas taxas de comparação de áreas (áreas mínimas) de neoprene para as cinco vigas em cada bloco de coroamento. As áreas mínimas necessárias foram 0,11m² para os blocos extremos e 0,33m² para o bloco intermediário.

Um critério que normalmente é utilizado, é que a menor dimensão (a) em planta do aparelho de neoprene representa 75% da maior dimensão (b), esta última foi fixada a fim de se encontrar a primeira a partir da área mínima (S_{\min}). Desta forma, as dimensões finais em planta foram as seguintes:

- Blocos extremos: 600 mm x 450 mm e área de 270000 mm²;
- Bloco intermediário: 700 mm x 550 mm e área de 385000 mm².

Para o pré-dimensionamento da espessura do aparelho de neoprene, foi utilizado os valores apresentados pela Tabela 42.

Tabela 42. Relação entre a espessura da chapa de fretagem e altura da camada de elastômero (NBR-9783, 1987).

Espessura da camada de elastômero	Espessura mínima das chapas de fretagem
$t \leq 5$ mm	2 mm
5 mm $< t \leq 10$ mm	3 mm
10 mm $< t \leq 15$ mm	4 mm

¹⁴ Service D'Etudes Techniques de Routes et Autoroutes de Ministère de L'équipement de France (1974).

Adotando uma espessura média de elastômero de 11 mm, para um aparelho de neoprene de 4 camadas e espessura das chapas de fretagem de 4 mm, bem como as camadas de elastômero de bordo de 3 mm, obteve-se uma altura total de aparelho de apoio para o pré-dimensionamento de 70 mm. Estes resultados podem ser visualizados no Apêndice M.

4.3 Distribuição das Solicitações Horizontais na Mesoestrutura

Após a determinação das ações horizontais no estrado da ponte (frenagem e aceleração, ação do vento, entre outros) e do pré-dimensionamento dos aparelhos de apoio, deve-se determinar a rigidez de cada conjunto bloco-neoprene para se distribuir facilmente tais ações para cada conjunto e assim para cada bloco de coroamento a fim de se transmitir estas ações para as fundações e conseqüentemente para o solo. Para um melhor entendimento serão discutidos a rigidez dos aparelhos de apoio e dos blocos de coroamento, distribuição das ações horizontais longitudinais e distribuição das ações horizontais transversais separadamente. Os resultados discutidos neste item encontram-se no Apêndice N.

4.3.1 Rigidez dos Aparelhos de Apoio e dos Blocos de Coroamento

Neste ponto faz-se necessário discutir de que forma ocorre a distribuição das solicitações provenientes do tabuleiro para os blocos. Para tanto, é necessário introduzir os conceitos de rigidez e flexibilidade. A flexibilidade (f) de um elemento estrutural pode ser definida como o valor do deslocamento (δ) no topo deste quando aplicada uma força horizontal unitária (F) no ponto em que surge tal deslocamento. Por outro lado, a rigidez (K) de um elemento estrutural é o valor da força horizontal aplicada (F) no topo deste que produz um deslocamento unitário (δ) neste mesmo ponto. Desta forma, pode-se dizer que a rigidez (K) é o inverso da flexibilidade (f). A Figura 48 a seguir apresenta o conceitos aqui discutidos.

¹⁵ Destaca-se que o Boletim nº 4 do SETRA não é aplicável às pontes ferroviárias.

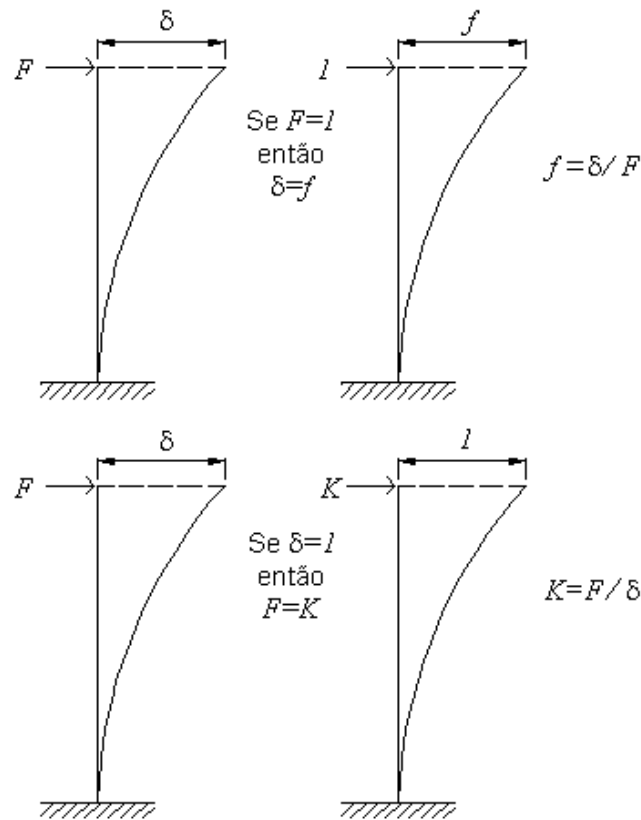


Figura 48. Conceitos de flexibilidade (f) e rigidez (K).

Pode-se aplicar o conhecido Método das Forças para se determinar a rigidez nos blocos de coroamento da ponte estudada. Admitindo que os blocos de coroamento tem inércia constante e são engastados na base e livres no topo tem-se a seguinte relação:

$$K_B = \frac{3E_{cs} \cdot I}{H^3}$$

Onde:

- K_B é a rigidez do bloco de coroamento, em MN/m;
- E_{cs} é o módulo de elasticidade secante do concreto, em MPa;
- I é o momento de inércia, em m^4 .
- H é a altura do bloco de coroamento, em m.

Destaca-se que para o momento de inércia referente a força aplicada na direção horizontal longitudinal ao eixo da ponte (transversal ao bloco) tem-se:

$$I_{long} = \frac{L \cdot l^3}{12}$$

O momento de inércia referente a força aplicada na direção horizontal transversal ao eixo da ponte (longitudinal ao bloco) tem-se:

$$I_{trans} = \frac{l \cdot L^3}{12}$$

Onde:

- L e l são, respectivamente, o comprimento e a largura do bloco de coroamento.

Fez-se necessário também determinar a rigidez dos aparelhos de neoprene. A Figura 49 esclarece o raciocínio, onde F é a força aplicada, h é a altura do aparelho de neoprene, f e γ são o deslocamento e a distorção gerados.

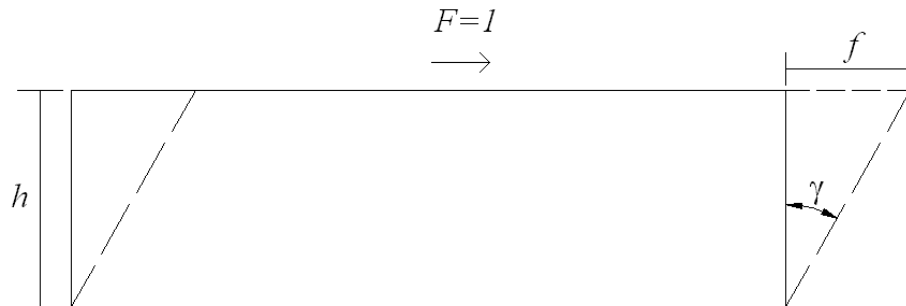


Figura 49. Determinação da rigidez (K) e flexibilidade (f) dos aparelhos de neoprene.

Da Resistência dos Materiais tem-se que a tensão cisalhante socilitante (τ) no aparelho de neoprene (Figuras 45 e 49) pode ser escrita como:

$$\tau = G_N \cdot \gamma$$

Onde:

- G_N é o módulo de cisalhamento do neoprene;
- γ é a distorção imposta pelas solicitações.

Para deformações infinitesimais pode-se afirmar que $tg\gamma \approx \gamma$, portanto da Figura 49 tem-se que $\gamma = f/h$. Substituindo a expressão de distorção na expressão de tensão cisalhante tem-se:

$$\tau = G_N \cdot \frac{f}{h}$$

Como $\tau = F/S$ pode-se substituir novamente e obter a flexibilidade (f_N) e a rigidez (K_N) do neoprene:

$$f_N = \frac{h}{G_N \cdot S}$$

$$K_N = \frac{G_N \cdot S}{h}$$

Onde S é a área em planta do aparelho de neoprene.

Com a determinação da rigidez dos blocos de coroamento (K_B) e dos aparelhos de apoio (K_N) pode-se determinar a rigidez do conjunto ($K_{conjunto}$). Partindo-se do princípio de que o deslocamento do conjunto é igual a soma do deslocamento do bloco com o deslocamento do aparelho de neoprene, a flexibilidade do conjunto ($f_{conjunto}$) é:

$$f_{conjunto} = f_B + f_N$$

Então a rigidez do conjunto pode ser obtido da seguinte forma:

$$\frac{1}{K_{conjunto}} = \frac{1}{K_B} + \frac{1}{K_N} \quad \text{ou} \quad K_{conjunto} = \frac{1}{(1/K_B) + (1/K_N)}$$

4.3.2 Distribuição das Solicitações Horizontais Longitudinais

A princípio considera-se que o tabuleiro da ponte é infinitamente rígido, isto é, quando uma força (F_L) é aplicada na direção longitudinal nenhuma deformação é verificada. Desta forma, pode-se dizer que os deslocamentos locais (δ_i) são iguais ao deslocamento total (δ_{total}), assim:

$$\delta = \frac{F_L}{K_{L,total}} = \frac{F_{L,i}}{K_{L,i}}$$

Onde:

- $F_{L,i}$ e F_L são, respectivamente, a forças longitudinais locais;
- $K_{L,total}$ e $K_{L,i}$ são, respectivamente, a rigidez total e local.

Lembrando que $K_{L,total} = \sum K_{L,i}$ então a força horizontal longitudinal ($F_{L,i}$) em cada bloco de coroamento pode ser obtida da seguinte forma:

$$F_{L,i} = \frac{K_{L,i}}{\sum K_{L,i}} \cdot F_L = \frac{K_{L,i}}{K_{L,total}} \cdot F_L = \mu_{L,i} \cdot F_L$$

Onde $\mu_{L,i}$ é o coeficiente de distribuição de força horizontal longitudinal para cada bloco de coroamento i .

4.3.3 Distribuição das Solicitações Horizontais Transversais

Para se discutir sobre a distribuição das solicitações horizontais na direção transversal ao eixo da ponte estudada, deve-se previamente apresentar o conceito de centro elástico. Pode-se definir o centro elástico de uma infraestrutura como o centro de gravidade das rigezas $K_{T,i}$ de cada conjunto bloco-neoprene i , correspondendo portanto ao ponto de aplicação da rigidez total $K_{T,total}$.

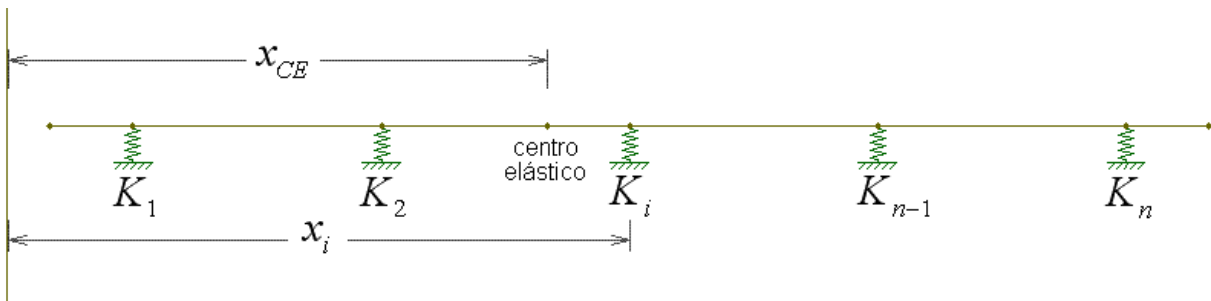


Figura 50. Determinação do centro elástico de uma infraestrutura.

A partir da Figura 50 tem-se que:

$$x_{CE} = \frac{\sum K_{T,i} \cdot x_i}{K_{T,i}}$$

Onde x_{CE} e x_i são, respectivamente, a abscissa do centro elástico e a distância do bloco de coroamento i à origem.

Estendendo ao conjunto bloco-neoprene tem-se:

$$x_{CE} = \frac{\sum K_{T,conjunto} \cdot x_i}{K_{T,conjunto}}$$

Onde $K_{T,conjunto}$ é a rigidez do conjunto bloco-neoprene.

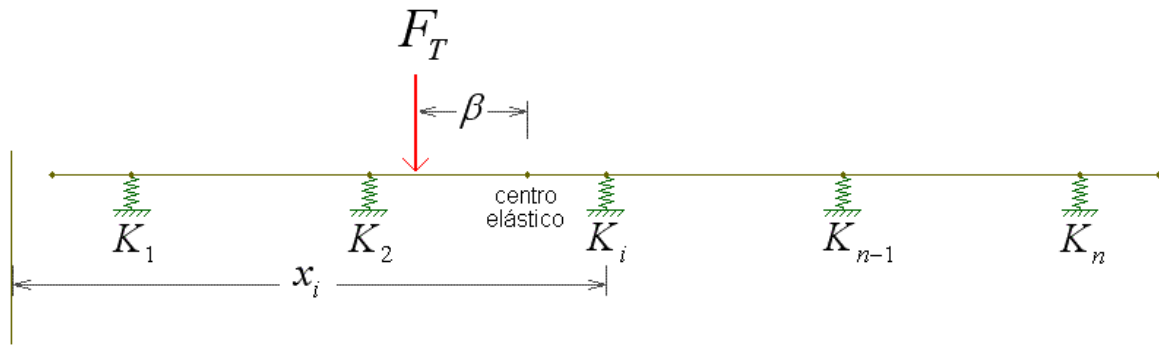


Figura 51. Equilíbrio de forças de uma infraestrutura.

Da Figura 51 pode-se fazer o equilíbrio de forças para uma força transversal (F_T) a uma distância β do centro elástico e partindo do pressuposto que o estrado da ponte tem rigidez infinita, pode-se dizer que a deformada deste é uma reta. Assim, dado que os deslocamentos δ_i tem a equação de uma reta, é possível se chegar a seguinte equação:

$$F_{T,i} = F_T \cdot K_{T,conjunto} \left(\frac{1}{\sum K_{T,conjunto}} \pm \frac{\beta \cdot x_{i,CE}}{\sum K_{T,conjunto} \cdot x_{i,CE}^2} \right)$$

Onde:

- F_T é a força horizontal transversal total;
- $K_{T,conjunto}$ é a rigidez bloco-neoprene;
- β é a distância da força aplicada F_T ao centro elástico;
- $x_{i,CE}$ é a distância do bloco de coroamento i ao centro elástico.

Dado que as solicitações transversais ao eixo da ponte no presente trabalho são a ação do vento proveniente da superestrutura e a ação dinâmica da água, sendo que a última estava aplicada diretamente aos blocos, somente a primeira foi distribuída. Assim sendo, a carga de vento total de cálculo encontrada foi de 1,20 kN/m e para facilitar a distribuição, esta foi concentrada nos dois vãos de 25m da ponte, sendo desta forma calculada as forças transversais aos blocos devido a estas forças aplicadas.

4.4 Verificação dos Aparelhos de Apoio das Longarinas

A verificação dos aparelhos de apoio se dá através da limitação das tensões normais de compressão aplicadas nestes (máximas e mínimas), da verificação das tensões cisalhantes que surgem nos planos de fretagem (normal, distorção e rotação), da limitação de altura do aparelho

de apoio (máxima e mínima) e da verificação das chapas de fretagem às tensões trativas. A seguir pode ser apreciado em detalhes cada tipo de verificação, bem como os resultados que constam no Apêndice O.

4.4.1 Limitação das Tensões Normais de Compressão nos Aparelhos de Apoio

Segundo o Boletim nº 4 do SETRA (1974) citado por Almeida (1986), deve-se limitar as tensões normais de compressão nos aparelhos de neoprene a um limite máximo em torno de 10 MPa a 15 MPa. Desta forma, a partir da relação $a \cdot b = S_{\text{adotado}} = N_{\text{max}} / \sigma_N^{\text{max}}$, pode-se verificar se as dimensões adotadas (a e b) são suficientes para o suportar o limite imposto de tensão.

Ressalta-se que no item 4.2.1, referente ao pré-dimensionamento de aparelhos de apoio de neoprene, foi adotada a tensão normal de compressão máxima (σ_N^{max}) de 10 MPa para se determinar as dimensões mínimas do aparelho, necessárias para suportar tal tensão. Lembrando que as dimensões do aparelho de neoprene adotadas (a e b) são superiores às mínimas calculadas, então critério de tensão limite de compressão máxima foi satisfeito.

É recomendado também se limitar a tensão mínima de compressão aplicada no aparelho para se evitar o deslocamento da base deste em contato com a estrutura. Para tanto, as seguintes condições devem ser atendidas:

$$\sigma_N^{\text{min}} \geq 2MPa$$

$$H < f \cdot N_{\text{min}}$$

Onde

- H é a sollicitação horizontal aplicada;
- N_{min} é a sollicitação normal de compressão mínima aplicada;
- σ_N^{min} é a tensão normal de compressão aplicada respectiva a N_{min} ;
- f é o coeficiente de atrito que depende do material das faces do aparelho de apoio em que estiverem em contato com a estrutura, sendo assim tem-se:

$$f = \begin{cases} 0,12 + 0,2 / \sigma_N^{\text{min}} & (\text{chapa de aço}) \\ 0,10 + 0,6 / \sigma_N^{\text{min}} & (\text{camada de elastômero}) \end{cases}$$

Onde σ_N^{min} em MPa.

4.4.2 Verificação das Tensões Cisalhantes nos Aparelhos de Apoio

As tensões cisalhantes nos planos de fretagem dos aparelhos de neoprene surgem devido às solicitações normais compressivas, às solicitações horizontais e às rotações impostas ao aparelho. A Figura 52 apresenta uma camada de elastômero limitada pelas fretagens, sendo aplicada nesta uma solicitação normal de compressão, surgindo tensões de cisalhamento (τ_N) nos planos de fretagem.

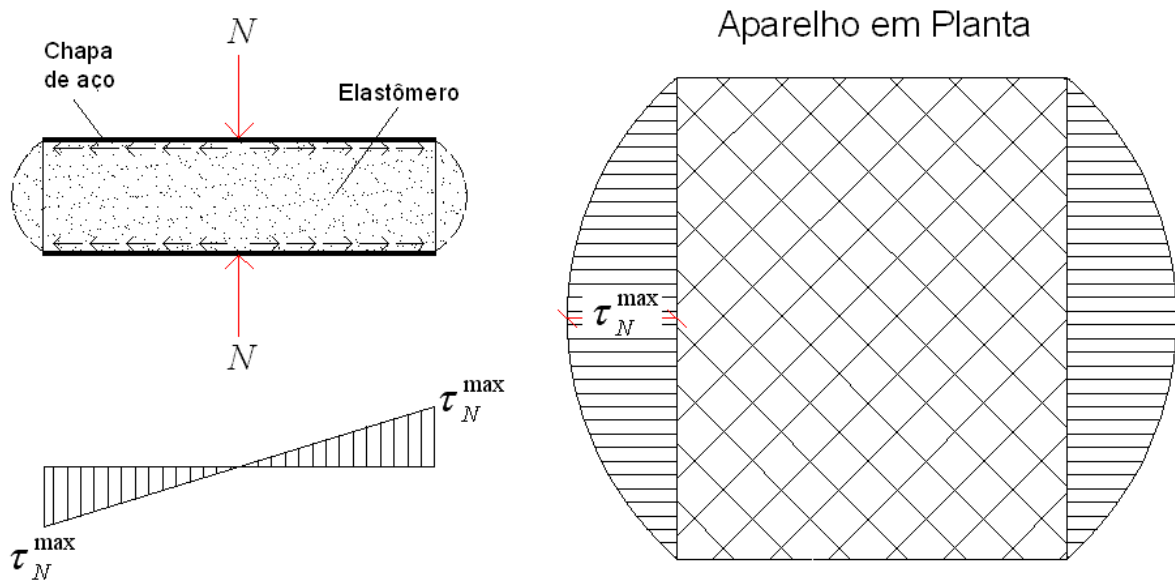


Figura 52. Camada de elastômero solicitada por compressão simples.

Da Figura 52 percebe-se também a distribuição de tensão cisalhante nos planos de fretagem, onde esta é máxima nas bordas de cada camada e no meio dos lados maiores. Levando-se em conta a distribuição de tensão hidrostática que surge nas diversas camadas do aparelho tem-se a seguinte equação:

$$\tau_N = 1,5 \frac{\sigma_N}{\beta}$$

Onde

- σ_N é a tensão normal de compressão aplicada;
- τ_N é a tensão cisalhante que surge nos planos de fretagem devido à σ_N ;
- β é um coeficiente de forma definido como:

$$\beta = \frac{a.b}{2.t(a+b)}$$

Onde

- a e b são, respectivamente, a menor e a maior dimensão do aparelho;
- t é a espessura de camada de elastômero do aparelho de neoprene.

Por fim adotando-se $\sigma_N = \sigma_N^{\max}$ tem-se que:

$$\tau_N = 1,5 \frac{\sigma_N^{\max}}{\beta}$$

A Figura 53 a seguir apresenta o caso de distorção imposta (γ) devido a uma solicitação horizontal aplicada (H), onde verifica-se que a distribuição de tensão cisalhante (τ_H) no plano de fretagem é uniforme.

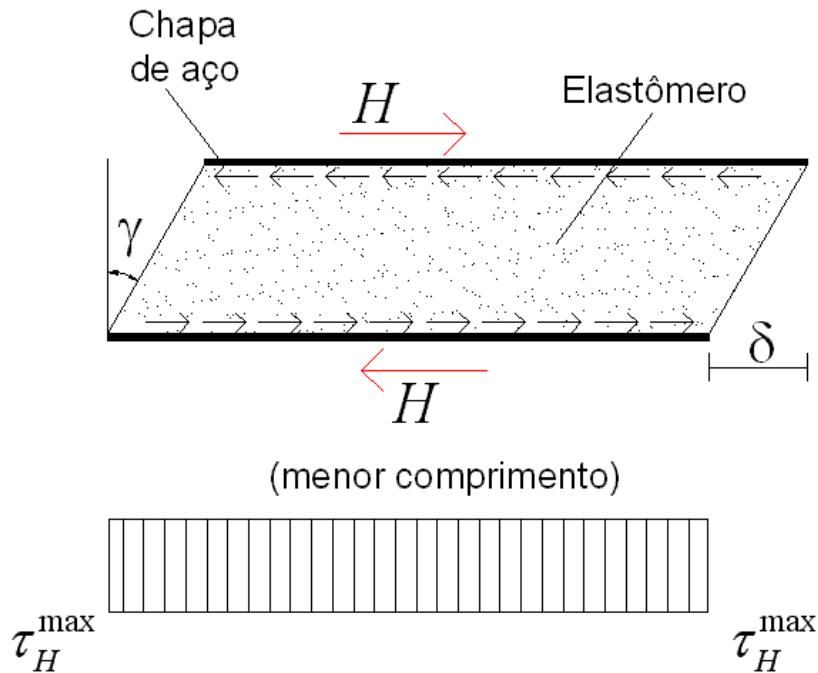


Figura 53. Camada de elastômero solicitada por ação horizontal.

Costuma-se subdividir este caso em distorção do tipo lenta e do tipo imediata. A primeira está relacionada às deformações causadas por variação térmica ou retração do concreto da estrutura em contato, a segunda por sua vez está relacionada às deformações provocadas por solicitações dinâmicas (frenagem e aceleração, ação do vento, entre outras).

Sabendo que a tensão cisalhante (τ_H) pode ser escrita em função da distorção imposta (γ), ou seja, $\tau_H = G_N \cdot \gamma$, e que em geral o módulo de cisalhamento para a solicitação estática

($G_{N,lento}$) é cerca de 50% do módulo de cisalhamento para solicitação dinâmica ($G_{N,mediato}$) para uma mesma tensão aplicada, então, a distorção imediata ou dinâmica ($\gamma_{mediato}$) é a metade da distorção lenta ou estática (γ_{lento}).

Do exposto pode-se definir que a tensão cisalhante total devido a solicitação horizontal ($\tau_{H,total}$) tem a seguinte relação:

$$\tau_{H,total} = \tau_{H,lento} + \frac{\tau_{H,mediato}}{2} = \frac{H_{lento}}{a \cdot b} + \frac{H_{mediato}}{2 \cdot a \cdot b} = \frac{2 \cdot H_{lento} + H_{mediato}}{a \cdot b}$$

Onde

- $\tau_{H,total}$ é a tensão cisalhante total devido a solicitação horizontal;
- H_{lento} e $H_{mediato}$, são, respectivamente, a as solicitações horizontais lenta¹⁶ e imediata;
- $\tau_{H,lento}$ e $\tau_{H,mediato}$, são, respectivamente, a tensões cisalhantes devido a H_{lento} e $H_{mediato}$;
- a e b são, respectivamente, a menor e a maior dimensão do aparelho.

Costuma-se limitar a tensão cisalhante total ($\tau_{H,total}$) devido a solicitação horizontal em 70% do módulo de cisalhamento (G_N) do aparelho de neoprene. Assim:

$$\tau_{H,total} \leq 0,70 \cdot G_N$$

A Figura 54 a seguir apresenta o caso de rotação do aparelho de apoio de neoprene e a sua respectiva distribuição de tensões cisalhantes e normais que surgem nos planos de fretagem.

¹⁶ Como explicitado no item 4.1.3, a retração e a variação térmica do concreto não foram consideradas no presente trabalho, portanto, $H_{lento}=0$.

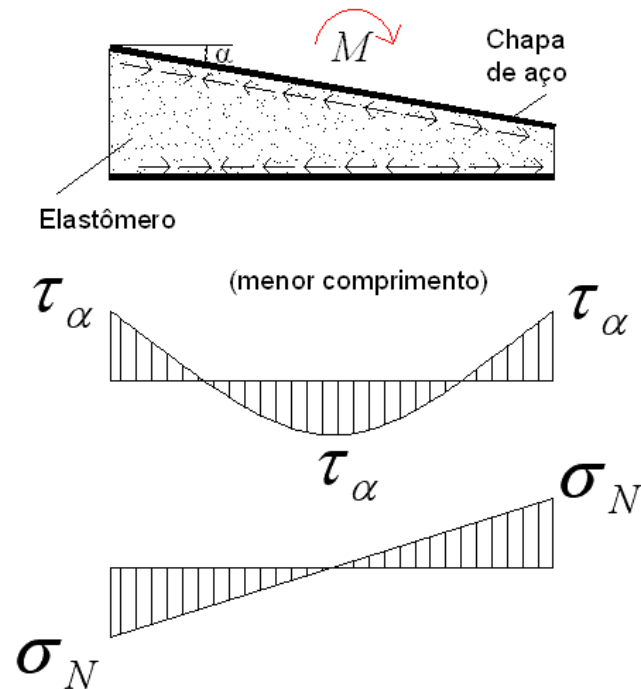


Figura 54. Camada de elastômero solicitada por rotação.

Segundo o Boletim nº 4 do SETRA (1974) citado por Almeida (1986), recomenda-se que para a obtenção das tensões cisalhantes no plano de fretagem devido a rotação deve-se utilizar a seguinte equação:

$$\tau_{\alpha} = \frac{G_N}{2} \cdot \left(\frac{a}{t}\right)^2 \cdot \frac{\alpha}{n}$$

Onde

- τ_{α} é a tensão cisalhante devido a rotação α imposta;
- G_N é o módulo de cisalhamento do aparelho de neoprene;
- a e t , são, respectivamente, a menor dimensão e a espessura de elastômero dos aparelhos de apoio;
- α é rotação imposta no aparelho de apoio;
- n é o número de camadas de elastômero no aparelho de apoio.

De modo a considerar os defeitos de paralelismo existentes entre as faces do aparelho de apoio e as superfícies da estrutura em contato com o mesmo, recomenda-se que se utilize uma rotação parasitária ou construtiva adicional (α_0). Para vigas pré-moldadas e moldadas in loco adota-se a rotação parasitária igual a 0,001 rad e 0,003 rad, respectivamente.

Do exposto tem-se:

$$\tau_{\alpha} = \frac{G_N}{2} \cdot \left(\frac{a}{t} \right)^2 \cdot \frac{\alpha_T}{n}$$

$$\alpha_T = \frac{\alpha_0 + \alpha_t}{n}$$

Onde α_T e α_t são, respectivamente, a rotação total e a rotação estrutural no aparelho, em radianos.

Recomenda-se também verificar a condição de não soerguimento ($\alpha_T \leq \alpha_{T,\text{lim}}$) do aparelho de apoio, desta forma:

$$\alpha_{T,\text{lim}} = \frac{3}{\beta} \cdot \left(\frac{a}{t} \right)^2 \cdot \frac{\sigma_N^{\text{min}}}{G_N}$$

Por fim tem-se a tensão cisalhante total (τ_{total}) da seguinte forma:

$$\tau_{\text{total}} = \tau_N + \tau_{H,\text{total}} + \tau_{\alpha} \leq 5 \cdot G_N$$

4.4.3 Limitação de Altura dos Aparelhos de Apoio

A limitação de altura de aparelhos de neoprene consiste na maior eficiência na transição de solicitação superestrutura-infraestrutura (T_{min}) e na inexistência de flambagem (T_{max}) devido a alturas exageradas dos aparelhos de apoio. Desta forma, para se atender o primeiro requisito tem-se que a altura total (T) do aparelho de neoprene deve ser maior que uma altura limite (T_{min}), assim:

$$T \geq T_{\text{min}} = \frac{x_{i,CE} \cdot \alpha_c \cdot \Delta\Theta}{0,50}$$

Onde

- T é a altura total do aparelho de neoprene;
- T_{min} é a altura mínima do aparelho de apoio;
- $x_{i,CE}$ é a distância do aparelho de neoprene i ao centro elástico;
- α_c é a coeficiente de dilatação térmica do concreto ($\alpha_c = 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$);
- $\Delta\Theta$ é o gradiente térmico, sendo que para obras de concreto armado, $\Delta\Theta = 35^\circ\text{C}$ e para obras de concreto protendido, $\Delta\Theta = 65^\circ\text{C}$.

Para se atender o segundo requisito de limitação de altura dos aparelhos de apoio, isto é, evitar-se a flambagem, tem-se que a altura total (T) do aparelho de neoprene deve ser menor que uma altura limite (T_{max}), assim:

$$T \leq T_{max} = \frac{a}{5}$$

Onde a é a menor dimensão em planta do aparelho de neoprene.

4.4.4 Verificação das Chapas de Fretagem dos Aparelhos de Apoio

As chapas de fretagem são verificadas para suportar as solicitações trativas que as mesmas ficam sujeitas devido ao surgimento de tensões cisalhantes nos planos de fretagem. A espessura das chapas de fretagem (t_s) é limitada a uma espessura ($t_{s,lim}$) para suportar tais solicitações.

Do exposto tem-se que:

$$t_s \geq t_{s,lim} = 1,4 \cdot \frac{a}{\beta} \cdot \frac{\sigma_N^{max}}{f_{yd}}$$

Onde

- t_s e $t_{s,lim}$ são, respectivamente, a espessura real e a espessura limite das chapas de fretagem do aparelho de neoprene;
- f_{yd} e σ_N^{max} são, respectivamente, a resistência de escoamento de cálculo do aço e a tensão normal de compressão máxima no aparelho de neoprene;
- β é um coeficiente de forma definido como:

$$\beta = \frac{a \cdot b}{2 \cdot t(a + b)}$$

Onde

- a e b são, respectivamente, a menor e a maior dimensão do aparelho;
- t é a espessura de elastômero entre fretagens consecutivas.

4.4.5 Dimensões Finais dos Aparelhos de Apoio das Longarinas

A Figuras 55 e 56 a seguir apresentam as dimensões dos aparelhos de neoprene sob o bloco central (B2) e sob os blocos extremos (B1=B3).

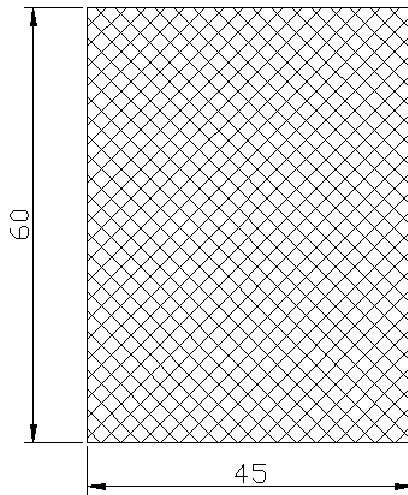


Figura 55. Dimensões dos aparelhos de neoprene fretado em planta, em cm (fora de escala).

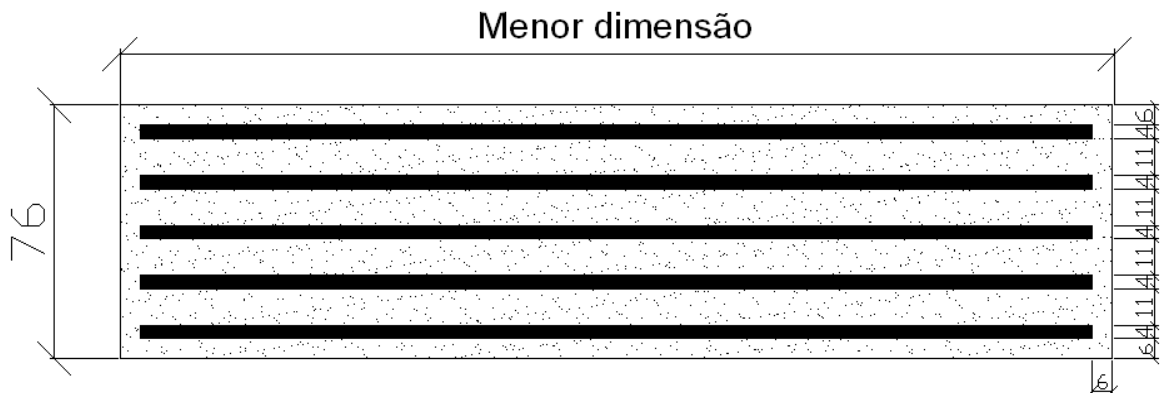
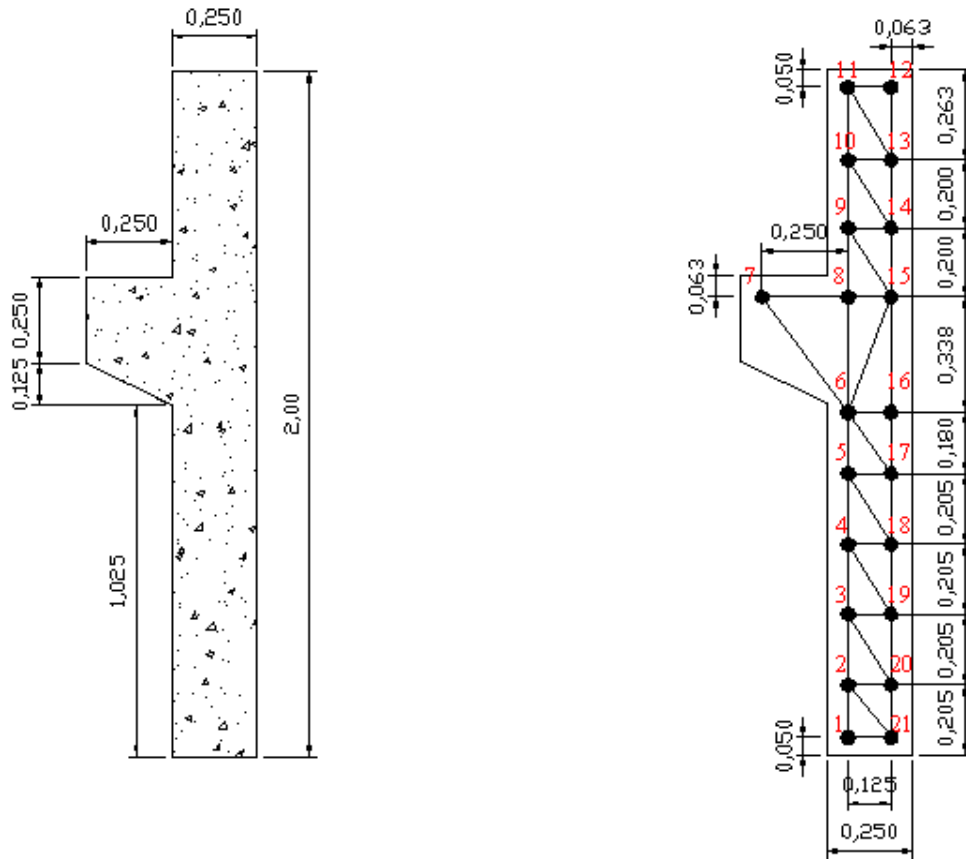


Figura 56. Aparelho de neoprene em corte na direção da menor dimensão dos blocos B1, B2 e B3, (fora de escala) fretagens de aço de 4mm intercaladas com elastômero de 11mm e revestimento final de elastômero de 6mm.

4.5 *Encontros*

Os encontros ou cortinas são os elementos que suportam as extremidades das pontes, ao mesmo tempo que arrimam os acessos rodoviários. No presente trabalho estes encontram-se engastados nos blocos extremos como pôde ser visto anteriormente na Figura 41. Este tipo de encontro é classificado como do tipo leve devido ao seu baixo custo de execução, pois as solicitações impostas pelos aterros de acesso são transferidas diretamente para as fundações. Estes ainda possuem uma consolo para o apoio das lajes de acesso. Desta forma, para facilitar

o dimensionamento de tal elemento foi utilizado um modelo de treliça como pode ser visualizado na Figura 57.



a) Encontro e respectivas dimensões em m.

b) Modelo de treliça utilizado.

Figura 57. Seção transversal do encontro: a) dimensões em metros e b) modelo de treliça.

Para a modelagem foram utilizadas as recomendações da NBR-6118 (2003) no que tange aos ângulos das bielas de elementos lineares. Desta forma, quando foi possível, procurou-se fixar os ângulos das bielas no intervalo estipulado pela referida norma, isto é, $30^\circ \leq \theta_s \leq 45^\circ$.

Segundo a NBR-6118 (2003) o consolos, vigas-parede, pilares-parede, dentes Gerber, blocos e sapatas rígidas são classificados como elementos estruturais especiais, os quais são caracterizados por um comportamento que não respeita a hipótese de manutenção das seções preconizada por Bernoulli, pois, tais elementos não são suficientemente longos para a dissipação das tensões localizadas. Particularmente, os consolos são considerados os elementos em balanço nos quais a distância (a) da carga aplicada à face do apoio é menor ou igual à altura útil (d) do consolo, assim:

- Consolo curto: $0,5 \cdot d \leq a \leq d$;
- Consolo muito curto: $a < 0,5 \cdot d$;
- Viga em balanço: $a > d$.

Neste trabalho, o consolo pertencente ao encontro foi classificado como do tipo curto.

A região do encontro perturbada pela descontinuidade geométrica provocada pelo consolo seria a altura deste deslocada a partir de sua transição (Princípio de St. Venant) como pode ser visualizado na Figura 58 a seguir:

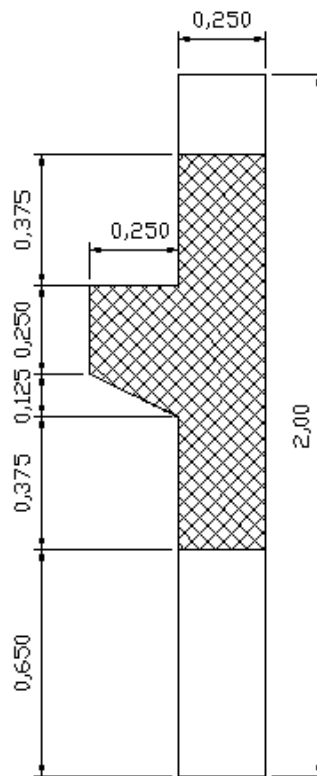


Figura 58. Região do encontro perturbada provocada pela presença do consolo (região hachurada) de acordo com o princípio de Saint Venant.

4.5.1 Solicitações nos Encontros

As solicitações determinantes para o dimensionamento dos encontros podem ser divididas em verticais e horizontais longitudinais (em relação ao eixo da ponte).

As solicitações verticais são:

- Peso próprio do encontro;
- Cargas móveis de multidão de pessoas e de veículos, bem como do veículo-tipo;

- Ação das lajes de acesso apoiadas nos encontros.

As solicitações horizontais longitudinais são:

- Empuxo de terra e de sobrecarga;
- Carga adicional no consolo (NBR-9062, 2001);
- Efeitos de frenagem e aceleração;

As cargas de peso próprio do consolo foram aplicadas segundo as áreas de distribuição referidas a cada nó, como pode ser verificado na Figura 59 a seguir.

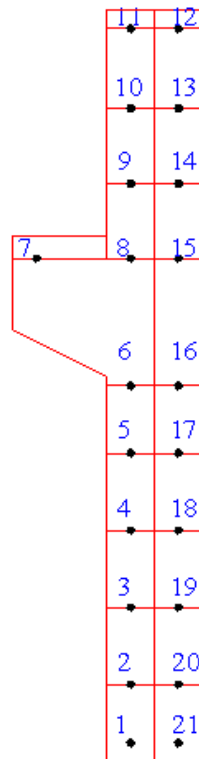


Figura 59. Esquema da distribuição de área de influência das cargas de peso próprio e os respectivos nós dos encontros.

As cargas provenientes das lajes de acesso foram aplicadas no nó referente ao consolo (nó 7). A carga da laje de acesso aplicada no consolo pode ser visualizada na determinação de força cortante desta apresentada no item 3.5.1.3.

A carga móvel vertical foi determinada através da combinação das cargas móveis de trem-tipo (item 3.3.2.1.1) sendo estas aplicadas nos nós superiores (nós 11 e 12). A Figura 60 a seguir apresenta como foi determinada a carga móvel. Para a determinação das cargas foi utilizada uma seção que passasse por uma das rodas do veículo-tipo.

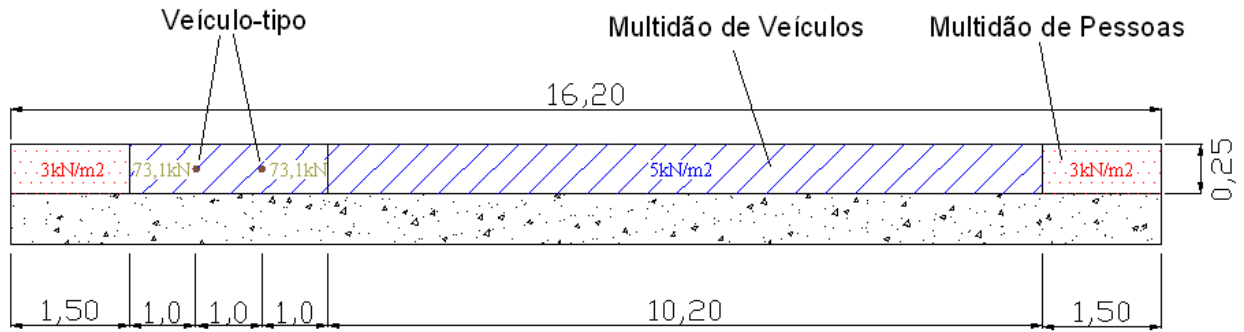


Figura 60. Carga móvel nos encontros (vista do encontro em planta e dimensões em m).

Quanto as solicitações horizontais longitudinais ao eixo do tabuleiro da ponte, o empuxo de terra e de sobrecarga foram aplicados nos nós 1 a 7 e 9 a 11 de acordo com áreas de contribuição, como pode ser observado na Figura 61 a seguir.

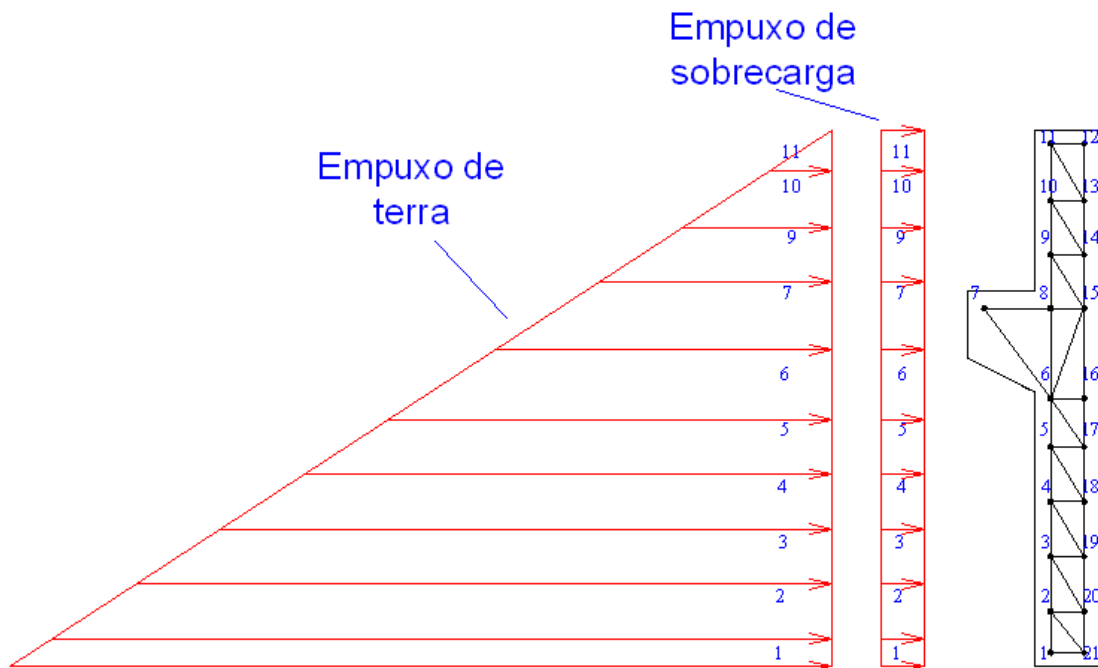


Figura 61. Empuxo de terra e sobrecarga nos encontros e área de contribuição para os nós.

A NBR-9062 (2001) referenciada pela NBR-6118 (2003), especifica que deve-se considerar uma carga horizontal longitudinal aplicada ao consolo, que por sua vez, refere-se às excentricidades de carga, às imperfeições construtivas e tolerâncias de fabricação. Esta carga deve ser :

- $H_d = 0,70 \cdot F_d$, para juntas a seco;

- $H_d = 0,50 \cdot F_d$, para elemento assentado com argamassa;
- $H_d = 0,20 \cdot F_d$, para almofadas de elastômero;
- $H_d = 0,08 \cdot F_d$, para almofadas revestidas de plástico de politetrafluoretileno (PTFE) submetida a compressão entre 7 e 11 MPa;
- $H_d = 0,10 \cdot F_d$, para almofadas revestidas de plástico de politetrafluoretileno (PTFE) submetida a compressão entre 4 e 7 MPa;

No presente trabalho foram adotadas almofadas neoprene fretado revestidas de PTFE sob tensão de cerca de aproximadamente 10 MPa.

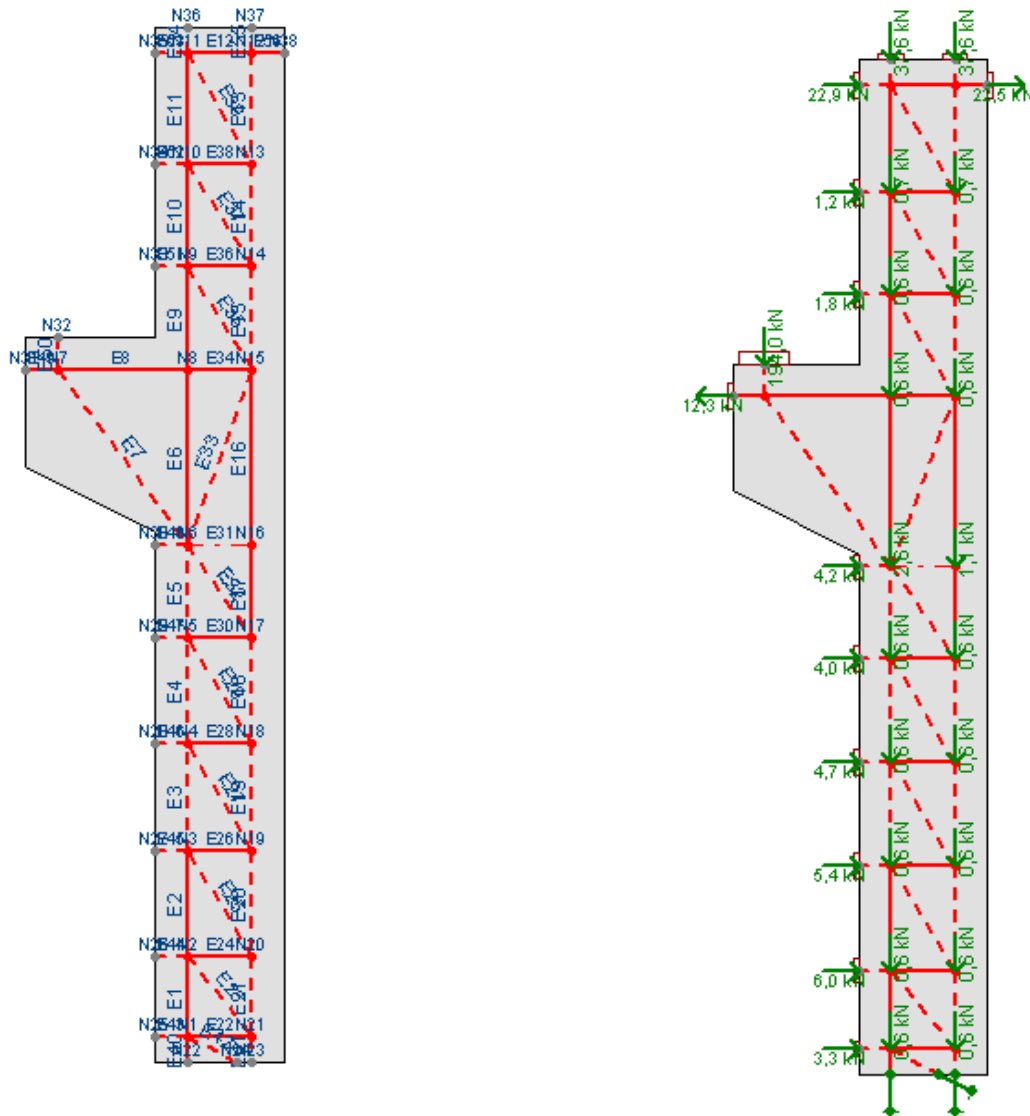
Por último, os efeitos de frenagem e aceleração¹⁷ foram aplicados nos nós 11 e 12.

As solicitações aqui descritas podem ser encontradas no Apêndice P.

A Figuras 62a e 62b a seguir apresentam o modelo de treliça com seus respectivos elementos e o esquema final de cálculo proposto no presente trabalho.

Destaca-se que para se facilitar a montagem do modelo de treliça (Figuras 57b e 62a), fez-se necessário determinar a partir das solicitações nos encontros o momento fletor gerado na base destes (Apêndice P).

¹⁷ Os efeitos de frenagem e aceleração na mesoestrutura foram discutidos em detalhes no item 4.1.3.1.



a) Modelo de treliça.

b) Esquema final de cálculo.

Figura 62. Modelo de treliça (a) e Esquema final de cálculo (b).

4.5.2 Pré-dimensionamento e Verificação dos Aparelhos de Apoio das Lajes de Acesso

O procedimento de pré-dimensionamento e verificação dos aparelhos de apoio dos consolos segue o mesmo passo de cálculo descrito nos itens 4.2.1 e 4.4 referentes aos aparelhos de apoio das longarinas. Destaca-se que os aparelhos de apoio escolhidos foram de neoprene fretado com revestimento de PTFE (item 4.5.1). Os cálculos podem ser visualizados no Apêndice Q.

As dimensões finais dos aparelhos podem ser visualizadas nas Figuras 63 E 64:

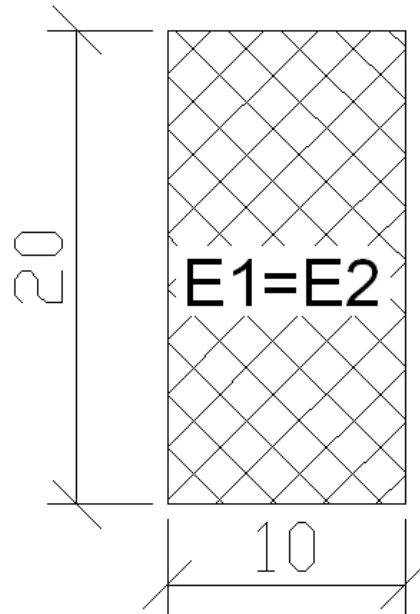


Figura 63. Aparelho de neoprene fretado+PTFE em planta (dimensões em cm).

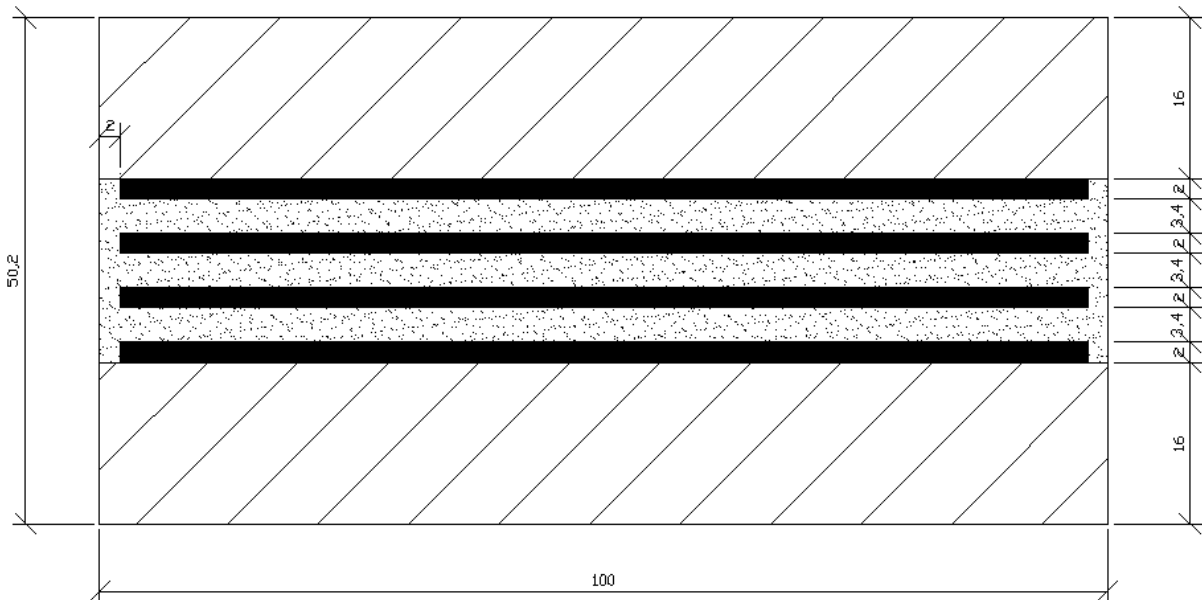


Figura 64. Aparelho de neoprene fretado+PTFE dos encontros E1 e E2, fretagens de aço de 2 mm intercaladas com camadas de elastômero de 3,4 mm e revestimento de PTFE de 16 mm.

4.5.3 Dimensionamento dos Encontros

O encontro deve ser tratado de forma especial devido a existência da não linearidade geométrica, que pôde ser visualizada na região hachurada da Figura 58. A utilização dos consagrados critérios seccionais, neste caso, se torna errônea devido a não manutenção das seções do elemento. Para tanto, pode-se aplicar modelos estruturais que venham a reproduzir tal perturbação. A NBR-6118 (2003) recomenda a utilização dos modelos de bielas e tirantes. Basicamente os modelos de bielas e tirantes procuram simular a distribuição de tensão no elemento por meio de uma treliça, onde as bielas correspondem aos elementos comprimidos e os tirantes correspondem aos elementos tracionados.

Nos modelos de bielas e tirantes, as tensões nas regiões nodais e nas bielas devem ser verificadas para que a ruptura frágil seja evitada. A NBR-6118 (2003) não contempla quais seriam as tensões limites nestas regiões, apesar de recomendar a sua verificação. No presente trabalho a fim de facilitar o dimensionamento, a verificação foi efetuada utilizando o software CAST 0.9.11 (Computer Aided Strut-and-Tie), fornecido pela University of Illinois at Urbana-Champaign, o qual encontram-se os limites de tensões propostos no código de edificação ACI-318 (2002), bem como de alguns autores. Sendo assim, a escolha fica a critério do projetista.

O código ACI-318 (2002) especifica que deve-se levar em consideração os efeitos de fissuração e armadura de confinamento sobre a resistência efetiva a compressão da biela, além dos efeitos dos diferentes estados tensionais nas regiões nodais. Desta forma, a resistência efetiva das bielas e regiões nodais tem a seguinte relação:

$$f_{cu} = 0,85 \cdot \beta_2 \cdot f'_c$$

Onde

- f'_c é a resistência específica do concreto à compressão¹⁸;
- β_2 é um fator que leva em conta os efeitos supracitados.

No caso específico de bielas em zonas não fissuradas e desenhadas de maneira tal que a seção transversal na metade destas é igual à seção transversal dos nós, recomenda-se utilizar $\beta_2 = \beta_s = 1,00$, caso contrário, recomenda-se $\beta_2 = \beta_s = 0,75$. Destaca-se que estas últimas ainda são classificadas como bielas do tipo garrafa e as primeiras como bielas do tipo prismática. Com relação as regiões nodais, a resistência efetiva diminui à medida que tirantes

¹⁸ No presente trabalho a resistência específica (f'_c) foi substituída pela resistência característica (f_{ck}) segundo a NBR-6118 (2003).

concorrem à região. Quando nenhum tirante concorre à região nodal, esta é classificada como do tipo CCC e recomenda-se a adoção de $\beta_2 = \beta_n = 1,00$. Quando um tirante concorre à região nodal, esta é classificada como do tipo CCT e recomenda-se a adoção de $\beta_2 = \beta_n = 0,80$. Quando mais de um tirante concorrer à região nodal, esta é tratada como do tipo CTT e recomenda-se a adoção de $\beta_2 = \beta_n = 0,60$.

Finalmente quanto a aplicação dos estados limites, a norma ACI-318 (2002) especifica que deve-se adotar um coeficiente adicional de redução da resistência das bielas, nós e tirantes da seguinte forma:

$$F_u \leq \phi \cdot F_n = 0,75 \cdot F_n$$

Onde

- F_u e F_n são, respectivamente, a solicitação aplicada e a força nominal resistente em cada elemento do modelo;
- ϕ igual a 0,75 para elementos reticulados.

Na Figura 62b pôde ser apreciado o esquema de cálculo do modelo de treliça proposto no trabalho. Como foi exposto anteriormente, a região do encontro perturbada pelo consolo é extensa (Figura 58), desta forma, optou-se por dimensionar o encontro por inteiro pelo modelo de bielas e tirantes.

Após a determinação das solicitações dos elementos componentes da treliça, a armadura dos tirantes foi calculada da seguinte forma:

$$A_{s,T} = \frac{F_{u,T}}{\phi \cdot f_{yk}} = \frac{F_{u,T}}{0,75 \cdot f_{yk}} \geq A_{s,\min}$$

Onde

- $F_{u,T}$ e f_{yk} são, respectivamente, a solicitação nos tirantes e a resistência de escoamento do aço utilizado;
- $A_{s,T}$ é a área de armadura requerida nos tirantes;
- $A_{s,\min}$ é a área mínima que pode ser determinada da seguinte forma:

$$A_{s,\min} = 0,04 \cdot b_w \cdot d \cdot \frac{f_{ck}}{f_{yk}}$$

Onde

- d é a altura útil do consolo;

- f_{ck} é a resistência característica do concreto;
- b_w é a largura do consolo.

Como a armadura foi obtida por metro de encontro, a relação anterior se reduz a:

$$A_{s,\min} = 0,04 \cdot d \cdot \frac{f_{ck}}{f_{yk}}$$

Em seguida, a armadura obtida serviu como dado de entrada para a verificação das tensões nos elementos componentes da treliça por meio do software CAST 0.9.11. Para tal, foram classificados os nós (CCC, CCT e CTT) e as bielas (prismática ou garrafa), bem como foi definida a largura útil destas e de distribuição da armadura calculada (largura dos tirantes). Em seguida o software verificou se tais regiões suportavam as solicitações da seguinte forma:

$$F_{u,S} \leq 0,75 \cdot F_{n,S} = 0,75 \cdot A_{c,S} \cdot f_{cu,S} = 0,75 \cdot w_S \cdot b_w \cdot f_{cu,S}$$

Para 1 m de encontro tem-se:

$$F_{u,S} \leq 0,75 \cdot F_{n,S} = 0,75 \cdot A_{c,S} \cdot f_{cu,S} = 0,75 \cdot w_S \cdot (1 \text{ m}) \cdot f_{cu,S}$$

Onde

- $F_{u,S}$ e $F_{n,S}$ são, respectivamente, as forças atuantes e resistentes nas bielas;
- $A_{c,S}$ é a área da seção transversal das bielas;
- w_S é a largura da biela analisada;
- $f_{cu,S}$ é a resistência efetiva da biela analisada.

Para as faces das regiões nodais tem-se a seguinte relação:

$$F_{u,N} \leq 0,75 \cdot F_{n,N} = 0,75 \cdot A_{c,N} \cdot f_{cu,N} = 0,75 \cdot w_N \cdot b_w \cdot f_{cu,N}$$

Para 1 m de encontro tem-se:

$$F_{u,N} \leq 0,75 \cdot F_{n,N} = 0,75 \cdot A_{c,N} \cdot f_{cu,N} = 0,75 \cdot w_N \cdot (1 \text{ m}) \cdot f_{cu,N}$$

Onde

- $F_{u,N}$ e $F_{n,N}$ são, respectivamente, as forças atuantes e resistentes nas faces nodais;
- $A_{c,N}$ é a área da face da região nodal;
- w_N é a largura da face nodal analisada;
- $f_{cu,N}$ é a resistência efetiva da região nodal analisada.

Para os tirantes tem-se o seguinte:

$$F_{u,T} \leq 0,75 \cdot F_{n,T} = 0,75 \cdot A_{s,T} \cdot f_{yk}$$

Onde

- $F_{u,T}$ e $F_{n,T}$ são, respectivamente, as forças atuantes e resistentes nos tirantes;
- $A_{s,T}$ é a área do tirante calculado anteriormente
- f_{yk} é a resistência ao escoamento do aço utilizado.

A Figura 65 a seguir apresenta, os resultados obtidos do software CAST 0.9.11 quanto à verificação das tensões nos elementos.

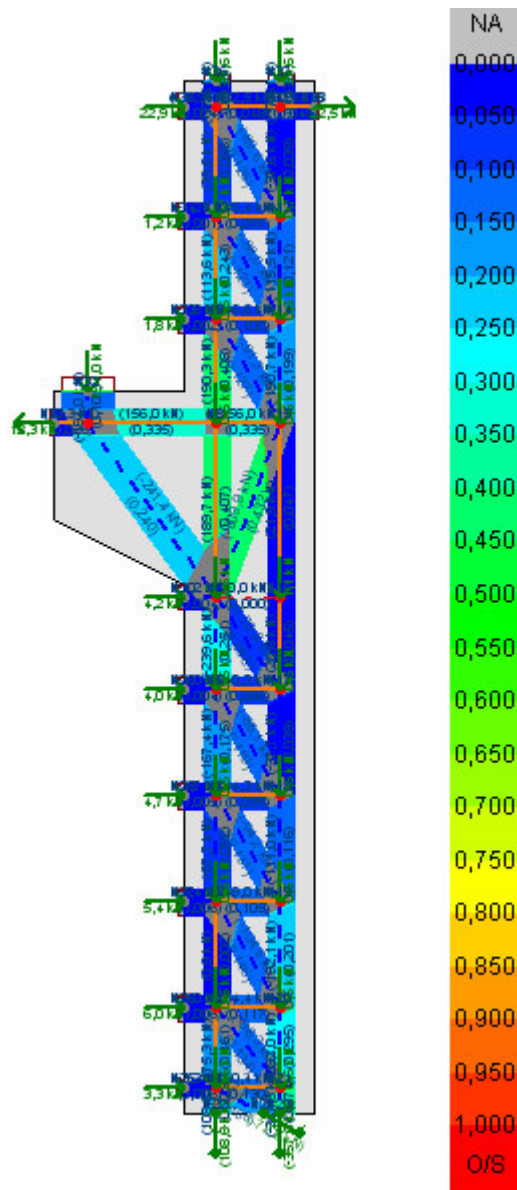


Figura 65. Verificação das tensões nos elementos efetuada pelo CAST 0.9.11.

A Figura 65 apresenta a taxa de tensão (*Stress Ratio*) ou fator de utilização nos elementos na forma de cor, onde esta caminha do topo para parte inferior da coluna de cor à medida que esta taxa aumenta. Percebe-se que a armadura utilizada, bem como a largura das bielas foi suficiente para que o encontro como um todo tivesse taxa de tensão não maior que 60% da real capacidade dos elementos. A taxa de tensão nas bielas e regiões nodais é calculada da seguinte forma:

$$\text{Stress Ratio} = \frac{f_u}{\phi \cdot f_{cu}} = \frac{f_u}{\phi \cdot 0,85 \cdot \beta_2 \cdot f'_c}$$

Onde

- f_{cu} e f'_c são, respectivamente, as resistências efetiva e específica do concreto nas bielas e regiões nodais;
- β_2 é um coeficiente redutor de resistência das bielas e regiões nodais;
- ϕ é o coeficiente de redução das resistências (para elementos reticulados, 0,75);
- f_u é a tensão nas bielas e faces das regiões nodais definida da seguinte forma:

$$f_u = \frac{F_u}{t \cdot w}$$

Onde

- F_u é a força nas bielas ou nas faces das regiões nodais;
- t e w são, respectivamente, a espessura da região perturbada e a largura das bielas ou das faces dos nós.

No que concerne aos tirantes, a taxa de tensão é definida da seguinte forma:

$$\text{Stress Ratio} = \frac{f_u}{\phi \cdot f_{yk}}$$

Onde

- f_{yk} é a resistência ao escoamento do aço utilizado.

Além da taxa de tensão (*Stress Ratio*) nos elementos, o CAST 0.9.11 determina para as bielas e regiões nodais as taxas de demanda de tensão (*Beta Ratio*) e de demanda da resistência do concreto (f'_c *Ratio*) da seguinte forma:

$$\text{Beta Ratio} = \frac{f_u}{\phi \cdot (0,85) \cdot f'_c}$$

$$f_c' \text{ Ratio} = \frac{f_u}{f_c}$$

Esta última refere-se à quanto da resistência do concreto se está utilizando para a tensão aplicada sem considerar os efeitos de fissuração e estados limites, enquanto o primeiro, considera tais efeitos.

Toda a verificação das bielas, regiões nodais e tirantes, bem como as taxas de tensão aqui discutidas encontram-se no Anexo C.

Destaca-se que no presente trabalho todas as armaduras calculadas tenderam para a armadura mínima estipulada pelo código ACI-318 (2002).

Tal código ainda recomenda que deve-se determinar uma armadura de costura fechada paralela à armadura principal, sendo distribuída em 2/3 da altura útil do consolo para evitar a sua fissuração. Para tal, a armadura deve seguir dois critérios, onde o primeiro é definido da seguinte forma:

$$\text{Critério 1} - A_{s,\text{costura}} = 0,50 \cdot (A_{s,T} - A_{s,H})$$

Onde

- $A_{s,\text{costura}}$ é a armadura de costura a ser definida;
- $A_{s,T}$ é a área de armadura dos tirantes principais determinado anteriormente;
- $A_{s,H}$ é a área de armadura necessária para combater a força longitudinal adicional discutida em 4.5.1.1, calculada da mesma forma que $A_{s,T}$.

O segundo critério está relacionado ao fato de se utilizar bielas diagonais no consolo, assim:

$$\text{Critério 2} - \sum \frac{A_{si}}{b_w \cdot S_i} \text{sen } \theta_i \geq 0,0030$$

Para 1 m de encontro tem-se:

$$\text{Critério 2} - \sum \frac{A_{si}}{(1 \text{ m}) \cdot S_i} \text{sen } \theta_i \geq 0,0030$$

Onde

- A_{si} é a área de armadura calculada no critério 1;
- S_i é o espaçamento definida com a armadura A_{si} ;

- θ_i é o menor ângulo entre as bielas do consolo e o tirante principal, ou seja, na Figura 62a, ângulos E7-N7-E8 e E33-N15-E34.

Os cálculos aqui descritos podem ser visualizados no Apêndice Q.

4.6 Blocos de Coroamento

Segundo Almeida (1986), os blocos parcialmente carregados são àqueles que apresentam uma distribuição de tensão não uniforme próxima a região de aplicação da carga. Sendo assim, surgem tensões trativas transversais que acompanham as tensões compressivas longitudinais. Tal região é comumente chamada de zona de regularização das tensões, e o seu comprimento, de acordo com o princípio de Saint Venant (visto no item 4.5), é aproximadamente igual a maior dimensão da seção de aplicação da carga vertical. As Figuras 58 (encontros) e 66 (blocos de coroamento) apresentam estes conceitos.

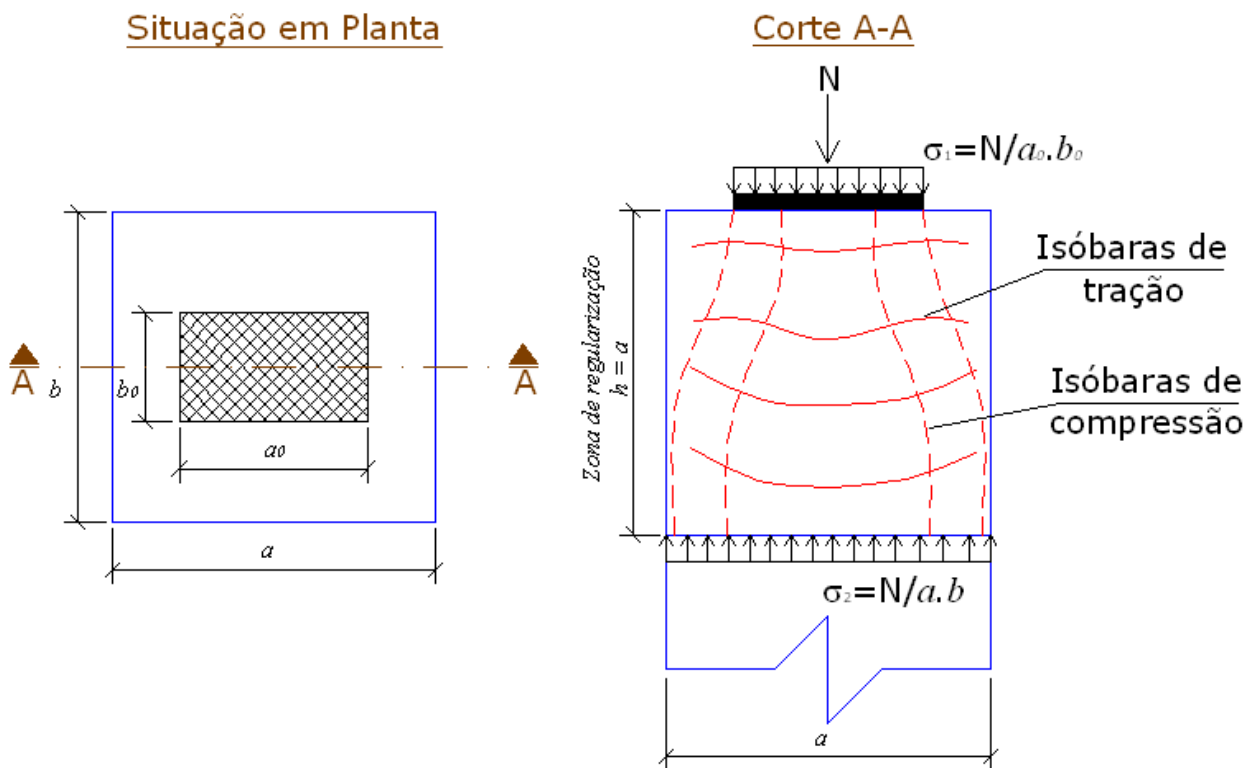


Figura 66. Zona de regularização de tensões segundo o princípio de Saint Venant.

Os métodos recomendados pela literatura para a determinação destas tensões trativas e compressivas, são baseados na análise linear (teoria da elasticidade) ou não-linear (teoria da plasticidade). Este métodos podem ser numéricos, como o método dos elementos finitos, ou por

meio da medição de deformações em modelos reduzidos. Destaca-se que este último é um dos poucos métodos que permitem a avaliação no estágio de não linearidade física. Um método bastante usual e prático, seria também uma análise no estado bidimensional baseada no equilíbrio da zona de regularização de tensões, ou seja, verificação das tensões compressivas no concreto e determinação das solicitações trativas nas armaduras.

A NBR-6118 (2003) afirma que para o dimensionamento de blocos de coroamento, podem ser utilizadas análise linear, não-linear ou plástica. Ainda é recomendado que para a análise linear devem ser utilizados métodos baseados em elementos finitos e/ou diferenças finitas. Como apresentado no item 4.5, a referida norma considera elementos especiais àqueles que não respeitam a hipótese de manutenção das seções planas, por não serem suficientemente longos para dissiparem perturbações. Conceitualmente, blocos de coroamento ou transição são estruturas de volume utilizadas para transmitir às estacas as cargas de fundação, e podem ser considerados rígidos ou flexíveis.

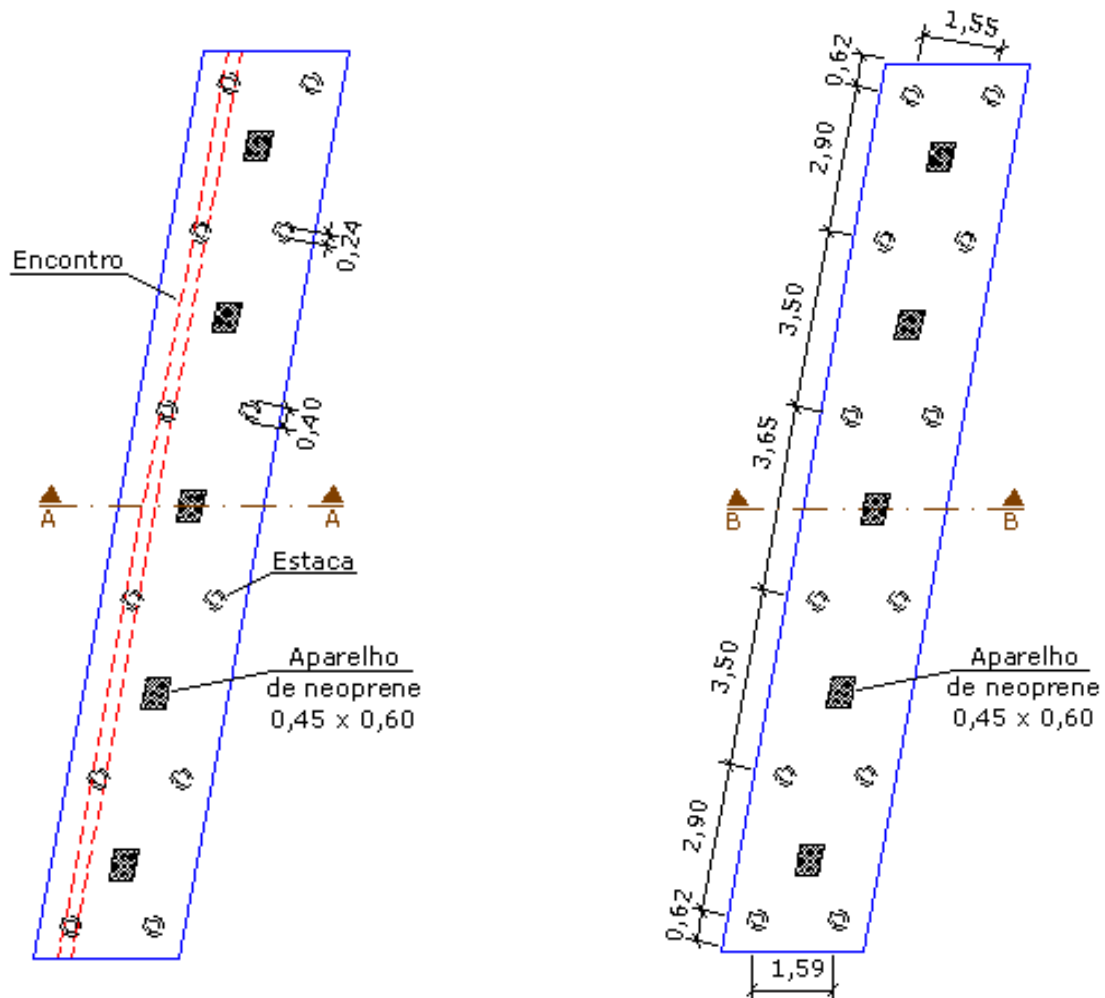
Blocos de coroamento rígidos trabalham à flexão nas duas direções, mas com trações essencialmente concentradas nas linhas sobre as estacas; sendo que as cargas são transmitidas do pilar àquelas unicamente por bielas de compressão que possuem geometria complexa. Este tipo de estrutura trabalha ainda ao cisalhamento nas duas direções, não apresentando, por sua vez, ruptura por tração diagonal, e sim por compressão das bielas. Desta forma, percebe-se que para um dimensionamento consciente deve-se levar em conta as tensões limites nas bielas.

Por outro lado, blocos de coroamento flexíveis são estruturas mais complexas devido aos tipos de verificação que necessitam ser efetuadas, ou seja, desde a redistribuição das solicitações nas estacas, dos tirantes de tração, até a necessidade da verificação da punção (NBR-6118, 2003).

A NBR-6118 (2003) permite para o cálculo e dimensionamento dos blocos de coroamento, modelos tridimensionais lineares ou não e modelos de bielas e tirantes tridimensionais, sendo estes últimos preferíveis por definir melhor a distribuição de solicitações para os tirantes. Desta forma, visando facilitar os cálculos, no presente trabalho, optou-se utilizar para o dimensionamento dos blocos intermediário (B2) e extremos (B1 e B3), os modelos de bielas e tirantes.

4.6.1 Pré-dimensionamento dos Blocos de Coroamento

O pré-dimensionamento dos blocos de coroamento foi realizado conforme os critérios normativos necessários ao espaçamento mínimo entre estacas, para que a distribuição de solicitações nestas fosse plana (NBR-6118, 2003). Para tanto, foi mantida uma distância de 1 diâmetro da estaca (0,40m) entre a face externa desta e a face externa do bloco, bem como uma distância de 2,5 a 3 diâmetros entre os eixos das estacas. As Figuras 67 e 68 apresentam as dimensões finais dos blocos extremos (B1 e B3) e intermediário (B2) em planta e em corte.

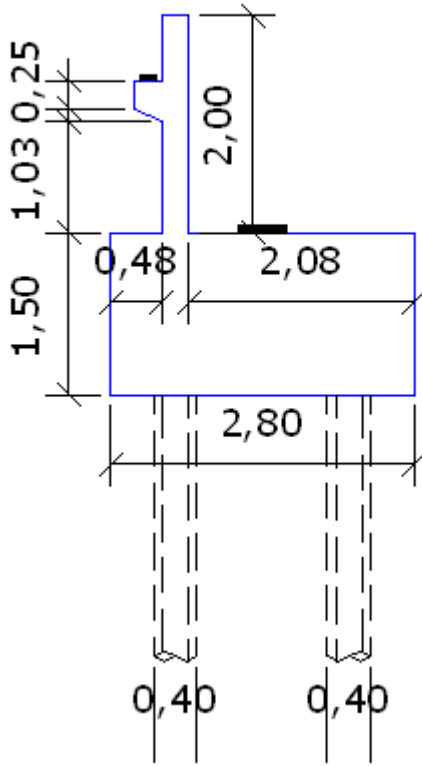


a) Blocos extremos (B1=B3) em planta.

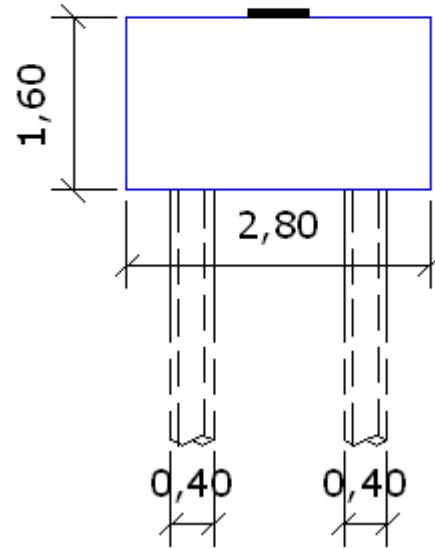
b) Bloco intermediário (B2) em planta.

Figura 67. Dimensões finais dos blocos extremos (a) e intermediário (b) em planta, dimensões em metros.

Corte A-A



Corte B-B



a) Blocos extremos (B1=B3) em corte.

b) Bloco intermediário (B2) em corte.

Figura 68. Dimensões finais dos blocos extremos (a) e intermediário (b) em corte, dimensões em metros.

Com relação a dimensão que a estaca deve penetrar no bloco, podem ser admitidos os valores de ordem prática da Tabela 43.

Tabela 43. Valores de ordem prática de penetração da estaca no bloco de coroamento (Fusco, 1995).

Diâmetro da estaca (cm)	$w_i/2$ (cm)
20	3
30	4,5
40	6
80	12

4.6.2 Solicitações nos Blocos de Coroamento

As solicitações determinantes para o dimensionamento dos blocos de coroamento podem ser divididas em verticais, horizontais longitudinais e horizontais transversais.

As solicitações verticais são:

- Peso próprio do bloco (B1, B2 e B3);
- Carga vertical proveniente das longarinas (B1, B2 e B3);
- Carga vertical proveniente dos encontros (B1 e B3).

As solicitações horizontais longitudinais em relação ao eixo do tabuleiro são:

- Empuxo de terra e de sobrecarga (B1 e B3);
- Efeitos de frenagem e aceleração (B1, B2 e B3);
- Atrito nos apoios (B1, B2 e B3).

As solicitações horizontais transversais em relação ao eixo do tabuleiro são:

- Ação dinâmica das águas (B1, B2 e B3);
- Ação do vento proveniente da superestrutura (B1, B2 e B3).

Para o dimensionamento dos blocos de coroamento foram utilizados modelos de bielas e tirantes. Devido a inexistência de softwares específicos para confecção e análise de modelos de bielas e tirantes espaciais, foi utilizado um software de modelagem estrutural para confecção dos modelos e determinação dos esforços nos elementos. Para tanto, foram confeccionados dois modelos de treliça espacial no software ANSYS, sendo um para os blocos extremos e o outro para o bloco intermediário. Tal diferença deveu-se ao fato de que cada bloco extremo apresentava um encontro engastado em seu topo, por outro lado, o mesmo não ocorria com o bloco intermediário. Deve-se destacar ainda que todas as solicitações deveriam ser concentradas nos nós da treliça espacial.

As Figuras 69 e 70 a seguir apresentam, respectivamente, os modelos de bielas e tirantes dos blocos extremos (B1 e B3) e bloco intermediário (B2). Os vetores vermelhos são as cargas aplicadas e os vetores roxos são as reações de apoio nas regiões nodais.

As Figuras 71 e 72 a seguir apresentam, respectivamente, as solicitações nos elementos dos modelos de bielas e tirantes confeccionados para os blocos de coroamento. O sinal negativo está relacionado aos elementos comprimidos ou bielas, e o sinal positivo aos elementos tracionados ou tirantes.

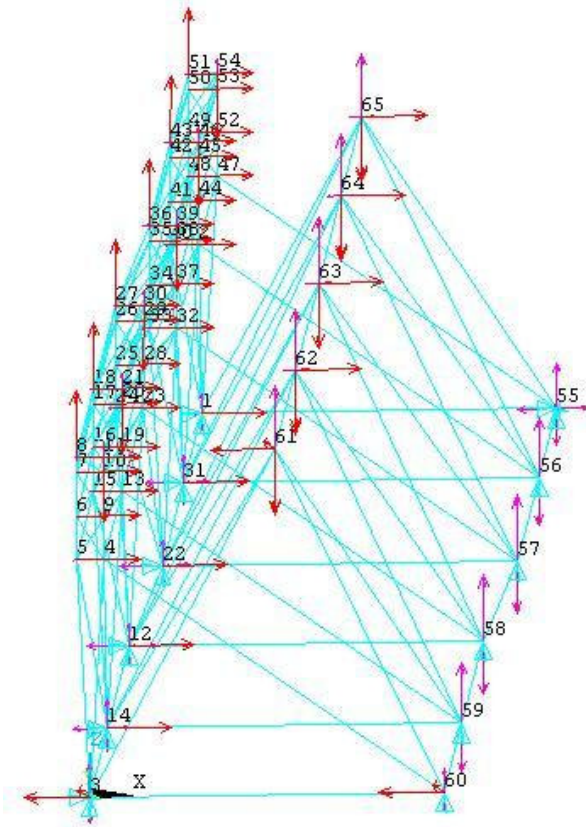


Figura 69. Modelo de bielas e tirantes espacial dos blocos extremos (B1 e B3).

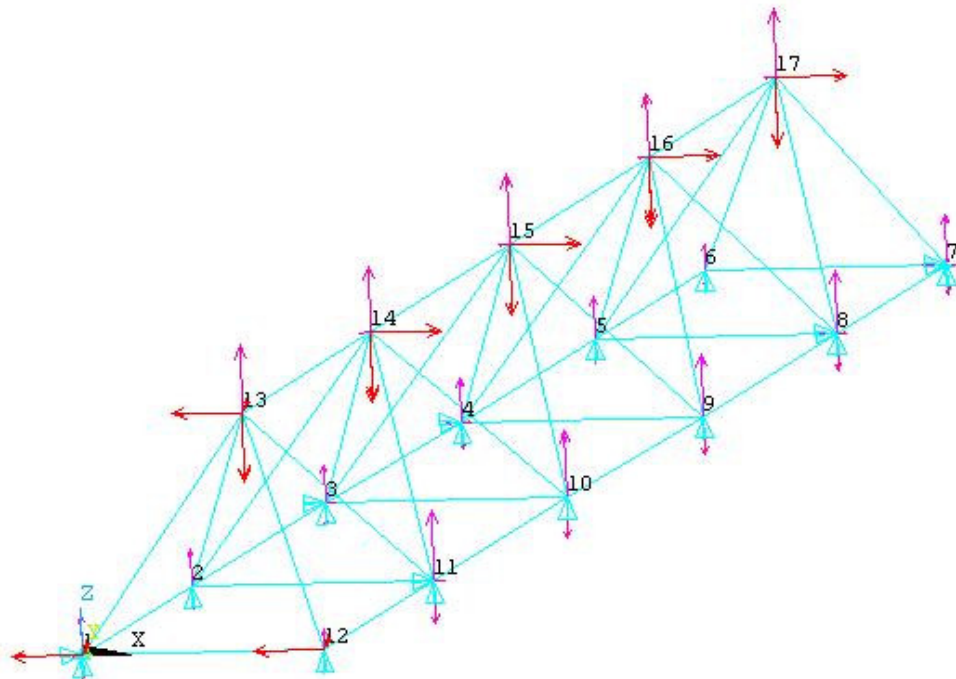


Figura 70. Modelo de bielas e tirantes espacial do bloco intermediário (B2).

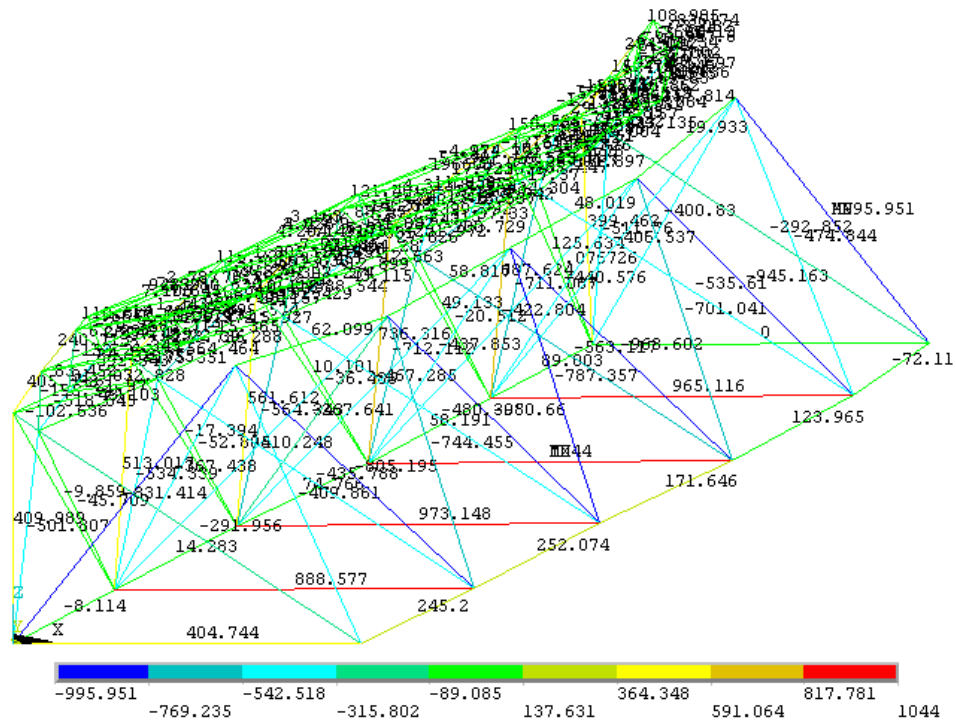


Figura 71. Solicitações axiais (kN) e deformada dos elementos do modelo de bielas e tirantes espacial dos blocos extremos (B1 e B3).

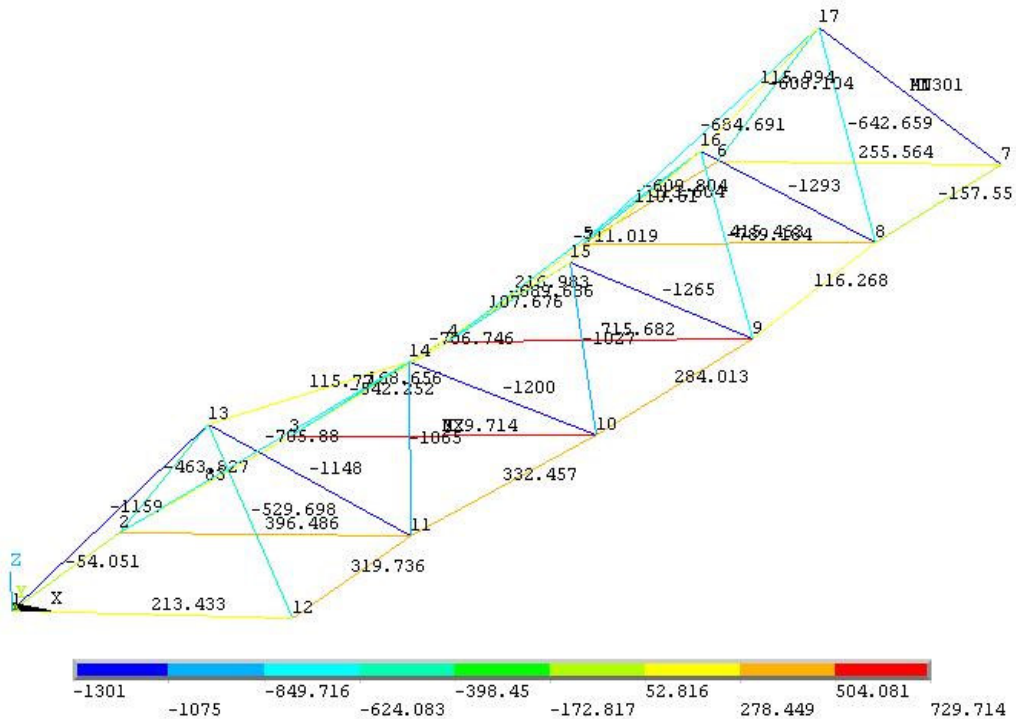


Figura 72. Solicitações axiais (kN) e deformada dos elementos do modelo de bielas e tirantes espacial do bloco intermediário (B2).

Como comentado na seção referente aos encontros da ponte, nos modelos de bielas e tirantes, as tensões nas regiões nodais e nas bielas devem ser verificadas para que a ruptura frágil não ocorra. Assim sendo, foram utilizadas as prescrições normativas da ACI-318 (2002) conforme já discutido. Minora-se a resistência das bielas de acordo com a sua localização em zonas propensas a fissuração ou não, além das regiões nodais onde concorrem elementos comprimidos e tracionados e estes são verificados se suportam as tensões atuantes.

Neste trabalho, as bielas verticais foram admitidas como cilíndricas possuindo o diâmetro das estacas. As bielas inclinadas (bielas do tipo garrafa) foram admitidas como elipsoidais onde a sua base tinha o diâmetro da estaca e a maior dimensão pôde ser determinada pela relação a seguir:

$$a_1 = b_1 \operatorname{sen} \theta_s + w_t \operatorname{cos} \theta_s$$

Onde

- a_1 é a maior largura da biela admitida como elipsoidal;
- b_1 é o diâmetro da estaca;
- w_t é a distância entre a face superior da estaca e o eixo do tirante principal (Tabela 43);
- θ_s é o ângulo do eixo da biela com a horizontal.

A área verificada das bielas pode ser definida da seguinte forma:

- Para bielas cilíndricas – $A_{bc} = 0,25 \cdot \pi \cdot b_1^2$
- Para bielas elipsoidais – $A_{be} = 0,25 \cdot \pi \cdot a_1 \cdot a_2$

Onde

- A_{bc} e A_{be} são, respectivamente, a área da biela cilíndrica e a área da biela elipsoidal;
- a_2 é a largura da biela no eixo perpendicular a a_1 sendo admitido com igual a largura da estaca.

Por fim aplica-se o estado limite último para fins de dimensionamento da armadura dos tirantes. A verificação das tensões nas regiões nodais, bem como nas bielas podem ser visualizadas nos Apêndices S e T.

4.6.3 Dimensionamento dos Blocos de Coroamento

4.6.3.1 Armadura Horizontal Inferior

A armadura horizontal inferior é dividida entre as armaduras principais e as armaduras secundárias. A armadura principal foi calculada utilizando-se a maior sollicitação nos elementos da base dos blocos, conforme visualizado nas Figuras 71 e 72. A literatura recomenda que a armadura principal deve ser disposta em faixas sobre as estacas igual ao diâmetro destas mais duas vezes a distância entre a face superior da estaca e o centro de gravidade da armadura do tirante ($w_t/2$). A ancoragem da armadura principal deve ser prolongada, sem redução de seção, ao longo de todo o comprimento do bloco. Essa armadura deve ser ancorada, sobre as estacas, com ganchos de extremidade ou por meio de barras transversais soldadas, a partir de planos verticais que passem pelas faces das estacas mais afastadas do pilar. Uma vez que essa armadura se encontra comprimida na direção vertical, o esforço a ser ancorado pode ser considerado igual a 80% do esforço máximo R_{sd} (Araújo, 2003). A armadura secundária se situa entre as armaduras principais sendo a primeira com capacidade mecânica não inferior a quarta parte da última. Os cálculos referentes as armaduras horizontais inferior principal e e horizontal inferior secundária encontram-se nos Apêndices S e T.

4.6.3.2 Armadura Horizontal Superior

A armadura horizontal superior foi dimensionada para o tirante mais sollicitado segundo a direção y dos blocos, sendo que para a direção x foi disposta uma armadura de 1/10 da área de armadura principal inferior desta mesma direção. Os cálculos referentes às armaduras horizontais superiores constam nos Apêndices S e T.

4.6.3.3 Armadura Transversal Vertical

A armadura transversal vertical deve enlaçar a armadura longitudinal superior e inferior. A necessidade desta armadura é motivada pela dispersão do campo de compressões nos bloco, sendo que a sua capacidade mecânica não deve ser inferior a $N_d/(1,5n)$, onde $n \geq 3$ é o número de estacas e N_d é a carga na estaca mais sollicitada. Deve-se levar em conta a zona de influência de cada estaca para o dimensionamento da armadura. O dimensionamento desta armadura encontra-se nos Apêndices S e T.

4.6.3.4 Armadura Transversal Horizontal

A armadura transversal horizontal deve enlaçar a armadura transversal vertical. As barras dessa malha devem ter uma seção transversal com área mínima igual a $0,002bS$, onde b é a largura do bloco e S é o espaçamento entre estribos. Se a largura b do bloco for maior que a metade de sua altura h , deve-se adotar $b=h/2$ para o cálculo dos estribos (Araújo, 2003).

O dimensionamento desta armadura encontra-se nos Apêndices S e T.

As Figuras 73 e 74 apresentam a disposição das armaduras, respectivamente, para um bloco sobre 2 estacas e para um bloco sobre 3 estacas.

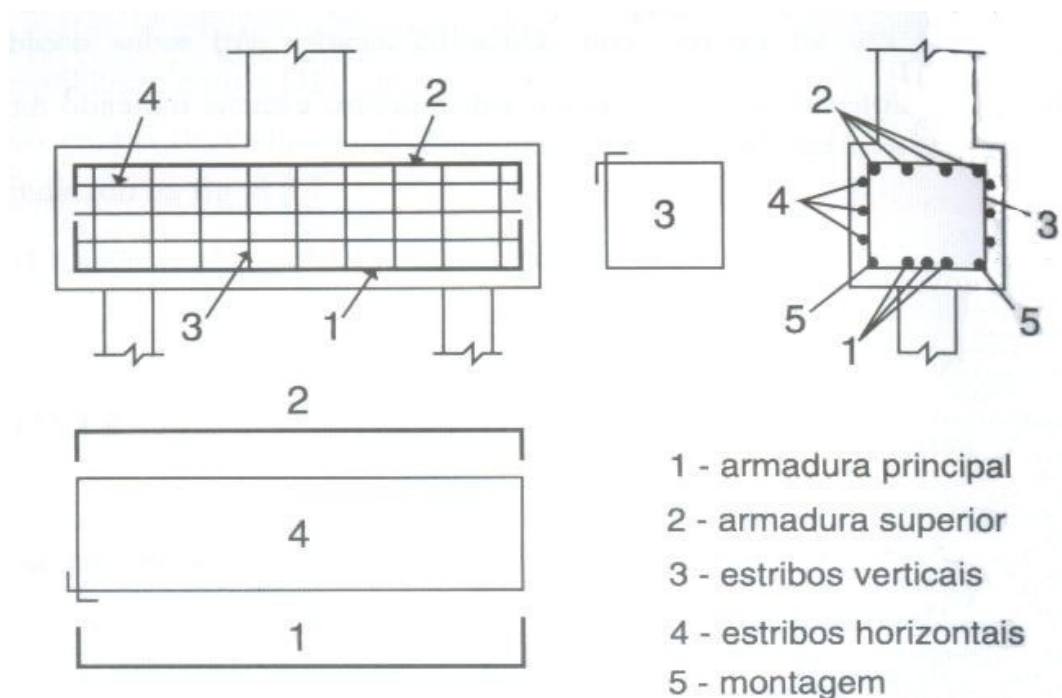


Figura 73. Armaduras de bloco sobre 2 estacas (Araújo, 2003).

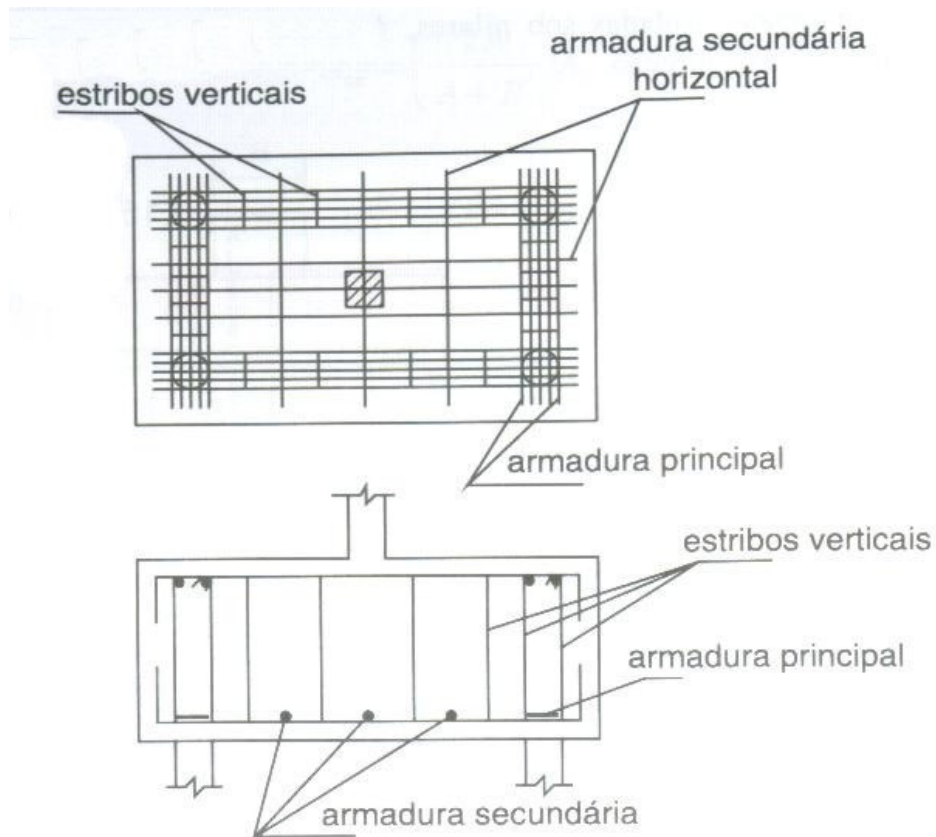


Figura 74. Armaduras de bloco sobre 4 estacas (Araújo, 2003).

4.6.3.5 Armaduras de Fretagem

Segundo Fusco (1995), nas peças onde ocorrem tensões de fendilhamento devidas a forças de compressão aplicadas em áreas reduzidas, como é o caso de blocos parcialmente carregados (Figura 66), devem ser colocadas armaduras transversais, convenientemente dispostas, para que se impeça o fendilhamento longitudinal sob efeito de tensões transversais de tração. As armaduras que combatem tais efeitos são chamadas de fretagens.

Inicialmente foram determinadas as forças de fendilhamento (F_T) nos eixos x e y dos blocos a partir da maior carga vertical nos aparelhos de apoio. A força de fendilhamento pode ser determinada pelas seguintes relações:

$$F_{Tx} = 0,28 \cdot N_{\max} \cdot \left(1 - \frac{a_0}{a}\right)$$

$$F_{Ty} = 0,28 \cdot N_{\max} \cdot \left(1 - \frac{b_0}{b}\right)$$

Onde:

- F_{Tx} e F_{Ty} são, respectivamente, as forças de fendilhamento em x e em y;
- a_0 e b_0 são, respectivamente, as dimensões dos aparelhos de apoio em x e em y;
- a e b são, respectivamente, as dimensões dos blocos em x e em y;
- N_{max} é a carga vertical máxima nos aparelhos de apoio.

Após o dimensionamento das armaduras nos eixos supracitados, define-se o número de camadas de fretagem, determinando-se a quantidade de armadura por camada. Dado o espaçamento (S) e a largura de distribuição da armadura, isto é, a dimensão oposta do aparelho de apoio mais um espaçamento para cada lado (a_0+2S ou b_0+2S), tem-se a quantidade de ferros por camada, daí tem-se a armadura unitária necessária. A armadura final é determinada adotando-se um diâmetro de barra, lembrando-se que o raio de curvatura do gancho deve ser 75% do diâmetro da barra. Os resultados podem ser observados nos Apêndices S e T.

A Figura 75 apresenta como seria o detalhamento da armadura de fretagem genérica onde esta possui 5 barras de aço distribuídas em ambas as direções. Tal distribuição é repetida de acordo com o número de camadas previstas no dimensionamento.

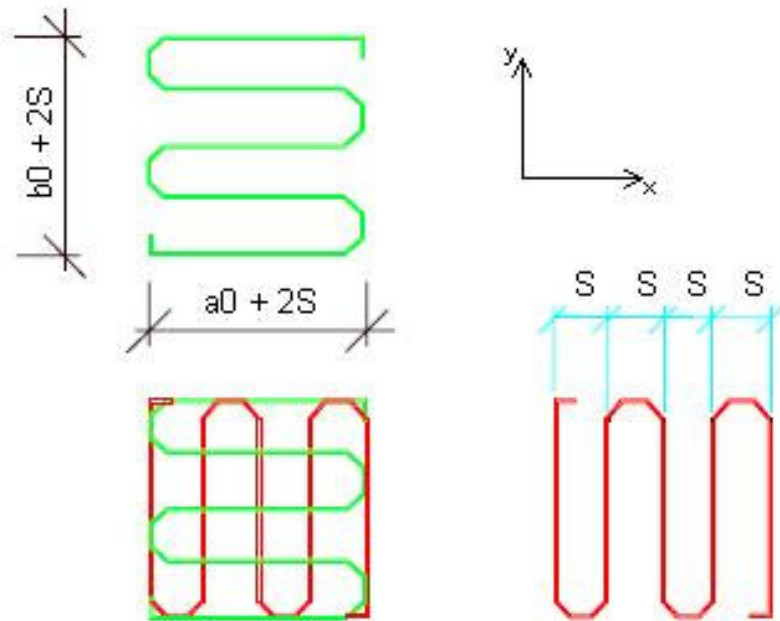


Figura 75. Detalhamento de uma armadura de fretagem genérica.

CAPÍTULO V – INFRAESTRUTURA

5.1 *Análise do Relatório de Sondagem*

O primeiro passo para a determinação do tipo de infraestrutura da ponte em questão foi a avaliação do laudo de sondagem e a determinação da cota de assentamento das fundações.

No laudo da sondagem a percussão (Figuras 13, 14 e 15) realizada na estaca 130 + 15,00 LE, verifica-se que até 3 metros de profundidade encontra-se aterro de argila siltosa cinza, pouco arenosa, com detritos vegetais. De 3 a 5 metros de profundidade, encontra-se argila siltosa cinza, com areia fina e poucos detritos vegetais, com matéria orgânica, mole a muito mole. De 5 a 18 metros profundidade, encontra-se argila siltosa cinza escuro, pouco arenosa com fragmentos de conchas, muito mole. De 18 a 23 metros de profundidade, argila orgânica siltosa cinza escuro, pouco arenosa, com fragmentos de conchas pouco micácea, mole a muito mole. De 23 a 36 metros de profundidade, encontra-se areia fina cinza, média a grossa, com pedregulhos finos, medianamente compacta a compacta. De 36 a 43 metros de profundidade, encontra-se silte arenoso cinza, pouco argiloso, medianamente compacto. De 43 a 47 metros de profundidade, encontra-se silte arenoso variegado, pouco argiloso, muito compacto.

Percebe-se uma extensa camada de argila mole (da cota -3m a -23m), cerca de 20 m, onde até cerca de 23m de profundidade o número de golpes de SPT (Standard Penetration Test) é muito baixo, cerca de 7 golpes, evidenciando desta forma baixa capacidade de carga deste solo. Somente a 41 m de profundidade foram verificados números de golpes de SPT apreciáveis, da ordem de 33. Partindo desta premissa, optou-se utilizar a cota -41m como assentamento das fundações, portanto, no presente trabalho foram utilizadas fundações profundas.

5.2 *Escolha do Tipo de Fundação*

Na atualidade existem diversos tipos de fundações profundas, destacando-se os tubulões, brocas, Strauss, Pré-moldadas de concreto, Franki e Escavadas. As estacas tipo broca somente são aceitáveis para pequenas carga, em uma faixa de 50 a 100 kN, sendo seu comprimento em torno de 3 m. As estacas tipo Strauss abrangem uma faixa de carga de 200 a 800 KN, possuindo a vantagem de não causar vibrações quando são executadas, no entanto não se recomenda o uso deste tipo de estaca abaixo no nível d'água, seja o solo arenoso ou

argiloso, no caso de solo mole (argila mole saturada) não é recomendado este tipo de estaca devido ao risco de estrangulamento do fuste durante a concretagem.

As estacas pré-moldadas possuem a grande vantagem de alta faixa de carga, em torno de 200 a 1500 kN conforme a necessidade, estas podem ser de concreto armado ou protendido, não é recomendado o seu uso em solos em que a previsão da cota de ponta da estaca seja muito variável, de modo que não seja possível selecionar regiões de comprimento constante, ou seja, o caso de solos residuais próximos a ponta da estaca.

As estacas tipo Franki abrangem a mesma faixa de carga da anterior, contudo o seu processo executivo apresenta grandes problemas quanto à vibração, ainda este tipo de estaca não é recomendado para solos com matacões, terrenos com camadas de argila mole saturada, podendo ocorrer também o estrangulamento do fuste. O custo torna-se muito oneroso quando se executa este tipo de estaca em argila mole devido a necessidade de se reforçar a estaca com armadura longitudinal ou reforçar o solo como uso de areia.

As estacas escavadas são executadas com uso de lama bentonítica, exceto o caso da estaca hélice, tendo alta capacidade de carga e baixo custo.

Ainda, os tubulões com ar comprimido são executados como fundações de pontes, contudo, não é recomendado para solos pouco resistentes.

Em relação ao caso estudado a cota escolhida de assentamento da estaca foi de cerca de 41 metros, sendo encontrado solo silte arenoso pouco argiloso, cinza e mediantemente compacto. A determinação da capacidade de nesta cota será determinada mais adiante.

Analisando o laudo de sondagem da região, percebe-se que até uma profundidade de aproximadamente 20 m a camada de solo atravessada é de argila mole, portanto, deve-se descartar as estacas Strauss, Franki e tubulão com ar comprimido conforme já descrito. As estacas tipo Broca são descartadas devido à baixa capacidade de carga. Ainda destaca-se que as estacas tipo escavadas são descartadas devido a dificuldade de utilização de lama bentonítica, e em relação as estacas tipo hélice contínua são inviáveis devido a limitação de profundidade. Sendo assim, no presente trabalho, optou-se por utilizar estacas do tipo pré-moldada.

5.3 Capacidade de Carga do Solo

Para a determinação da capacidade de carga do solo podem ser utilizados métodos racionais ou teóricos que se utilizam de soluções teóricas de capacidade de carga e parâmetros

de solo, e os métodos semi-empíricos, ou seja, àqueles baseados em ensaios *in situ* de penetração.

Dentre os métodos racionais se destacam àqueles que levam em conta a resistência da ponta e lateral da fundação, tais como, de Terzaghi, de Meyerhof, e de Vesic. Dentre os métodos semi-empíricos se destacam àqueles que utilizam o CPT (Cone Penetration Test) e o SPT (Standard Penetration Test). Como neste projeto se dispunha dos relatórios de sondagem a percussão (SPT) foram utilizados os métodos semi-empíricos baseados nestes ensaios.

Os métodos semi-empíricos baseados no SPT de destaque são os de Aoki-Velloso e de Monteiro, os quais foram utilizados no presente trabalho.

O método de Aoki-Velloso partindo dos ensaios tipo CPT, tem a seguinte formulação:

$$Q_{ult} = A_b \cdot q_p + U \cdot \sum \tau_l \Delta l = A_b \cdot \frac{q_{cone}}{F1} + U \cdot \sum \frac{\tau_{cone}}{F2} \Delta l$$

Onde:

- Q_{ult} é a capacidade de carga total ou última;
- A_b é a área da ponta da estaca;
- q_p e q_{cone} são, respectivamente, a resistência unitária genérica de ponta e a resistência de ponta obtida no CPT;
- τ_l e τ_{cone} são, respectivamente, a resistência unitária genérica lateral e a resistência lateral obtida no CPT;
- U é o perímetro da estaca;
- Δl é o trecho para o qual τ_l se aplica;
- $F1$ e $F2$ são fatores de escala e execução das estacas, relacionados com a forma e o tipo de material.

Correlacionando o CPT com o ensaio de SPT tem-se:

$$q_{cone} = k \cdot N$$

$$\tau_{cone} = \alpha \cdot q_{cone} = \alpha \cdot k \cdot N$$

Onde:

- α e k estão relacionados com o tipo de solo;
- N é o número de golpes no ensaio de SPT para a camada de solo analisada.

Desta forma, se utilizando dos dados obtidos do ensaio de SPT tem-se:

$$Q_{ult} = A_b \cdot q_{p,ult} + U \cdot \sum \tau_{l,ult} \Delta l = A_b \cdot \frac{k \cdot N}{F1} + U \cdot \sum \frac{\alpha \cdot k \cdot N}{F2} \Delta l$$

O método de Monteiro diferencia-se do método de Aoki-Velloso no que concerne às correlações diferentes utilizadas para α , k , $F1$ e $F2$. Este método é aplicado para número de golpes de SPT não maiores que 40. Segundo Monteiro (1997) *apud* Velloso e Lopes (2002), para o cálculo da resistência de ponta ($q_{p,ult}$) deverão ser considerados valores ao longo de espessuras iguais a 7 e 3,5 vezes o diâmetro da base, para cima e para baixo da profundidade da base, respectivamente conforme a Figura 76 a seguir.

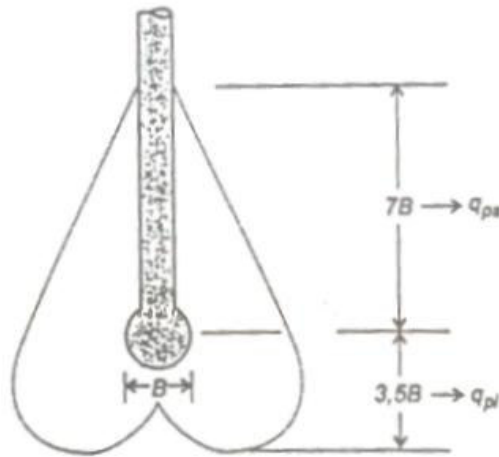


Figura 76. Determinação da resistência de ponta segundo Monteiro (1997) *apud* Velloso e Lopes (2002).

Os valores para cima fornecem, na média, q_{ps} e os valores para baixo fornecem q_{pi} , assim tem-se:

$$q_{p,ult} = \frac{q_{ps} + q_{pi}}{2}$$

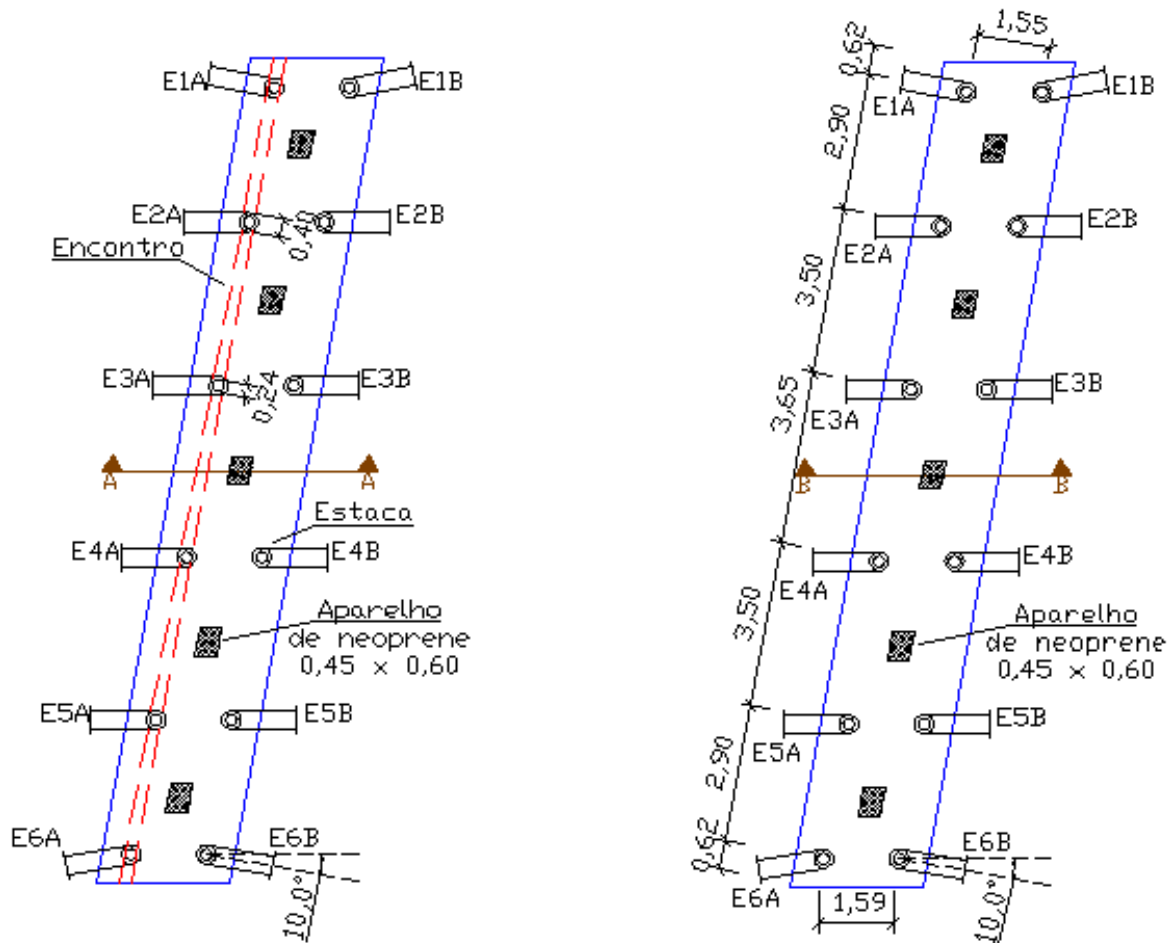
Para a determinação da capacidade de carga do solo analisado, utiliza-se a mesma equação proposta por Aoki-Velloso. A capacidade de carga admissível (Q_{adm}) é metade da capacidade de carga última obtida nos dois métodos supracitados. O resultados desta análise encontram-se no Apêndice U.

5.4 Solicitações nas Estacas

Segundo Velloso e Lopes (2002) no caso geral, tem-se que projetar uma fundação em estacas ou tubulões para suportar um sistema de cargas verticais, horizontais e momentos. Por

exemplo, num pilar de ponte tem-se carga vertical, decorrente de peso próprio e trem-tipo, cargas horizontais longitudinais, por conta de frenagem, do efeito de temperatura, empuxo de terra e cargas horizontais transversais, conseqüência principalmente do vento. Pode-se utilizar para combater tais esforços, estacas inclinadas que venham a combater solicitações compressivas e trativas minorando os deslocamentos dos blocos. Outra possibilidade seria o dimensionamento das estacas a flexo-compressão ou flexo-tração.

No caso do projeto em questão, devido as solicitações transversais elevadas, optou-se pela inclinação de algumas estacas. Contudo, estas deveriam ser dimensionadas a flexão devido ao efeito Tschebotarioff de estacas que atravessam camadas de solo de baixa capacidade. A Figuras 77 e 78 apresentam as estacas inclinadas em planta e em corte.

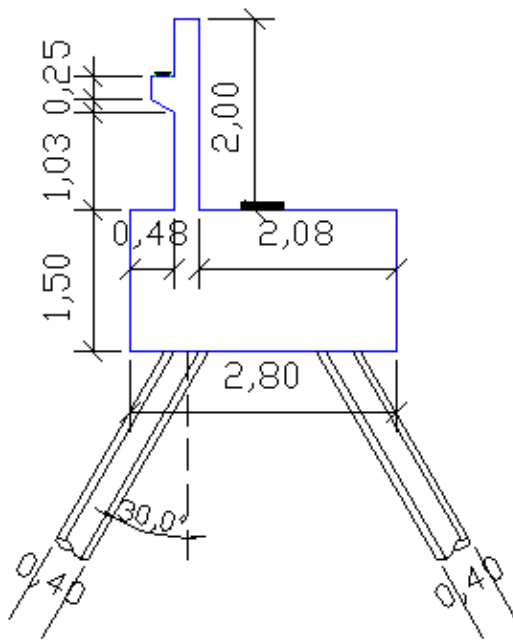


a) Blocos extremos (B1=B3) em planta.

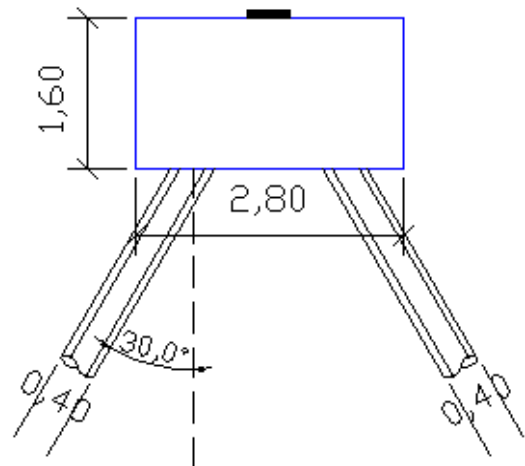
b) Bloco intermediário (B2) em planta.

Figura 77. Inclinação das estacas dos blocos de coroamento (a) blocos extremos e (b) bloco intermediário (b) em planta, dimensões em metros.

Corte A-A



Corte B-B



a) Blocos extremos (B1=B3) em corte.

b) Bloco intermediário (B2) em corte.

Figura 78. Inclinação das estacas dos blocos de coroamento (a) blocos extremos em corte e (b) bloco intermediário em corte, dimensões em metros.

Um aspecto importante no estudo de estacas carregadas transversalmente é a questão da reação do solo, ou seja, como a estaca transfere carga ao terreno. A hipótese de Winkler substitui o solo por molas horizontais independentes entre si, onde a constante de mola é variável com o tipo de solo.

Em geral a constante de mola ou coeficiente de reação horizontal (K_h) é variável com a profundidade da estaca quando esta atravessa solos arenosos, e por outro lado, este coeficiente é constante quando atravessa solos argilosos.

No presente trabalho verificou-se que as estacas atravessariam uma extensa camada de argila mole de baixa capacidade resistente. Desta forma a hipótese de Winkler foi verificada nos diferentes planos de inclinação das mesmas se utilizando dos valores de K_h obtidos na Tabela 44 de acordo com a capacidade de carga do solo.

Tabela 44. Valores típicos do coeficiente de reação horizontal (K_h) para argilas sobre-adsensadas (adaptado de Velloso e Lopes, 2002)

Resistência à compressão simples do solo (MPa)	Valor recomendado (MPa)
0,02 – 0,04	0,8
0,1 – 0,2	5
0,2 – 0,4	10
>0,4	20

Outro importante fator a ser avaliado quando uma estaca atravessa solo argiloso de baixa resistência é o chamado efeito Tschebotarioff. Tal efeito está relacionado a flexão das estacas devido à sobrecarga assimétrica, sendo que no caso em que a estaca é cravada em argila mole, não ocorre a compressão desta, tão somente ocorre o deslocamento ou amolgamento deste tipo solo. Este depósito argiloso, ainda mais se amolgado, sofrerá, pela ação de uma sobrecarga, primeiro um deslocamento horizontal (a volume constante) e depois adensamento, ambos causando solicitação nas estacas (Velloso e Lopes, 2002).

Segundo Tschebotarioff, para a estimativa do momento fletor nas estacas, as pressões laterais podem ser representadas por um carregamento triangular (p_h) com uma ordenada máxima, no centro da camada compressível, de acordo com a seguinte relação:

$$p_h = 2 \cdot B \cdot K \cdot \gamma \cdot H$$

Onde:

- B é a largura da estaca;
- γH é a pressão correspondente à diferença largura da estaca;
- K é o coeficiente de empuxo do solo.

As condições de contorno aplicadas neste caso, estão em conformidade com a Figura 79, onde a estaca é rotulada no bloco e no solo de assentamento de sua ponta.

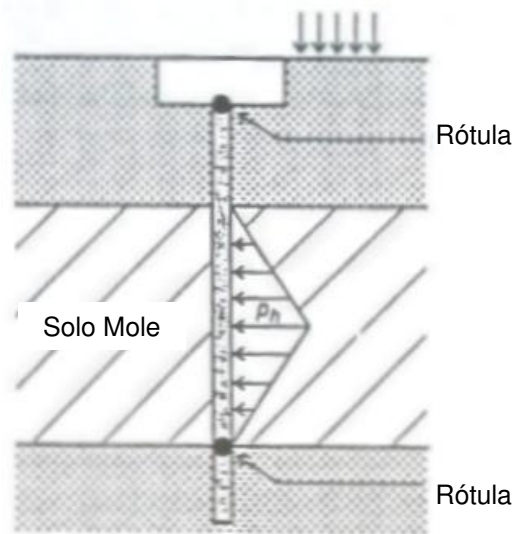


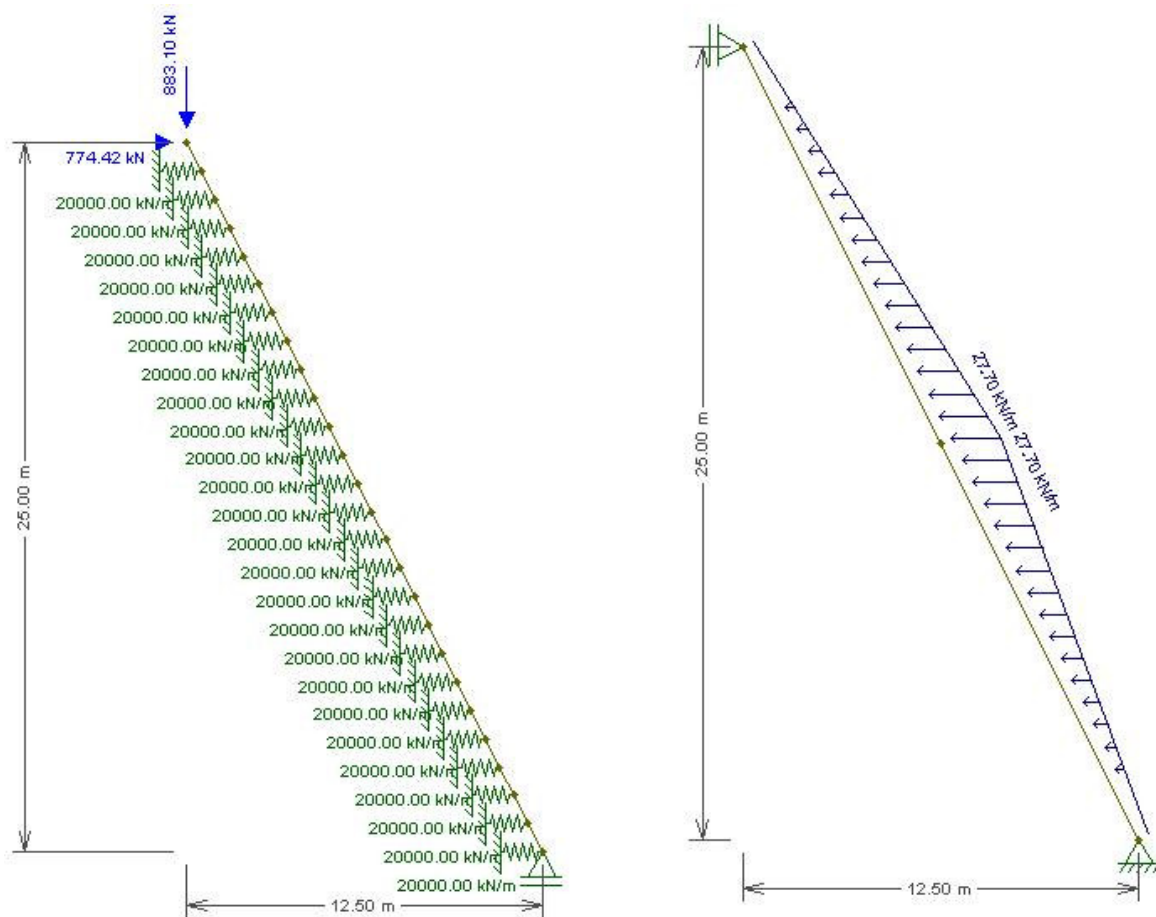
Figura 79. Proposta de Tschebotarioff para o caso em questão (Velloso e Lopes, 2002).

Sendo assim, as hipóteses de determinação das solicitações ao longo das estacas foram:

- Hipótese A – Verificação da estaca mais solicitada no plano xz (maior resultante em xz) por meio da transferência de carga ao terreno segundo a hipótese de Winkler;
- Hipótese B – Verificação do efeito Tschebotarioff da estaca mais solicitada no plano xz (maior resultante em xz);
- Hipótese C – Verificação da estaca mais solicitada no plano yz (maior resultante em yz) por meio da transferência de carga ao terreno segundo a hipótese de Winkler;
- Hipótese D – Verificação do efeito Tschebotarioff da estaca mais solicitada no plano yz (maior resultante em yz);
- Hipótese E – Verificação da estaca mais solicitada a compressão (em z) no plano xz por meio da transferência de carga ao terreno segundo a hipótese de Winkler;
- Hipótese F – Verificação do efeito Tschebotarioff da estaca mais solicitada a compressão (em z) no plano xz;
- Hipótese G – Verificação da estaca mais solicitada a compressão (em z) no plano yz por meio da transferência de carga ao terreno segundo a hipótese de Winkler;
- Hipótese H – Verificação do efeito Tschebotarioff da estaca mais solicitada a compressão (em z) no plano yz.

As Figuras 80 a 87 apresentam as hipóteses supracitadas consideradas no projeto tanto para os blocos extremos ($B1=B2$), quanto para o bloco intermediário ($B2$). Para a análise da hipótese de Winkler, as os apoios elásticos nas estacas foram espaçados de metro a metro. Somente foram analisados as hipóteses supracitadas na camada de 20m de argila mole que as estacas atravessariam. Os cálculos necessários para a determinação das solicitações (momento fletor, força normal e cortante) quanto aos efeitos aqui mencionados, encontram-se no Apêndice V.

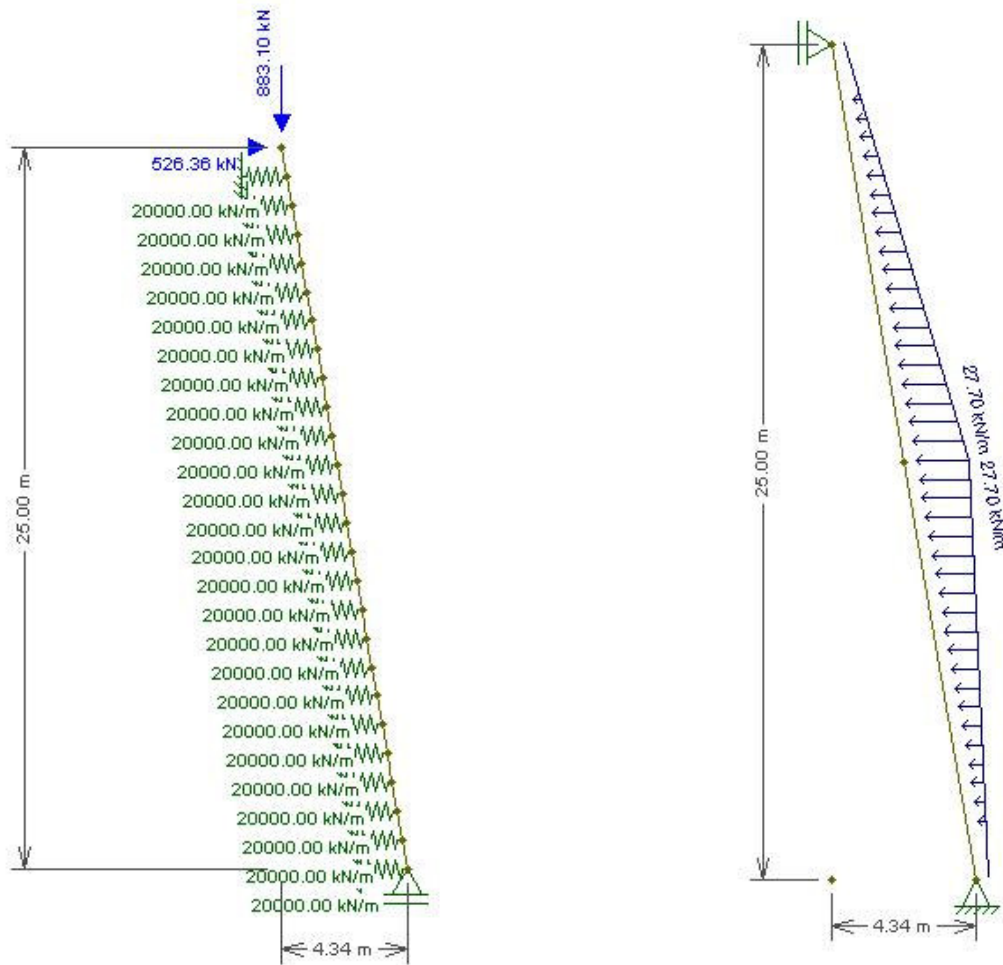
O tipo de estaca escolhida foi a pré-moldada com 40cm de diâmetro, carga normal mínimo resistente de 1600kN e momento fletor mínimo resistente de 1650kNm.



a) Verificação segundo hipótese de Winkler. b) Verificação segundo efeito Tschebatorioff.

Figura 80. Esquema de cálculo das hipóteses A e B para a estaca E6B dos blocos extremos.

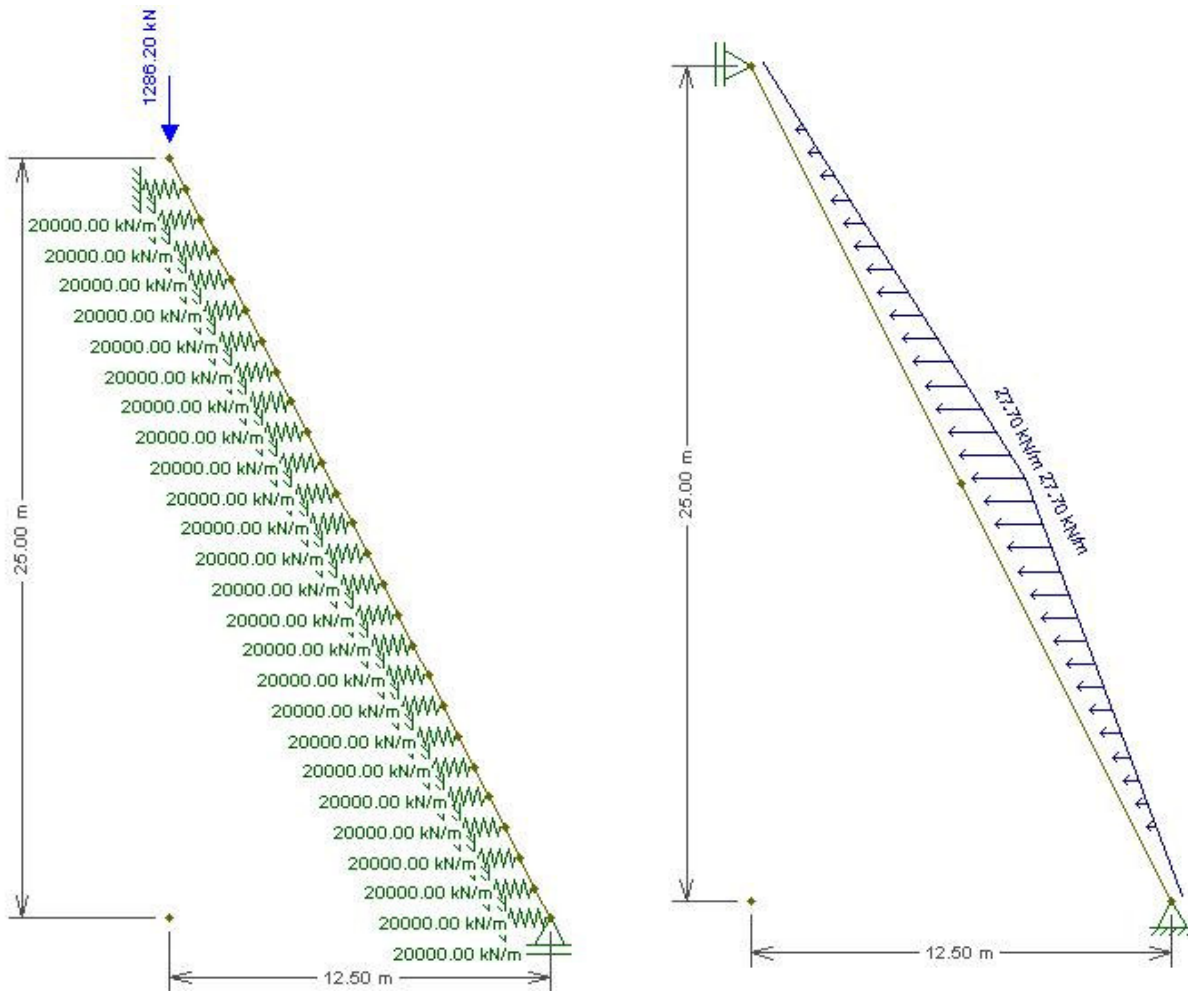
(a) Verificação segundo hipótese de Winkler e (b) Verificação segundo efeito Tschebatorioff.



a) Verificação segundo hipótese de Winkler. b) Verificação segundo efeito Tschebatorioff.

Figura 81. Esquema de cálculo das hipóteses C e D para a estaca E6B dos blocos extremos.

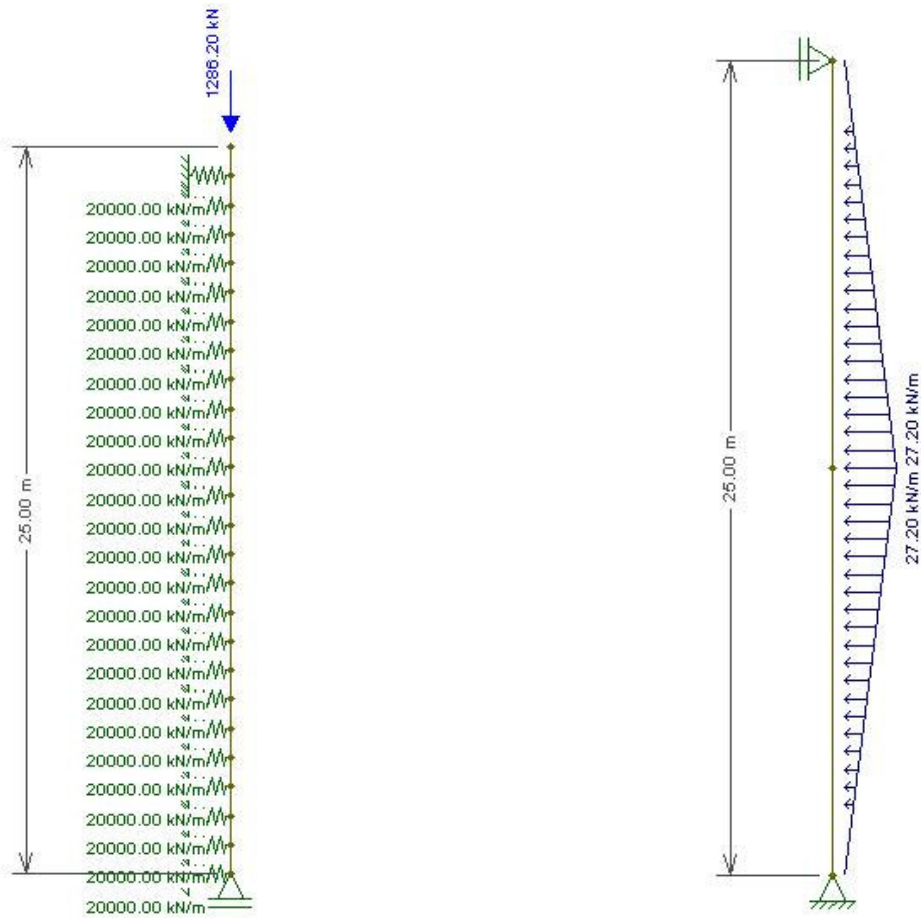
(a) Verificação segundo hipótese de Winkler e (b) Verificação segundo efeito Tschebatorioff.



a) Verificação segundo hipótese de Winkler. b) Verificação segundo efeito Tschebatorioff.

Figura 82. Esquema de cálculo das hipóteses E e F para a estaca E3B dos blocos extremos.

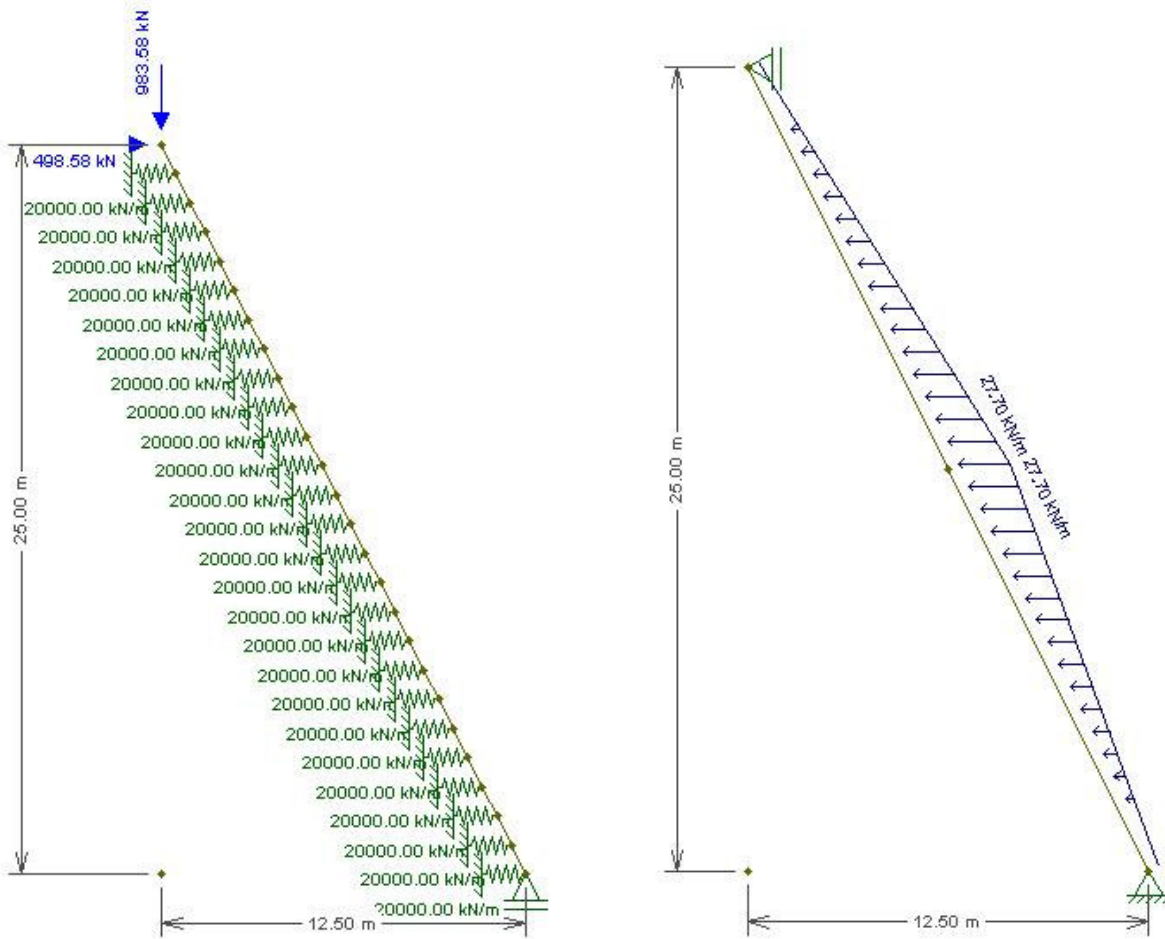
(a) Verificação segundo hipótese de Winkler e (b) Verificação segundo efeito Tschebatorioff.



a) Verificação segundo hipótese de Winkler. b) Verificação segundo efeito Tschebatorioff.

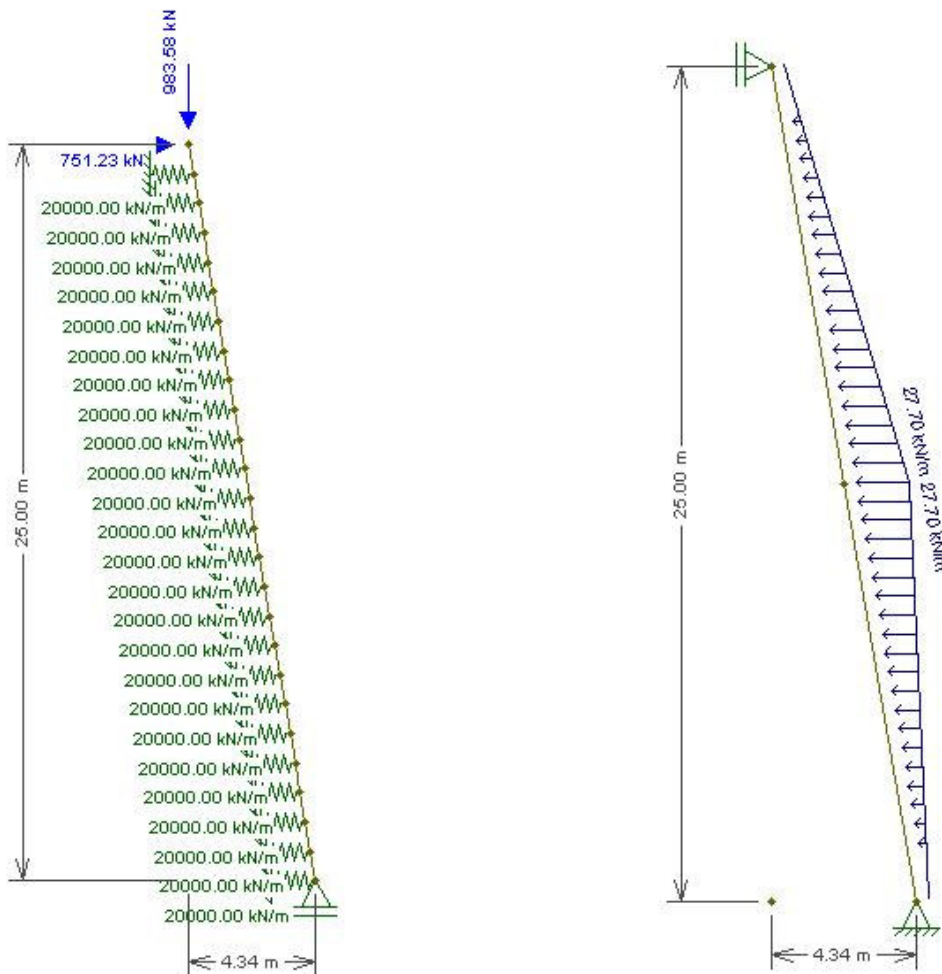
Figura 83. Esquema de cálculo das hipóteses G e H para a estaca E3B dos blocos extremos.

(a) Verificação segundo hipótese de Winkler e (b) Verificação segundo efeito Tschebatorioff.



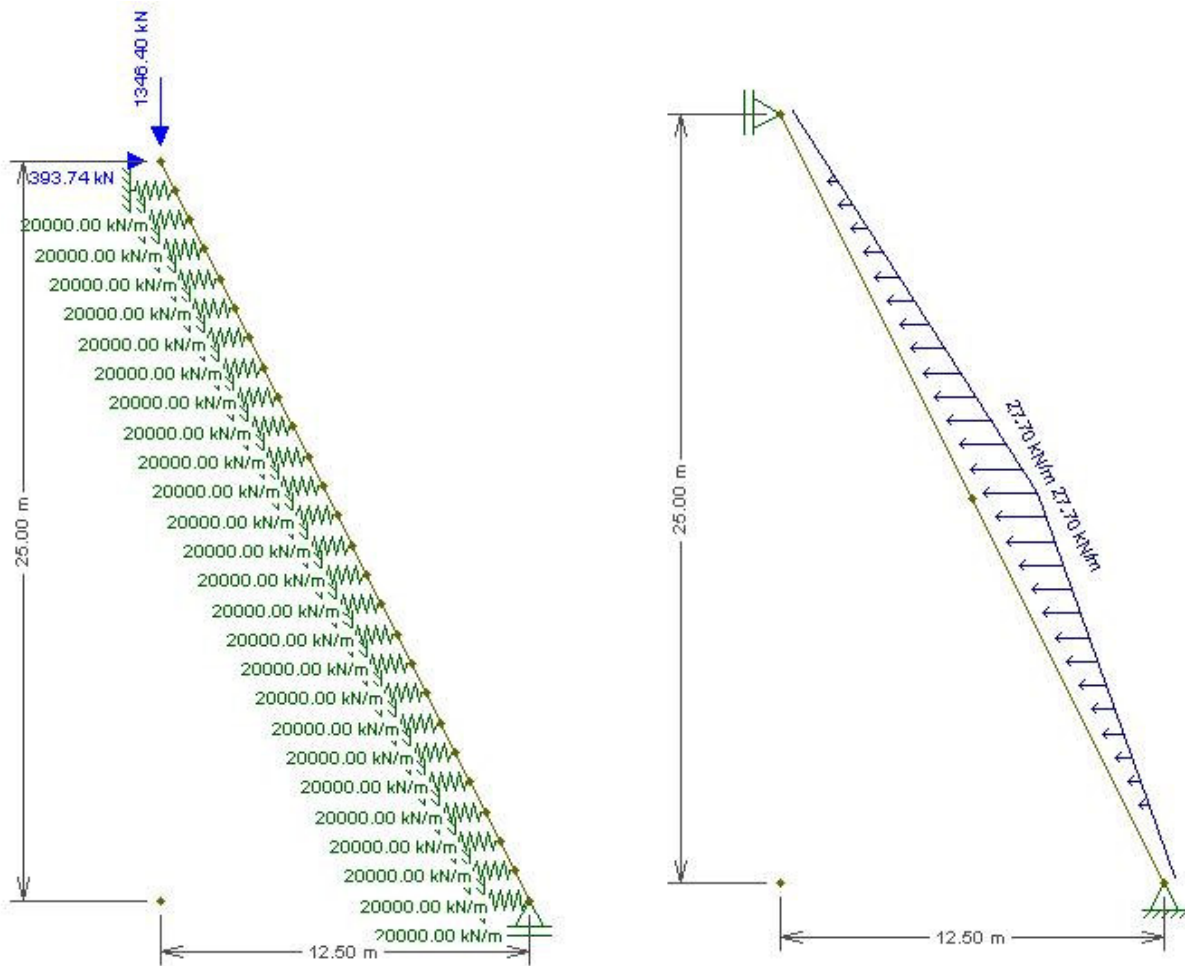
a) Verificação segundo hipótese de Winkler. b) Verificação segundo efeito Tschebatorioff.

Figura 84. Esquema de cálculo das hipóteses A e B para a estaca E1B do bloco intermediário. (a) Verificação segundo hipótese de Winkler e (b) Verificação segundo efeito Tschebatorioff.



a) Verificação segundo hipótese de Winkler. b) Verificação segundo efeito Tschebatorioff.

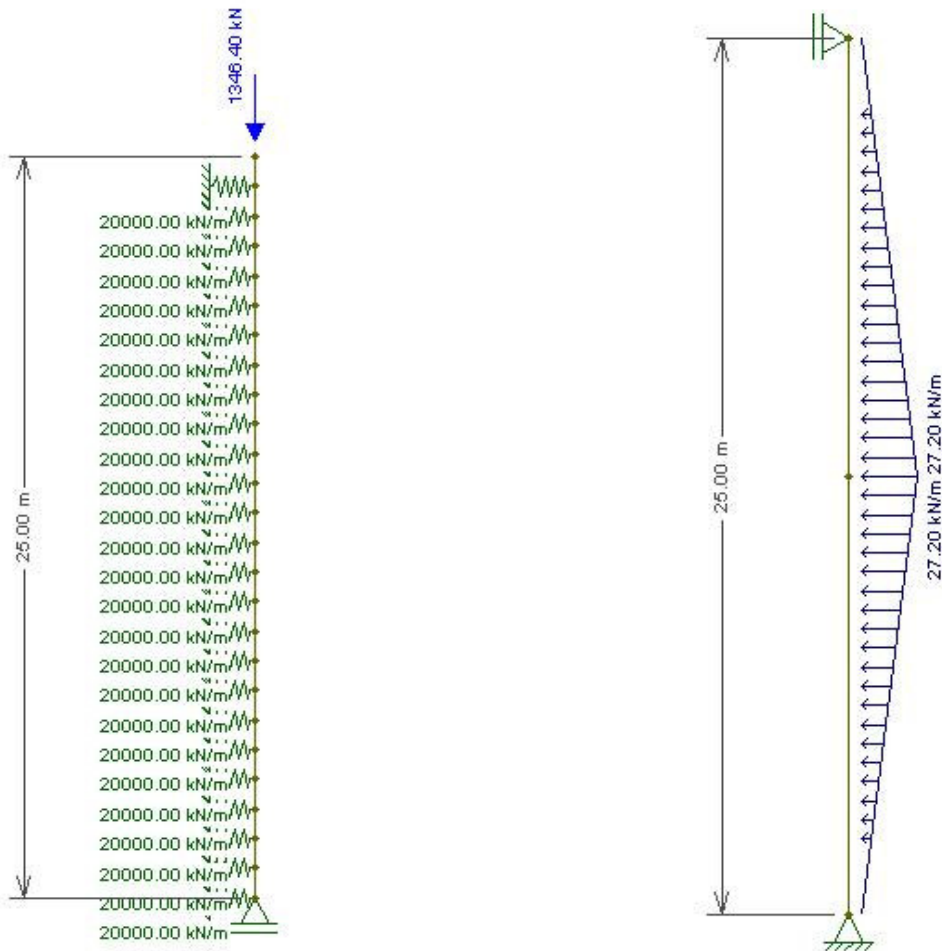
Figura 85. Esquema de cálculo das hipóteses C e D para a estaca E1B do bloco intermediário. (a) Verificação segundo hipótese de Winkler e (b) Verificação segundo efeito Tschebatorioff.



a) Verificação segundo hipótese de Winkler. b) Verificação segundo efeito Tschebatorioff.

Figura 86. Esquema de cálculo das hipóteses E e F para a estaca E4B do bloco intermediário.

(a) Verificação segundo hipótese de Winkler e (b) Verificação segundo efeito Tschebatorioff.



a) Verificação segundo hipótese de Winkler. b) Verificação segundo efeito Tschebatorioff.

Figura 87. Esquema de cálculo das hipóteses G e H para a estaca E4B do bloco intermediário.

(a) Verificação segundo hipótese de Winkler e (b) Verificação segundo efeito Tschebatorioff.

CAPÍTULO VI – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Destaca-se neste trabalho a importância dos levantamentos topográficos, hidrológicos e geotécnicos para a definição da geometria da obra-de-arte bem como das cargas úteis a serem consideradas. No que tange aos levantamentos topográficos, deve-se salientar que a utilização de uma planta digitalizada no município de Macaé georeferenciada com curvas de nível metro a metro facilitou demasiadamente o trabalho, elevando a precisão das medições necessárias.

Todo o levantamento hidrológico realizado para a confecção do projeto da ponte, foi de suma importância. Isto fica evidenciado devido ao clima tropical presente no país, e principalmente na região de interesse, onde os meses do início do ano apresentam uma precipitação muito elevada, e a desconsideração dos aspectos hidrológicos causam a ruína de diversas obras.

Um exemplo dos efeitos de fortes precipitações amplamente noticiado pela imprensa, foi a ruína da ponte Capivari localizada na rodovia Régis Bittencourt (BR-116) que faz a ligação do estado do Paraná ao estado de São Paulo. Isto ocorreu por volta das 23 horas do dia 25 de janeiro de 2005, causando a morte de um caminhoneiro, deixando três pessoas feridas e provocando o rompimento dos cabos da Brasil Telecom, enfim, causando prejuízos irreparáveis que poderiam ser evitados por um estudo preliminar ao projeto que não seria de elevado custo (Folha Online, 2005).

Outro aspecto interessante visto neste trabalho foi a etapa de pré-dimensionamento, que como afirmado anteriormente, é efetuada geralmente de acordo com a experiência do projetista. Inicialmente no presente trabalho foram utilizadas recomendações descritas no Manual de Projeto de Obras-de-Arte Especiais do DNER (1996), porém foi verificado que a seção obtida por essas recomendações não possuía a rigidez necessária a suportar às solicitações. Desta forma, foram então realizadas algumas iterações de elevação da rigidez, bem como da alteração das dimensões da seção transversal da ponte, obedecendo os critérios de resistência. Evidencia-se que um bom critério para o pré-dimensionamento da altura das vigas principais da ponte seria utilizar $1/15$ do vão destas.

Neste trabalho foi considerado apenas o estado limite último para o dimensionamento. Para se obter um melhor comportamento da estrutura frente ao seu carregamento e, conseqüentemente, maior conforto de seus usuários, é necessário se fazer uma verificação destes cálculos com base nos estados limites de serviço, promovendo o controle de fissuração, deformações máximas e vibração excessiva.

Para o dimensionamento da estrutura foram utilizadas todas as ações recomendadas pela norma Projeto de Pontes de Concreto Armado e de Concreto Protendido – Procedimento NBR-7187 (2003), buscando-se apresentar um procedimento detalhado de suas magnitudes, neste sentido a maior dificuldade encontrada foi na determinação das solicitações provenientes da ação do vento, cuja determinação é feita pelo soma vetorial de diversas forças que dependem dos diversos coeficientes presentes na literatura.

No que tange aos efeitos do vento, a princípio procurou-se utilizar o recomendado pela norma Força devido ao Vento em Edificações – Procedimento NBR-6123 (1988) referenciada pela NBR-7187 (2003). Isto tornou-se inviável, devido à normalização brasileira se aplicar a estruturas mais simples (telhados, abóbadas, entre outras) e para a sua utilização em análise de pontes requer simplificações que muitas vezes não há o retorno dos coeficientes de força necessários ao andamento do projeto. Partindo desta premissa, foi indispensável empregar bibliografia específica sobre os efeitos do vento em pontes. Para tanto, foi utilizado o código espanhol que leva em consideração todas as ações em pontes, leia-se, Instrucción sobre las Acciones a Considerar en el Proyecto de Puentes de Carretera - IAP (1998), retornando ótimos resultados.

Conclui-se também neste trabalho, que é de suma importância a atenção aos aspectos construtivos no momento da realização do detalhamento das armaduras. Empregando este critério, as armaduras das longarinas foram dispostas de forma a permitir sempre a imersão do vibrador até o fundo da viga. A priori procurou-se também aumentar o espaçamento entre estribos próximos aos extremos dobrando-se o aço longitudinal de tração nos pontos adequados, para que este contribuísse também no combate à força cortante. No entanto, tal idéia foi abandonada pois esta condição construtiva não é usual. Desta forma, procurou-se evitar que as vigas principais não possuíssem espaçamentos dos estribos menores que 10 cm.

Pode-se destacar também a importância da utilização de softwares ao longo do projeto, destacando-se principalmente os softwares SALT e ANSYS, onde o primeiro auxiliou na confecção de diagramas de solicitações bem como no traçado de linhas de influência devido às cargas móveis e o segundo, por sua vez, foi de extrema utilidade na determinação das taxas de transferência de solicitações de elemento a elemento devido a complexidade da seção transversal da ponte estudada.

No projeto, grande dificuldade quanto à modelagem das solicitações nos elementos na Mesoestrutura (encontros e blocos de coroamento) foi verificada, destacando-se ainda a impossibilidade de dimensionamento destes pelos métodos usuais conforme a norma Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento NBR-6118 (2003). Para tanto, foi utilizado um

modelo de bielas e tirantes plano para os encontros, isto é, uma treliça em duas dimensões confeccionada no software CAST 0.9.11. Tal software ainda permitiu a verificação das tensões nos elementos (bielas, tirantes e nós) constituintes no modelo. Destaca-se que a consideração das tensões limites nos elementos do modelo de bielas e tirantes, foi efetuada segundo o código Requirements for Structural Concrete and Commentary ACI-318 (2002), pois a normalização brasileira apresentava recomendação deste tipo, todavia sem os devidos valores limites.

No que concerne ao dimensionamento dos blocos de coroamento, dificuldade maior ficou evidenciada devido a impossibilidade de se confeccionar um modelo de bielas e tirantes plano. Para tanto, foram utilizados dois modelos de treliça espacial implementados no software ANSYS, que fornecia com extrema facilidade as solicitações nos elementos da treliça. Os modelos de treliça dos blocos extremos eram diferentes do modelo de treliça do bloco intermediário devido a existência dos encontros engastados nos topos dos primeiros. Da mesma forma que realizado nos encontros, a verificação das tensões limites nas bielas e regiões nodais foi imprescindível para um dimensionamento consistente das armaduras dos tirantes do modelo. Tais limites de tensões foram verificados segundos as normalizações utilizadas para a verificação dos encontros da ponte.

Em relação a Infraestrutura, devido a baixa capacidade do solo encontrada optou-se por utilizar fundações profundas, apresentando-se desta forma uma extensa possibilidade de tipo de estaca a ser empregada. Como foi descrito, o tipo de estaca mais favorável a situação encontrada foi a estaca pré-moldada, pois esta possui uma grande faixa de capacidade de carga além de apresentar um processo executivo mais seguro e menos oneroso que as demais estudadas. Deve-se destacar que o efeito favorável da inclinação das estacas foi considerado neste projeto, além das verificações propostas pela literatura quanto a transferência de solicitações fundação-solo.

BIBLIOGRAFIA

1. ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR–6118 – Projetos de Estruturas de Concreto – Procedimento, Rio de Janeiro – RJ, 2003;
2. ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR–6120 – Cargas para Cálculo de Estruturas de Edificações – Procedimento, Rio de Janeiro – RJ, 1982;
3. ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR–6123 – Força devido ao Vento em Edificações – Procedimento, Rio de Janeiro – RJ, 1988;
4. ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR–7187 – Projeto de Pontes de Concreto Armado e de Concreto Protendido – Procedimento, Rio de Janeiro – RJ, 2003;
5. ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR–7188 – Carga Móvel em Ponte Rodoviária e Passarela de Pedestre – Procedimento, Rio de Janeiro – RJ, 1982;
6. ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR–7480 – Barras e Fios de Aço Destinados a Armaduras para Concreto Armado – Especificação, Rio de Janeiro – RJ, 1996;
7. ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR–8681 – Ações e Segurança nas Estruturas – Procedimento, Rio de Janeiro – RJ, 2003;
8. ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR–9062 – Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado, Rio de Janeiro – RJ, 2001;
9. ACI, American Concrete Institute – ACI 318-02 and ACI 318R-02 – Requirements for Structural Concrete and Commentary, Farmington Hills, MI, 2002;
10. Almeida, Sérgio Marques Ferreira de – Notas de Aula das disciplinas de Pontes I e II, Universidade Federal Fluminense – UFF, Niterói – RJ, 1986;
11. Alonso, Urbano Rodriguez – Dimensionamento de Fundações Profundas - Edgard Blücher Editora, São Paulo – SP, 1983;
12. Alonso, Urbano Rodriguez – Exercícios de Fundações – Edgard Blücher Editora, São Paulo – SP, 1989;
13. Araújo, Daniel de Lima – Projeto de Ponte em Concreto Armado com duas Longarinas, Apostila da disciplina de Pontes do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás, Goiânia – GO, 1999;
14. Araújo, José Milton de – Curso de Concreto Armado, Volumes 1 a 4, Editora Dunas, Rio Grande – RS, 2003;

15. Azevedo Neto, José Martiniano de et al – Manual de Hidráulica, Ed. Edgard Blücher Ltda, São Paulo, 8ª Edição, 1998;
16. Blessmann, Joaquim – Aerodinâmica das Construções, Ed. Sagra, 2ª Ed., Porto Alegre-RS, 1990;
17. Caputo, Homero Pinto – Mecânica dos Solos e Suas Aplicações, 4ª Edição, Volumes 2 e 3, Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda, Rio de Janeiro – RJ, 1994;
18. Carvalho, Roberto Chust e Figueiredo Filho, Jasson Rodrigues de – Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado: segundo a NBR-6118 (NB1/80) e a proposta de 1999 (NB1/99), EdUFSCar, São Carlos – SP, 2001;
19. CPCA, Canadian Portland Cement Association – Concrete Design Handbook, ISBN 1-89653-00-1, Ontario – Canada, 1995;
20. DNER, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – Manual de Drenagem de Rodovias, Rio de Janeiro – RJ, 1990;
21. DNER, Departamento Nacional de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem – Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem, Rio de Janeiro – RJ, 1990;
22. DNER, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – Manual de Projeto de Obras-de-Arte Especiais, Rio de Janeiro – RJ, 1996;
23. DNER, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários (Escopos Básicos/Instruções de Serviços), Rio de Janeiro – RJ, 1999;
24. DNIT, Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes – Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias, 2ª Edição, Rio de Janeiro – RJ, 2004;
25. Folha Online, Jornal Folha de São Paulo – <http://www1.folha.uol.com.br/foalha/dinheiro/ult91u92869.shtml> e <http://www1.folha.uol.com.br/foalha/cotidiano/ult95u104704.shtml>, acesso em fevereiro de 2005;
26. Fusco, Péricles Brasiliense – Técnicas de Armar as Estruturas de Concreto, Editora Pini Ltda, São Paulo – SP, 1995;
27. Garcia, Sergio Luis González – Notas de Aula das disciplinas de Concreto Armado I e II, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, Campos dos Goytacazes – RJ, 2004-2005;
28. IAP, Instrucción sobre las Acciones a Considerar en el Proyecto de Puentes de Carretera – Dirección General de Carreteras, Madrid – España: Ministerio de Fomento. Centro de Publicaciones, 1998;

29. IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – Vocabulário Básico de Recursos Naturais e Meio Ambiente, 2ª edição, Rio de Janeiro – RJ, 2004;
30. Lee, Shu Han, Introdução ao Projeto Geométrico de Estradas – Programa especial de treinamento, Engenharia Civil – UFSC, Florianópolis, 2000;
31. Leonhard, F. – Construções de Concreto – Princípios Básicos da Construção de Pontes de Concreto, Volume 6, Editora Interciência Ltda, Rio de Janeiro – RJ, 1979;
32. LFMN, Laboratório de Física de Nuvens e Mesoescala – Universidade Federal do Ceará – CE, www.fisica.ufc.br/lfnm; acesso em maio de 2005;
33. Paiva, João Batista Dias de et al – Hidrologia Aplicada à Gestão de Pequenas Bacias Hidrográficas, Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre – RS, 2001;
34. Pfeil, Walter – Concreto Armado – Dimensionamento, 2ª Edição, Livros Técnicos e Científicos Editora, São Paulo – SP, 1975;
35. Pfeil, Walter – Pontes em Concreto Armado, Volume 1, 3ª edição, Livros Técnicos e Científicos Editora S. A., Rio de Janeiro – RJ, 1983;
36. Porto, Rubem La Laina et al – Hidrologia Aplicada, departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo – SP, 1999;
37. Pruski, Fernando Falco et al – escoamento Superficial, Universidade Federal de Viçosa, Ed. UFV, 2003;
38. Presa, Erundino Pousada e Pousada, Manuela Carreiro – Retrospectiva e Técnicas Modernas de Fundações em Estacas, Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica – ABMS, Salvador – BA, 2001;
39. Rüşch, H. – Tabelas para o Dimensionamento de Lajes de Pontes, Editora W. Ernst U. Sohn, Berlim, 1965;
40. Souza, Aline Nacif e Mota, Marcelo Garnier – Dimensionamento Estrutural de uma Ponte em Concreto Armado, Projeto Final de Curso, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, Campos dos Goytacazes – RJ, 2004;
41. Süsskind, José Carlos – Curso de Análise Estrutural, Volume 1, Editora Globo, Rio de Janeiro – RJ, 1974;
42. Velloso, Dirceu de Alencar e Lopes, Francisco de Rezende – Fundações, Volume 2, COPPE – UFRJ Editora, Rio de Janeiro – RJ, 2002.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR-6118 – Projetos de Estruturas de Concreto – Procedimento, Rio de Janeiro – RJ, 2003;
2. ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR-6120 – Cargas para Cálculo de Estruturas de Edificações – Procedimento, Rio de Janeiro – RJ, 1982;
3. ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR-6123 – Força devido ao Vento em Edificações – Procedimento, Rio de Janeiro – RJ, 1988;
4. ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR-7187 – Projeto de Pontes de Concreto Armado e de Concreto Protendido – Procedimento, Rio de Janeiro – RJ, 2003;
5. ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR-7188 – Carga Móvel em Ponte Rodoviária e Passarela de Pedestre – Procedimento, Rio de Janeiro – RJ, 1982;
6. ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR-7480 – Barras e Fios de Aço Destinados a Armaduras para Concreto Armado – Especificação, Rio de Janeiro – RJ, 1996;
7. ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR-8681 – Ações e Segurança nas Estruturas – Procedimento, Rio de Janeiro – RJ, 2003;
8. ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR-9062 – Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado, Rio de Janeiro – RJ, 2001;
9. ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR-9783 – Aparelhos de Apoio de Elastômero Fretado – Especificação, Rio de Janeiro – RJ, 1987;
10. ACI, American Concrete Institute – ACI 318-02 and ACI 318R-02 – Requirements for Structural Concrete and Commentary, Farmington Hills, MI, 2002;
11. Almeida, Sérgio Marques Ferreira de – Notas de Aula das disciplinas de Pontes I e II, Universidade Federal Fluminense – UFF, Niterói – RJ, 1986;
12. ANA, Agência Nacional de Águas – Ministério do Meio Ambiente; www.ana.gov.br; acessado em janeiro de 2005;
13. Araújo, José Milton de – Curso de Concreto Armado, Volumes 1 a 4, Editora Dunas, Rio Grande – RS, 2003;
14. Azevedo Neto, José Martiniano de et al – Manual de Hidráulica, Ed. Edgard Blücher Ltda, São Paulo, 8ª Edição, 1998;
15. Carvalho, Roberto Chust e Figueiredo Filho, Jasson Rodrigues de – Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado: segundo a NBR-6118 (NB1/80) e a proposta de 1999 (NB1/99), EdUFSCar, São Carlos – SP, 2001;

16. DNER, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – Manual de Drenagem de Rodovias, Rio de Janeiro – RJ, 1990;
17. DNER, Departamento Nacional de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem – Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem, Rio de Janeiro – RJ, 1990;
18. DNER, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – Manual de Projeto de Obras-de-Arte Especiais, Rio de Janeiro – RJ, 1996;
19. DNER, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários (Escopos Básicos/Instruções de Serviços), Rio de Janeiro – RJ, 1999;
20. DNIT, Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes – Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias, 2ª Edição, Rio de Janeiro – RJ, 2004;
21. GPRH, Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos – Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa – MG , <http://www.ufv.br/dea/gprh>, acessado em janeiro de 2005;
22. IAP, Instrucción sobre las Acciones a Considerar en el Proyecto de Puentes de Carretera – Dirección General de Carreteras, Madrid – España: Ministerio de Fomento. Centro de Publicaciones, 1998;
23. Folha Online, Jornal Folha de São Paulo – <http://www1.folha.uol.com.br/foalha/dinheiro/ult91u92869.shtml> e <http://www1.folha.uol.com.br/foalha/cotidiano/ult95u104704.shtml>, acesso em fevereiro de 2005;
24. Fusco, Péricles Brasiliense – Técnicas de Armar as Estruturas de Concreto, Editora Pini Ltda, São Paulo – SP, 1995;
25. Lee, Shu Han – Introdução ao Projeto Geométrico de Estradas – Programa especial de treinamento, Engenharia Civil – UFSC, Florianópolis, 2000;
26. LFMN, Laboratório de Física de Nuvens e Mesoescala – Universidade Federal do Ceará – CE, www.fisica.ufc.br/lfnm; acesso em maio de 2005;
27. Paiva, João Batista Dias de et al – Hidrologia Aplicada à Gestão de Pequenas Bacias Hidrográficas, Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre – RS, 2001;
28. Pfeil, Walter – Pontes em Concreto Armado, Volume 1, 3ª edição, Livros Técnicos e Científicos Editora S. A., Rio de Janeiro – RJ, 1983;
29. Porto, Rubem La Laina et al – Hidrologia Aplicada, departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo – SP, 1999;

30. Pruski, Fernando Fernando et al – Escoamento Superficial, Universidade Federal de Viçosa, Ed. UFV, 2003;
31. Velloso, Dirceu de Alencar e Lopes, Francisco de Rezende – Fundações, Volume 2, COPPE – UFRJ Editora, Rio de Janeiro – RJ, 2002;
32. Rüsçh, H. – Tabelas para o Dimensionamento de Lajes de Pontes, Editora W. Ernst U. Sohn, Berlim, 1965.

APÊNDICE A – Ações na Superestrutura

Ações Permanentes Diretas

Peso Próprio

Cargas Distribuídas

Elementos Estruturais

Área (m ²)	Peso Específico (kN/m ³)	Carga (kN/m)
7,31	25,00	182,71

Revestimento em concreto simples do Passeio de Pedestres

Área (m ²)	Peso Específico (kN/m ³)	Carga (kN/m)
0,15	24,00	3,60
0,16	24,00	3,84
Total (kN/m)		7,44

Pavimentação das Pistas de Rolamento

Área (m ²)	Peso Específico (kN/m ³)	Carga (kN/m)
0,71	24,00	17,04

Pavimentação das Pistas de Rolamento (recapeamento)

Comprimento (m)	Peso Específico (kN/m ²)	Carga (kN/m)
13,20	2,00	26,40

Barreira

Área (m ²)	Peso Específico (kN/m ³)	Carga (kN/m)
0,22	25,00	5,50
0,22	25,00	5,50
Total (kN/m)		11,00

Guarda-corpo de concreto		
Área (m²)	Peso Específico (kN/m³)	Carga (kN/m)
0,03	25,00	0,75
0,03	25,00	0,75
Total (kN/m)		1,50

Guarda-corpo metálico		
Especificação	Carga Unitária (kN/m)	Quantidade
Carga vertical (kN/m)	2,00	2,00
Carga Total (kN/m)		4,00

Carga Vertical Permanente Total (kN/m)	250,09
---	---------------

Ações Variáveis

Cargas Distribuídas Móveis

Determinação do coeficiente de impacto	
Vão Teórico	Coef. de Impacto (φ)
25,00	1,23

Pistas de Rolamento			
Largura da Pista	Carga p (kN/m²)	Carregamento (kN/m²)	Carreg. Total (kN/m)
13,20	5,00	6,13	80,85

Passeio		
Largura do Passeio	Carregamento p' (kN/m²)	Carreg. Total (kN/m)
1,50	3,00	4,50
1,50	3,00	4,50
Total (kN/m)		9,00

Cargas Concentradas Móveis

Pistas de Rolamento			
Carga/eixo do Veículo	Carregamento P (kN/m ²)	Carga concentrada P (kN)	Carga P' (kN)
150,00	5,00	30,00	147,00
150,00	5,00	30,00	147,00
150,00	5,00	30,00	147,00
Total (kN)			441,00

Efeitos da Aceleração e Frenagem (Força horizontal paralela ao eixo do Tabuleiro)			
Especificação	Carga	%	Força
Carregamento tabuleiro	3.300,00	0,05	165,00
Veículo tipo	450,00	0,30	135,00
Força de frenagem e aceleração (kN)			165,00
Força de frenagem e aceleração p/ 2 pistas com mesmo sentido (kN)			330,00

Carga de Vento

Cargas do Modelo Estático da NBR-6123 (1988)

Velocidade Básica do Vento (V_0, m/s) =	37,00
Fator Topográfico (S_1) =	1,00
Fator de Rugosidade (S_2) =	0,62
Fator Estatístico (S_3)	1,10

Velocidade de Projeto (rajada de 10 min)	
V_p (m/s) =	25,23
V_p (km/h) =	90,84

Pressão Dinâmica do Vento	
q (kN/m ²) =	0,39

Força de Vento de Arrasto (F_a)

Coeficiente de Arrasto (C_a)	
Gabarito do veículo tipo	2,00
$e_{\text{tabuleiro}}$ (m)	1,95
$h_{\text{fundo tabuleiro}}$ (m) =	1,00
h (m) =	4,95
a (m) =	25,00
b (m) =	17,40
l_1 (m) =	50,00
l_2 (m) =	17,40
h / l_1 =	0,10
l_1 / l_2 =	2,87
C_a =	Indeterminado pela NBR-6123 (1988)
F_a (kN/m) =	$1,54C_a$

Cargas de Vento de Arrasto (F_a) Segundo a IAP (1998)

V_p (m/s) =	25,23
q (N/m ²) =	397,97
q (kN/m ²) =	0,40
Espessura do tabuleiro + Gab. do Veículo, h (m) =	3,95
Largura do tabuleiro, L (m) =	17,40
L/h =	4,41
C_D =	1,10
F_a (kN/m) =	1,73
Fator de redução =	0,50
$F_{a, \text{corrigido}}$ (kN/m) =	0,86

Força de Vento de Sobrepressão (F_{sob}) e de Sucção (F_{suc})

Coeficiente de Pressão (C_p)	
Primeira condição	
Limite inferior =	0,000
$tg \theta =$	0,025
Limite superior =	0,200
Verificação =	Condição satisfeita
Segunda condição	
l_2 (profundidade, m) =	2,95
$0,50 \cdot l_2$ (profundidade, m) =	1,48
h nível d'água ao fundo tabuleiro (m) =	1,00
Verificação =	Condição não satisfeita

Cargas de Vento de Sobrepressão (F_{sob}) e de Sucção (F_{suc}) segundo IAP (1998)

Forças de Pressão (F_p)	
V_p (m/s) =	25,23
ρ (kg/m ³) =	1,25
q (N/m ²) =	397,97
q (kN/m ²) =	0,40
$L_{tabuleiro}$ (m) =	17,40
C_p =	0,50
F_p (kN/m) =	3,46

Resumo de Forças Estáticas do Vento		
Força de Arrasto	F_a (kN/m) =	0,86
Força de Sobrepressão	F_{sob} (kN/m) =	3,46
Força de Sucção	F_{suc} (kN/m) =	3,46

APÊNDICE B – Combinação de Momento Fletor no Tabuleiro

Nós	Momento Fletor (kNm)					Combinações (kNm)			
	Carga Perman.	Cargas Variáveis		Carga de Vento		Carregamento Principal			Pior Situação
		Menor	Maior	Sobrep.	Sucção	1 Carga Móvel	2 Vento Sobrep.	3 Vento Sucção	
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	2.219,55	755,92	1.183,94	30,71	-30,71	4.790,68	4.310,63	2.176,56	4.790,68
3	4.189,01	1.421,99	2.234,38	57,95	-57,95	9.041,42	8.135,44	4.107,88	9.041,42
4	5.908,38	1.998,21	3.151,76	81,74	-81,74	12.752,86	11.474,89	5.793,94	12.752,86
5	7.377,65	2.484,58	3.936,71	102,07	-102,07	15.925,84	14.329,58	7.234,75	15.925,84
6	8.596,84	2.881,10	4.589,99	118,94	-118,94	18.561,47	16.700,28	8.430,32	18.561,47
7	9.565,94	3.187,77	5.112,58	132,34	-132,34	20.661,09	18.587,92	9.380,66	20.661,09
8	10.284,95	3.404,59	5.505,58	142,29	-142,29	22.226,27	19.993,60	10.085,74	22.226,27
9	10.753,87	3.531,56	5.794,60	148,78	-148,78	23.292,83	20.942,42	10.545,58	23.292,83
10	10.972,70	3.568,68	5.957,81	151,81	-151,81	23.830,23	21.412,97	10.760,17	23.830,23
11	10.941,44	3.515,95	5.994,02	151,37	-151,37	23.836,79	21.404,07	10.729,52	23.836,79
12	10.660,09	3.373,37	5.904,82	147,48	-147,48	23.314,76	20.917,32	10.453,62	23.314,76
13	10.128,64	3.140,94	5.692,01	140,13	-140,13	22.266,62	19.954,45	9.932,46	22.266,62
14	9.347,11	2.818,66	5.357,52	129,32	-129,32	20.695,11	18.517,37	9.166,06	20.695,11
15	8.315,49	2.406,53	4.903,48	115,04	-115,04	18.603,19	16.608,15	8.154,43	18.603,19
16	7.033,78	1.904,55	4.332,17	97,31	-97,31	15.994,07	14.229,05	6.897,55	15.994,07
17	5.501,98	1.312,72	3.646,04	76,12	-76,12	12.871,17	11.382,46	5.395,41	12.871,17
18	3.720,09	631,04	2.847,73	51,47	-51,47	9.238,18	8.070,96	3.648,03	9.238,18
19	1.688,11	-140,49	1.940,02	23,35	-23,35	5.099,00	4.297,26	1.655,42	5.099,00
20	-593,96	-1.001,87	925,87	-8,22	8,22	-2.241,07	-1.824,88	-582,45	-2.241,07
21	-3.126,13	-1.953,10	-191,57	-43,25	43,25	-7.147,25	-6.351,17	-3.065,58	-7.147,25
22	-5.908,38	-2.994,18	-1.409,01	-81,74	81,74	-12.532,25	-11.320,46	-5.793,94	-12.532,25
23	-8.940,72	-4.125,11	-2.722,97	-123,70	123,70	-18.396,07	-16.732,80	-8.767,54	-18.396,07
24	-12.223,15	-5.345,89	-4.129,81	-169,11	169,11	-24.738,71	-22.588,14	-11.986,40	-24.738,71
25	-15.755,67	-6.656,52	-5.625,79	-217,98	217,98	-31.560,17	-28.886,50	-15.450,50	-31.560,17
26	-19.538,28	-8.057,00	-7.008,30	-270,31	270,31	-38.860,45	-35.627,89	-19.159,85	-38.860,45
27	-15.755,67	-6.656,52	-5.625,79	-217,98	217,98	-31.560,17	-28.886,50	-15.450,50	-31.560,17
28	-12.223,15	-5.345,89	-4.129,81	-169,11	169,11	-24.738,71	-22.588,14	-11.986,40	-24.738,71
29	-8.940,72	-4.125,11	-2.722,97	-123,69	123,69	-18.396,06	-16.732,78	-8.767,55	-18.396,06

APÊNDICE C – Combinação de Força Cortante no Tabuleiro

Força Cortante (kN)						Combinações (kN)			
Nós	Carga Permanente	Cargas Variáveis				Carregamento Principal			Pior Situação
		Carga Móvel		Carga de Vento		1	2	3	
		maior	menor	Sobrep.	Sucção	Carga Móvel	Vento Sobrep.	Vento Sucção	
1	2344,59	1250,79	800,85	0,00	0,00	5033,53	4508,20	2344,59	5033,53
2	2094,50	1139,01	711,00	30,71	-30,71	4552,71	4091,52	2051,51	4552,71
3	1844,41	1027,34	621,15	57,95	-57,95	4069,13	3670,10	1763,28	4069,13
4	1594,32	915,60	531,30	81,74	-81,74	3582,55	3243,77	1479,88	3582,55
5	1344,23	804,26	428,46	102,07	-102,07	3093,62	2812,99	1201,33	3093,62
6	1094,14	693,16	316,79	118,94	-118,94	2602,13	2377,61	927,62	2602,13
7	844,05	582,34	205,26	132,34	-132,34	2108,11	1937,64	658,77	2108,11
8	593,96	471,83	93,93	142,29	-142,29	1611,63	1493,14	394,75	1611,63
9	343,87	361,69	-17,18	148,78	-148,78	1112,76	1044,17	135,58	1112,76
10	93,78	251,94	-128,00	151,81	-151,81	611,53	590,73	-118,75	611,53
11	-156,31	142,64	-238,51	151,37	-151,37	-425,60	-240,66	-368,23	-425,60
12	-406,40	33,83	-348,66	147,48	-147,48	-933,20	-704,17	-612,87	-933,20
13	-656,49	-74,45	-458,41	140,13	-140,13	-1443,15	-1172,15	-852,67	-1443,15
14	-906,58	-182,16	-567,72	129,32	-129,32	-1955,39	-1644,53	-1087,63	-1955,39
15	-1156,67	-289,25	-676,53	115,04	-115,04	-2469,85	-2121,28	-1317,73	-2469,85
16	-1406,76	-395,69	-784,82	97,31	-97,31	-2986,47	-2602,35	-1542,99	-2986,47
17	-1656,85	-501,43	-892,53	76,12	-76,12	-3505,19	-3087,70	-1763,42	-3505,19
18	-1906,94	-606,29	-999,64	51,47	-51,47	-4025,98	-3577,31	-1979,00	-4025,98
19	-2157,03	-710,51	-1106,08	23,35	-23,35	-4548,74	-4071,11	-2189,72	-4548,74
20	-2407,12	-813,91	-1211,83	-8,22	8,22	-5073,43	-4569,07	-2395,61	-5073,43
21	-2657,21	-916,44	-1316,69	-43,25	43,25	-5599,79	-5071,00	-2596,66	-5599,79
22	-2907,30	-1018,06	-1420,92	-81,74	81,74	-6128,17	-5577,16	-2792,86	-6128,17
23	-3157,39	-1118,72	-1524,32	-123,70	123,70	-6658,30	-6087,36	-2984,21	-6658,30
24	-3407,48	-1218,40	-1626,86	-169,11	169,11	-7190,13	-6601,55	-3170,73	-7190,13
25	-3657,57	-1313,61	-1728,49	-217,98	217,98	-7723,59	-7119,69	-3352,40	-7723,59
26	3907,66	1829,27	1403,46	-270,31	270,31	7804,64	6884,97	4286,09	7804,64
27	3657,57	1728,61	1313,61	-217,98	217,98	7357,55	6509,46	3962,74	7357,55
28	3407,48	1626,99	1218,49	-169,11	169,11	6906,21	6128,17	3644,23	6906,21
29	3157,39	1524,46	1118,82	-123,69	123,69	6450,69	5741,15	3330,56	6450,69
30	2907,30	1421,06	1018,17	-81,74	81,74	5991,04	5348,42	3021,74	5991,04

Força Cortante (kN)						Combinações (kN)			
Nós	Carga Permanente	Cargas Variáveis				Carregamento Principal			Pior Situação
		Carga Móvel		Carga de Vento		1	2	3	
		maior	menor	Sobrep.	Sucção	Carga Móvel	Vento Sobrep.	Vento Sucção	
31	2657,21	1316,84	916,56	-43,25	43,25	5527,34	4950,05	2717,76	5527,34
32	2407,12	1211,83	814,03	-8,22	8,22	5059,63	4546,05	2418,63	5059,63
33	2157,03	1106,08	710,65	23,36	-23,36	4587,98	4136,50	2124,33	4587,98
34	1906,94	999,64	606,43	51,47	-51,47	4112,45	3721,42	1834,88	4112,45
35	1656,85	892,53	501,43	76,12	-76,12	3633,07	3300,84	1550,28	3633,07
36	1406,76	784,64	395,69	97,31	-97,31	3149,70	2874,65	1270,53	3149,70
37	1156,67	676,34	289,09	115,05	-115,05	2662,86	2443,22	995,60	2662,86
38	906,58	567,52	181,98	129,32	-129,32	2172,37	2006,43	725,53	2172,37
39	656,49	458,21	74,27	140,13	-140,13	1678,29	1564,31	460,31	1678,29
40	406,40	348,46	-34,02	147,48	-147,48	1180,69	1116,92	199,93	1180,69
41	156,31	238,31	-142,83	151,38	-151,38	679,63	664,31	-55,62	679,63
42	-93,78	127,79	-252,14	151,81	-151,81	-356,77	-165,86	-306,31	-356,77
43	-343,87	16,96	-361,89	148,78	-148,78	-863,09	-627,78	-552,16	-863,09
44	-593,96	-94,14	-472,04	142,29	-142,29	-1372,88	-1094,94	-793,17	-1372,88
45	-844,05	-205,48	-582,55	132,35	-132,35	-1886,07	-1567,28	-1029,34	-1886,07
46	-1094,14	-317,01	-693,37	118,94	-118,94	-2402,60	-2044,78	-1260,66	-2402,60
47	-1344,23	-428,68	-804,48	102,07	-102,07	-2922,46	-2527,41	-1487,13	-2922,46
48	-1594,32	-531,30	-915,81	81,74	-81,74	-3445,52	-3015,11	-1708,76	-3445,52
49	-1844,41	-621,15	-1027,34	57,96	-57,96	-3971,76	-3507,82	-1925,55	-3971,76
50	-2094,50	-711,00	-1139,01	30,71	-30,71	-4501,12	-4005,54	-2137,49	-4501,12
51	-2344,59	-800,85	-1250,79	0,00	0,00	-5033,53	-4508,20	-2344,59	-5033,53

APÊNDICE D – Determinação das Solicitações nas Lajes do Tabuleiro

Laje 1 = Laje 6 - Balanço		
Ações Permanentes		
Peso Próprio		
Cargas Distribuidas		
Elementos Estruturais		
Área (m²)	Peso Específico (kN/m³)	Carga (kN/m)
0,36	25,00	9,00
Pavimentação do Passeio de Pedestres		
Área (m²)	Peso Específico (kN/m³)	Carga (kN/m)
0,16	24,00	3,84
Guarda-corpo de concreto		
Área (m²)	Peso Específico (kN/m³)	Carga (kN/m)
0,03	25,00	0,75
Guarda-corpo metálico		
Carga Unitária (kN/m)	Quantidade	Carga Total (kN/m)
2,00	1,00	2,00
Carga Vertical Permanente Total (kN/m)		15,59
Momento Fletor devido a Carga Permanente		
Carga distribuida (kN/m)	Vão (m)	Momento Fletor (kNm)
15,59	1,50	-17,54
Força Cortante devido a Carga Permanente		
Carga distribuida (kN/m)	Vão (m)	Força Cortante (kN)
15,59	1,50	-23,39

Laje 1 = Laje 6 - Balanço

Ações Variáveis

Cargas Móveis

Passeios

Largura do Passeio (m)	Carregamento (kN/m ²)	Carregamento (kN/m)
1,50	3,00	4,50

Momento Fletor devido a Carga Móvel

Carga distribuída (kN/m)	Vão (m)	Momento Fletor (kNm)
4,50	1,50	-5,06

Força Cortante devido a Carga Móvel

Carga distribuída (kN/m)	Vão (m)	Força Cortante (kN)
4,50	1,50	-6,75

Carga de Vento

Forças de Vento

Força de Arrasto (kN/m)	0,86
Força de Sobrepressão (kN/m)	3,46
Força de Sucção (kN/m)	3,46

Momento Fletor devido a Carga de Vento de Sobrepressão

Carga distribuída (kN/m)	Vão (m)	Momento Fletor (kNm)
3,46	1,50	-3,90

Força Cortante devido a Carga de Vento de Sobrepressão

Carga distribuída (kN/m)	Vão (m)	Força Cortante (kN)
3,46	1,50	-5,19

Momento Fletor devido a Carga de Vento de Sucção

Carga distribuída (kN/m)	Vão (m)	Momento Fletor (kNm)
3,46	1,50	3,90

Força Cortante devido de Vento de Sucção							
Carga distribuída (kN/m)	Vão (m)			Força Cortante (kN)			
3,46	1,50			5,19			
Momento Fletor (kNm)				Combinações (kNm)			
Carga Permanente	Carga Móvel	Cargas Variáveis		Carregamento Principal			Pior Situação
		Carga de Vento		1	2	3	
		Sobrep.	Sucção	Carga Móvel	Vento Sobrep.	Vento Sucção	
-17,54	-5,06	-3,90	3,90	-34,91	-34,97	-19,10	-34,97
Força Cortante (kN)				Combinações (kN)			
Carga Permanente	Carga Móvel	Cargas Variáveis		Carregamento Principal			Pior Situação
		Carga de Vento		1	2	3	
		Sobrep.	Sucção	Carga Móvel	Vento Sobrep.	Vento Sucção	
-23,39	-6,75	-5,19	5,19	-46,55	-46,62	-25,47	-46,62

Laje 2, Laje 3, Laje 4 e Laje 5 = Lajes biengastadas		
Ações Permanentes		
Peso Próprio		
Cargas Distribuídas		
Elementos Estruturais		
Espessura (m)	Peso Específico (tf/m ³)	Carga (tf/m ²)
0,20	2,50	0,50
Pavimentação das Pistas de Rolamento		
Espessura (m)	Peso Específico (tf/m ³)	Carga (tf/m ²)
0,07	2,40	0,17
0,04	2,40	0,08

Pavimentação das Pistas de Rolamento (recapeamento)				
Peso Específico (kN/m²)			Carga (tf/m²)	
2,00			0,20	
Carga das Lajes 2 e 5		0,78		
Carga das Lajes 3 e 4		0,87		
Ações Variáveis				
Coefficiente de Impacto				
Vão Teórico (m)			Coefficiente de Impacto	
25,00			1,23	
Carga Distribuída				
Multidão de Pessoas		Multidão de Veículos		
Carregamento (tf/m²)		Carregamento (tf/m²)		
0,30		0,50		
Cargas Concentradas				
Pistas de Rolamento				
Carga/roda do Veículo (tf)				
7,50	7,50			
7,50	7,50			
7,50	7,50			
Parâmetros de Entrada da Tabela de Rüsçh				
Nº da Laje	2	3	4	5
Espessura Pav (m)	0,04	0,07	0,07	0,04
Espessura Laje (m)	0,20	0,20	0,20	0,20
L_z (m)	3,30	3,60	3,60	3,30
L_x (m)	50,00	50,00	50,00	50,00
L_x/L_z	infinito	infinito	infinito	infinito
t (m)	0,77	0,84	0,84	0,77

t/a	0,39	0,42	0,42	0,39
L_z/a	1,65	1,80	1,80	1,65
Carga Permanente - Momento Fletor (tfm)				
k_{mzm}	0,0417	0,0417	0,0417	0,0417
k_{mxm}	0,0069	0,0069	0,0069	0,0069
k_{mze}	0,0833	0,0833	0,0833	0,0833
g (tf/m ²)	0,78	0,87	0,87	0,78
M_{zmg}	0,36	0,47	0,47	0,36
M_{zeg}	0,71	0,94	0,94	0,71
M_{xmg}	0,06	0,08	0,08	0,06
Carga Permanente - Força Cortante (tf)				
Q_{zg}	1,29	1,56	1,56	1,29
Carga Móvel - Momento Fletor (tfm)				
$M_{zmVeículo}$	0,219	0,247	0,247	0,219
tabela $L_z/a = 1,5$ e $t/a = 0,25$	0,216	0,216	0,216	0,216
tabela $L_z/a = 2,0$ e $t/a = 0,25$	0,290	0,290	0,290	0,290
tabela $L_z/a = 1,5$ e $t/a = 0,50$	0,175	0,175	0,175	0,175
tabela $L_z/a = 2,0$ e $t/a = 0,50$	0,250	0,250	0,250	0,250
$1,5 < L_z/a < 2,0$ e $t/a = 0,25$	0,238	0,260	0,260	0,238
$1,5 < L_z/a < 2,0$ e $t/a = 0,50$	0,198	0,220	0,220	0,198
M_{zmp}	0,000	0,000	0,000	0,000
$L_z/a = 1,5$	0,000	0,000	0,000	0,000
$L_z/a = 2,0$	0,000	0,000	0,000	0,000
M_{zmp}'	0,065	0,080	0,080	0,065
$L_z/a = 1,5$	0,050	0,050	0,050	0,050
$L_z/a = 2,0$	0,100	0,100	0,100	0,100
M_{zmq}	2,040	2,303	2,303	2,040
$M_{zeVeículo}$	0,422	0,479	0,479	0,422
tabela $L_z/a = 1,5$ e $t/a = 0,25$	0,400	0,400	0,400	0,400
tabela $L_z/a = 2,0$ e $t/a = 0,25$	0,560	0,560	0,560	0,560
tabela $L_z/a = 1,5$ e $t/a = 0,50$	0,340	0,340	0,340	0,340
tabela $L_z/a = 2,0$ e $t/a = 0,50$	0,510	0,510	0,510	0,510

$1,5 < L_z/a < 2,0$ e $t/a = 0,25$	0,448	0,496	0,496	0,448
$1,5 < L_z/a < 2,0$ e $t/a = 0,50$	0,391	0,442	0,442	0,391
M_{zep}	0,009	0,018	0,018	0,009
$L_z/a = 1,5$	0,000	0,000	0,000	0,000
$L_z/a = 2,0$	0,030	0,030	0,030	0,030
$M_{zep'}$	0,350	0,350	0,350	0,350
$L_z/a = 1,5$	0,350	0,350	0,350	0,350
$L_z/a = 2,0$	0,350	0,350	0,350	0,350
M_{zeq}	4,009	4,538	4,538	4,009
$M_{xmVeículo}$	0,117	0,134	0,134	0,117
tabela $L_z/a = 1,5$ e $t/a = 0,25$	0,134	0,134	0,134	0,134
tabela $L_z/a = 2,0$ e $t/a = 0,25$	0,168	0,168	0,168	0,168
tabela $L_z/a = 1,5$ e $t/a = 0,50$	0,080	0,080	0,080	0,080
tabela $L_z/a = 2,0$ e $t/a = 0,50$	0,096	0,096	0,096	0,096
$1,5 < L_z/a < 2,0$ e $t/a = 0,25$	0,144	0,154	0,154	0,144
$1,5 < L_z/a < 2,0$ e $t/a = 0,50$	0,085	0,090	0,090	0,085
M_{xmp}	0,000	0,000	0,000	0,000
$L_z/a = 1,5$	0,000	0,000	0,000	0,000
$L_z/a = 2,0$	0,000	0,000	0,000	0,000
$M_{xmp'}$	0,036	0,042	0,042	0,036
$L_z/a = 1,5$	0,030	0,030	0,030	0,030
$L_z/a = 2,0$	0,050	0,050	0,050	0,050
M_{xmq}	1,087	1,243	1,243	1,087
Carga Móvel - Força Cortante (tf)				
$Q_zVeículo$	1,069	1,171	1,171	1,069
tabela $L_z/a = 1,5$ e $t/a = 0,25$	1,320	1,320	1,320	1,320
tabela $L_z/a = 2,0$ e $t/a = 0,25$	1,380	1,380	1,380	1,380
tabela $L_z/a = 1,5$ e $t/a = 0,50$	0,730	0,730	0,730	0,730
tabela $L_z/a = 2,0$ e $t/a = 0,50$	0,810	0,810	0,810	0,810
$1,5 < L_z/a < 2,0$ e $t/a = 0,25$	1,338	1,356	1,356	1,338
$1,5 < L_z/a < 2,0$ e $t/a = 0,50$	0,754	0,778	0,778	0,754
Q_{zp}	0,026	0,032	0,032	0,026

$L_z/a = 1,5$	0,020	0,020	0,020	0,020
$L_z/a = 2,0$	0,040	0,040	0,040	0,040
Q_{zp}'	0,057	0,084	0,084	0,057
$L_z/a = 1,5$	0,030	0,030	0,030	0,030
$L_z/a = 2,0$	0,120	0,120	0,120	0,120
Q_{zq}	9,862	10,809	10,809	9,862
Combinações				
	Laje 2	Laje 3	Laje 4	Laje 5
M_{zm} (tfm)	3,355	3,881	3,881	3,355
M_{ze} (tfm)	6,609	7,665	7,665	6,609
M_{xm} (tfm)	1,604	1,85	1,85	1,604
M_{zm} (kNm)	33,550	38,810	38,810	33,550
M_{ze} (kNm)	66,090	76,650	76,650	66,090
M_{xm} (kNm)	16,040	18,500	18,500	16,040
Q_z (tf)	15,617	17,321	17,321	15,617
Q_z (kN)	156,17	173,21	173,21	156,17

Laje de Acesso		
Ações Permanentes		
Peso Próprio		
Cargas Distribuídas		
Elementos Estruturais		
Espessura (m)	Peso Específico (tf/m³)	Carga (tf/m²)
0,20	2,50	0,50
Pavimentação das Pistas de Rolamento		
Espessura (m)	Peso Específico (tf/m³)	Carga (tf/m²)
0,07	2,40	0,17
Pavimentação das Pistas de Rolamento (recapeamento)		
Peso Específico (kN/m²)		Carga (tf/m²)
2,00		0,20

Carga da Laje de Acesso (tf/m²)		0,87
Ações Variáveis		
Coefficiente de Impacto		
Vão Teórico	Coef. de Impacto (φ)	
4,00	1,37	
Carga Distribuída		
Multidão de Pessoas	Multidão de Veículos	
Carregamento (tf/m²)	Carregamento (tf/m²)	
0,30	0,50	
Cargas Concentradas		
Pistas de Rolamento		
Carga/roda do Veículo (tf)		
7,50	7,50	
7,50	7,50	
7,50	7,50	
Parâmetros de Entrada da Tabela de Rüsçh		
Nº da Laje	Laje de Acesso	
Espessura Pav	0,07	
Espessura Laje	0,20	
L_z	4,00	
L_x	17,80	
L_x/L_z	infinito	
t	0,84	
t/a	0,42	
L_z/a	2,00	

Carga Permanente - Momento Fletor	
k_{mzm}	0,1250
k_{mzm}	0,0208
k_{mze}	0,0000
g (t/m ²)	0,87
M_{zmg}	1,74
M_{zeg}	0,00
M_{xmg}	0,29
Carga Permanente - Cortante	
Q_{zg}	1,74
Carga Móvel - Momento Fletor	
$M_{zmVeiculo}$	0,471
tabela $L_z/a = 1,5$ e $t/a = 0,25$	0,340
tabela $L_z/a = 2,0$ e $t/a = 0,25$	0,487
tabela $L_z/a = 1,5$ e $t/a = 0,50$	0,290
tabela $L_z/a = 2,0$ e $t/a = 0,50$	0,438
$1,5 < L_z/a < 2,0$ e $t/a = 0,25$	0,487
$1,5 < L_z/a < 2,0$ e $t/a = 0,50$	0,438
M_{zmp}	0,000
$L_z/a = 1,5$	0,000
$L_z/a = 2,0$	0,000
M_{zmp}'	1,000
$L_z/a = 1,5$	0,500
$L_z/a = 2,0$	1,000
M_{zmq}	5,261
$M_{zeVeiculo}$	0,000
tabela $L_z/a = 1,5$ e $t/a = 0,25$	0,000
tabela $L_z/a = 2,0$ e $t/a = 0,25$	0,000
tabela $L_z/a = 1,5$ e $t/a = 0,50$	0,000

tabela $L_z/a = 2,0$ e $t/a = 0,50$ $1,5 < L_z/a < 2,0$ e $t/a = 0,25$ $1,5 < L_z/a < 2,0$ e $t/a = 0,50$ M_{zep} $L_z/a = 1,5$ $L_z/a = 2,0$ M_{zep}' $L_z/a = 1,5$ $L_z/a = 2,0$ M_{zeq}	0,000 0,000 0,000 0,000 0,000 0,000 0,000 0,000 0,000 0,000 0,000
$M_{zmVeículo}$ tabela $L_z/a = 1,5$ e $t/a = 0,25$ tabela $L_z/a = 2,0$ e $t/a = 0,25$ tabela $L_z/a = 1,5$ e $t/a = 0,50$ tabela $L_z/a = 2,0$ e $t/a = 0,50$ $1,5 < L_z/a < 2,0$ e $t/a = 0,25$ $1,5 < L_z/a < 2,0$ e $t/a = 0,50$ M_{zmp} $L_z/a = 1,5$ $L_z/a = 2,0$ M_{zmp}' $L_z/a = 1,5$ $L_z/a = 2,0$ M_{zmq}	0,495 0,206 0,288 0,138 0,205 0,631 0,205 0,000 0,000 0,000 0,190 0,090 0,190 5,168
Carga Móvel - Cortante	
$Q_{zVeículo}$ tabela $L_z/a = 1,5$ e $t/a = 0,25$ tabela $L_z/a = 2,0$ e $t/a = 0,25$ tabela $L_z/a = 1,5$ e $t/a = 0,50$ tabela $L_z/a = 2,0$ e $t/a = 0,50$ $1,5 < L_z/a < 2,0$, $t/a = 0,25$ $1,5 < L_z/a < 2,0$, $t/a = 0,50$	1,155 1,320 1,360 0,660 0,720 1,360 0,720

Q_{zp}	0,000
$L_z/a = 1,5$	0,000
$L_z/a = 2,0$	0,000
Q_{zp}'	0,500
$L_z/a = 1,5$	0,350
$L_z/a = 2,0$	0,500
Q_z	12,093

Combinações	
M_{zm} (tfm)	9,796
M_{ze} (tfm)	0,00
M_{xm} (tfm)	7,64
M_{zm} (kNm)	97,960
M_{ze} (kNm)	0,000
M_{xm} (kNm)	76,400
Q_z (tf)	19,36
Q_z (kN)	193,60

APÊNDICE E – Dimensionamento das Lajes à Flexão

Dados de projeto		
Tipo de Aço =	CA-50	
f_{yk} (MPa) =	500,00	
f_{ck} (MPa) =	30,00	
f_{ctm} (MPa) =	2,90	
$f_{ctk, inf}$ (MPa) =	2,03	
$f_{ctk, sup}$ (MPa) =	3,77	
E_{ci} (MPa) =	30672,46	(Módulo de Elasticidade Inicial do Concreto, NBR 6118/2003)
E_{cs} (MPa) =	26071,59	(Módulo de Elasticidade Secante do Concreto, NBR 6118/2003)
ν =	0,20	(Coeficiente de Poisson do Concreto, item 8.2.9, NBR 6118/2003)
G_c (MPa) =	10428,64	(Módulo de Elasticidade Transversal do Concreto, NBR 6118/2003)
E_s (MPa) =	210000	(Módulo de Elasticidade do Aço, NBR 6118/2003)

Cargas Permanentes (g)		
$\gamma_{concreto\ armado}$ (kN/m ³) =	25,00	(Peso Específico do Concreto Armado, item 8.2.2 da NBR6118/2003)
γ_g =	1,4	(Coeficiente de Majoração das Ações Permanentes Desfavoráveis para o ELU, item 11.7.1 da NBR6118/2003)

Cargas Acidentais (q)		
q (kN/m ²) =	2,00	(Sobrecarga de Utilização)
γ_q =	1,4	(Coeficiente de Majoração das Ações Acidentais Variáveis Gerais para o ELU, item 11.7.1 da NBR6118/2003)

Estado Limite Último (ELU)		
$\gamma_s =$	1,15	(Coeficientes de Minoração das Resistências para o ELU, item NBR6118/2003)
$\gamma_c =$	1,40	
$\epsilon_{yd} =$	0,0027014	Limite de escoamento do aço
f_{yd} (MPa) =	434,78	Resistência do Aço e do Concreto para fins de cálculo no ELU
f_{cd} (MPa) =	21,43	
f_{ctd} (MPa) =	1,45	

Dimensionamento das Armaduras Positivas e Negativas		
$\phi_{m\acute{a}x}$ da bitola (mm) =	25,00	(Diâmetro Máximo da Bitola do Aço Utilizado, item 7.4.7 da NBR6118/2003)
$\phi_{adotado}$ (mm) =	10,00	(Diâmetro Adotado no Cálculo)
c_{nom} (cm) =	3,00	(Cobrimento Nominal, item 7.4.7 da NBR6118/2003)
$d_{M\acute{a}x, Agregado}$ (cm) =	3,60	(Diâmetro Máximo do Agregado do Concreto Utilizado, item 7.4.7.6 da NBR6118/2003)

Dimensionamento a flexão das lajes (ELU)														
Seções Transversais das lajes do tabuleiro														
Lajes c/ h=0,20m	LAJES													
	1 (-)	2 (-)	2 (+)	2 (-)	3 (-)	3 (+)	3 (-)	4 (-)	4 (+)	4 (-)	5 (-)	5 (+)	5 (-)	6 (-)
Direção	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z
M_{sd} (kNm)	34,97	66,09	33,55	66,09	76,65	38,81	76,65	76,65	38,81	76,65	66,09	33,50	66,09	34,97
$M_{sd, corrigido}$ (kNm)	52,87		37,52	71,37		41,45	76,65		41,45	71,37		37,47	52,87	
c_{nom} (cm)	3,00		3,00	3,00		3,00	3,00		3,00	3,00		3,00	3,00	
$\phi_{adotado}$ (mm)	20,00		20,00	20,00		20,00	20,00		20,00	20,00		20,00	20,00	
A_{ϕ} (cm²)	3,14		3,14	3,14		3,14	3,14		3,14	3,14		3,14	3,14	
$\rho_{s, min}$ (%)	0,15		0,15	0,15		0,15	0,15		0,15	0,15		0,15	0,15	
d_y (cm)	14,00		14,00	14,00		14,00	14,00		14,00	14,00		14,00	14,00	
d_x (cm)	16,00		16,00	16,00		16,00	16,00		16,00	16,00		16,00	16,00	
d_{medio} (cm)	15,00		15,00	15,00		15,00	15,00		15,00	15,00		15,00	15,00	
x (cm)	2,60		1,80	3,61		2,00	3,92		2,00	3,61		1,80	2,60	
x_{34} (cm)	9,42		9,42	9,42		9,42	9,42		9,42	9,42		9,42	9,42	
Domínio de Trabalho	Domínio 2		Domínio 2	Domínio 2		Domínio 2	Domínio 3		Domínio 2	Domínio 2		Domínio 2	Domínio 2	
$\rho_{s, min}$ (%)	0,15		0,10	0,15		0,15	0,15		0,15	0,15		0,15	0,15	
$A_{s min}$ (cm²)	2,25		1,51	2,25		2,25	2,25		2,25	2,25		2,25	2,25	
A_s (cm²)	8,71		6,04	12,11		6,71	13,12		6,71	12,11		6,04	8,71	
$A_{sUTILIZADO}$ (cm²)	8,71		6,04	12,11		6,71	13,12		6,71	12,11		6,04	8,71	
S_{calc} (cm)	36,07		51,98	25,94		46,79	23,94		46,79	25,94		52,06	36,07	
$S_{máx}$ (cm)	139,63		208,40	139,63		139,63	139,63		139,63	139,63		139,63	139,63	

$S_{m\acute{a}x}$ [2h ou 20] (cm)	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
$S_{UTILIZADO}$ (cm)	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
n barras	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Dimensionamento a flexão das lajes (ELU)														
Seções Transversais das lajes do tabuleiro														
Lajes	LAJES													
	1 (-)	2 (-)	2 (+)	2 (-)	3 (-)	3 (+)	3 (-)	4 (-)	4 (+)	4 (-)	5 (-)	5 (+)	5 (-)	6 (-)
Direção	Z	Z	Z		Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z
Comprimento de Ancoragem														
η_1	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25
η_2	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
η_3	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
f_{bd} (MPa)	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28
l_b (mm)	953,07	953,07	953,07	953,07	953,07	953,07	953,07	953,07	953,07	953,07	953,07	953,07	953,07	953,07
$A_{s, cal}$ (cm ²)	8,71	6,04	12,11	6,71	13,12	6,71	12,11	6,04	8,71					
A_{se} (cm ²)	15,71	15,71	15,71	15,71	15,71	15,71	15,71	15,71	15,71	15,71	15,71	15,71	15,71	15,71
α_l	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
$l_{b, min}$ (mm)	285,92	285,92	285,92	285,92	285,92	285,92	285,92	285,92	285,92	285,92	285,92	285,92	285,92	285,92
$l_{b, nec}$ (mm)	529,00	367,00	735,00	408,00	797,00	408,00	735,00	367,00	529,00					

Seções Longitudinais das lajes do tabuleiro				
Lajes c/ h=0,20m	2	3	4	5
	(+)	(+)	(+)	(+)
Direção	X	X	X	X
M_{sd} (kNm)	16,040	18,500	18,500	16,040
$M_{sd, corrigido}$ (kNm)	16,040	18,500	18,500	16,040
c_{nom} (cm)	2,00	2,00	2,00	2,00
$\phi_{adotado}$ (mm)	10,00	10,00	10,00	10,00
A_{ϕ} (cm ²)	0,79	0,79	0,79	0,79
$\rho_{s,min}$ (%)	0,15	0,15	0,15	0,15
d_y (cm)	16,50	16,50	16,50	16,50
d_x (cm)	17,50	17,50	17,50	17,50
$d_{médio}$ (cm)	17,00	17,00	17,00	17,00
x (cm)	0,66	0,76	0,76	0,66
x_{34} (cm)	10,68	10,68	10,68	10,68
Domínio de Trabalho	Domínio 2	Domínio 2	Domínio 2	Domínio 2
$\rho_{s,min}$ (%)	0,15	0,15	0,15	0,15
A_{smin} (cm ²)	2,55	2,55	2,55	2,55
A_s (cm ²)	2,20	2,55	2,55	2,20
$A_{sUTILIZADO}$ (cm ²)	2,55	2,55	2,55	2,55
$S_{cálcl}$ (cm)	123,20	123,20	123,20	123,20
$S_{máxl}$ (cm)	30,80	30,80	30,80	30,80
$S_{máxl}[2h \text{ ou } 20]$ (cm)	20,00	20,00	20,00	20,00
$S_{UTILIZADO}$ (cm)	20,00	20,00	20,00	20,00
n_{barras}	3	3	3	3
Comprimento de Ancoragem para calculo de transpasse				
η_1	2,25	2,25	2,25	2,25
η_2	1,00	1,00	1,00	1,00
η_3	1,00	1,00	1,00	1,00
f_{bd} (MPa)	3,26	3,26	3,26	3,26
l_b (mm)	333,57	333,57	333,57	333,57
$A_{s, cal}$ (cm ²)	2,20	2,55	2,55	2,20
A_{se} (cm ²)	2,36	2,36	2,36	2,36

Seções Longitudinais das lajes do tabuleiro				
Lajes	2	3	4	5
	(+)	(+)	(+)	(+)
Direção	X	X	X	X
Comprimento de Ancoragem para calculo de transpasse				
α_l	1,00	1,00	1,00	1,00
$l_{b, min}$ (mm)	100,07	100,07	100,07	100,07
$l_{b, nec}$ (mm)	313,00	361,00	361,00	313,00
α_{ot}	1,20	1,20	1,20	1,20
$l_{ot, min}$ (mm)	200,00	200,00	200,00	200,00
l_{ot} (mm)	375,60	433,20	433,20	375,60

Armadura de Distribuição e Retração (DRT)	LAJES	
	1 (+)	6 (+)
Direção	Z	Z
$0,20 \cdot A_{s, principal}$ (cm ²)	1,74	1,74
$A_{s, min}$ (cm ²)	0,90	0,90
$A_{s, UTILIZADO}$ (cm ²)	1,74	1,74
$\phi_{ADOTADO}$ (mm)	10,00	10,00
A_{ϕ} (cm ²)	0,79	0,79
$S_{c\acute{a}lc}$ (cm)	45,08	45,08
$S_{m\acute{a}x}$ (cm)	33,00	33,00
$\rho_{s, min}$ (%)	0,08	0,08
$S_{m\acute{a}x}$ (cm)	87,27	87,27
$S_{UTILIZADO}$ (cm)	33,00	33,00
n_{barras}	2	2
Comprimento de Ancoragem para calculo de transpasse		
η_1	2,25	2,25
η_2	1,00	1,00
η_3	1,00	1,00
f_{bd} (MPa)	3,26	3,26
l_b (mm)	333,57	333,57

Armadura de Distribuição e Retração (DRT)	LAJES	
	1 (+)	6 (+)
Direção	Z	Z
Comprimento de Ancoragem para calculo de transpasse		
$A_{s, cal}$ (cm ²)	1,74	1,74
A_{se} (cm ²)	1,57	1,57
α_l	1,00	1,00
$l_{b, min}$ (mm)	100,07	100,07
$l_{b, nec}$ (mm)	370,00	370,00
α_{ot}	1,20	1,20
$l_{ot, min}$ (mm)	200,00	200,00
l_{ot} (mm)	444,00	444,00

Laje de Acesso	(+)	(+)
Eixo	X	Z
M_{sd} (kNm)	76,400	97,960
$M_{sd, corrigido}$ (kNm)	76,400	97,960
h_{laje} (m)	0,25	0,25
c_{nom} (cm)	2,00	2,00
ϕ_{dotado} (mm)	20,00	20,00
A_ϕ (cm ²)	3,14	3,14
ρ_s, min (%)	0,15	0,15
d_y (cm)	20,30	20,00
d_x (cm)	22,30	22,00
d_{medio} (cm)	21,30	21,00
x (cm)	2,59	3,42
x_{34} (cm)	13,38	13,19

Domínio de Trabalho	Domínio 2	Domínio 2
$\rho_{s, \min}$ (%)	0,15	0,15
$A_{s, \min}$ (cm ²)	3,20	3,15
A_s (cm ²)	8,67	11,48
$A_{s, UTILIZADO}$ (cm ²)	8,67	11,48
$S_{c\acute{a}lc}$ (cm)	230,65	174,25
$S_{m\acute{a}x}$ (cm)	98,33	99,73
$S_{m\acute{a}x}[2h \text{ ou } 20]$ (cm)	20,00	20,00
$S_{UTILIZADO}$ (cm)	20,00	20,00
n_{barras}	3	4

APÊNDICE F – Dimensionamento das Lajes à Cortante

	Laje 1	Laje 2 esquerda	Laje 2 direita	Laje 3 esquerda	Laje 3 direita
V_{sd} (kN)	46,625	156,170	156,170	173,210	173,210
Vão (m)	1,50	3,30	3,30	3,60	3,60
l_t (m)	1,500	1,650	1,650	1,800	1,800
Apoio (m)	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
d (m)	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
l_a (m)	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73
$V_{sd, corrigido}$ (kN)	24,09	87,55	87,55	103,44	103,44
α_{w2}	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
b_w (m)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
f_{cd} (MPa)	21,43	21,43	21,43	21,43	21,43
V_{rd2} (kN)	763,71	763,71	763,71	763,71	763,71
Verificação da Biela	A biela resiste	A biela resiste	A biela resiste	A biela resiste	A biela resiste
f_{ctd} (MPa)	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45
V_c (kN)	130,34	130,34	130,34	130,34	130,34
Aporte do Concreto	O Concreto suporta todo o cortante	O Concreto suporta todo o cortante	O Concreto suporta todo o cortante	O Concreto suporta todo o cortante	O Concreto suporta todo o cortante

	Laje de Acesso
V_{sd} (kN)	193,600
Vão (m)	4,00
l_t (m)	2,000
Apoio (m)	0,35
d (m)	0,15
l_a (m)	0,73
$V_{sd, corrigido}$ (kN)	123,42
α_{v2}	0,88
b_w (m)	1,00
f_{cd} (MPa)	21,43
V_{rd2} (kN)	763,71
Verificação da Biela	A biela resiste
f_{ctd} (MPa)	1,45
V_c (kN)	130,34
Aporte do Concreto	O Concreto suporta todo o cortante

APÊNDICE G – Determinação das Solicitações nas Vigas Longitudinais

Nós	Momento Fletor (kNm)	Taxas de Transmissão de Carga					Erro	%
		0,2052	0,1891	0,2106	0,1948	0,2002		
		Calculo das Solicitações em cada Viga						
	Viga - 1	Viga - 2	Viga - 3	Viga - 4	Viga - 5			
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	4.790,68	983,16	906,13	1.009,06	933,20	959,13	0,00	-1,9E-14
3	9.041,42	1.855,52	1.710,14	1.904,39	1.761,22	1.810,16	0,00	-2,01E-14
4	12.752,86	2.617,19	2.412,14	2.686,13	2.484,19	2.553,21	0,00	-1,43E-14
5	15.925,84	3.268,36	3.012,29	3.354,45	3.102,28	3.188,46	0,00	-2,28E-14
6	18.561,47	3.809,26	3.510,81	3.909,59	3.615,68	3.716,13	0,00	0,00
7	20.661,09	4.240,15	3.907,94	4.351,83	4.024,68	4.136,49	0,00	-1,76E-14
8	22.226,27	4.561,36	4.203,98	4.681,51	4.329,57	4.449,85	0,00	-1,64E-14
9	23.292,83	4.780,25	4.405,72	4.906,16	4.537,33	4.663,39	0,00	-1,56E-14
10	23.830,23	4.890,53	4.507,36	5.019,35	4.642,01	4.770,98	0,00	-1,53E-14
11	23.836,79	4.891,88	4.508,60	5.020,73	4.643,29	4.772,29	0,00	-1,53E-14
12	23.314,76	4.784,75	4.409,86	4.910,77	4.541,60	4.667,77	0,00	-3,12E-14
13	22.266,62	4.569,64	4.211,61	4.690,00	4.337,43	4.457,93	0,00	-1,63E-14
14	20.695,11	4.247,13	3.914,37	4.359,00	4.031,31	4.143,30	0,00	-1,76E-14
15	18.603,19	3.817,82	3.518,70	3.918,38	3.623,81	3.724,49	0,00	-1,96E-14
16	15.994,07	3.282,37	3.025,19	3.368,82	3.115,57	3.202,12	0,00	-1,14E-14
17	12.871,17	2.641,47	2.434,51	2.711,05	2.507,24	2.576,90	0,00	-2,83E-14
18	9.238,18	1.895,90	1.747,35	1.945,83	1.799,55	1.849,55	0,00	-1,97E-14
19	5.099,00	1.046,44	964,45	1.074,00	993,26	1.020,85	0,00	-1,78E-14
20	-2.241,07	-459,92	-423,89	-472,03	-436,55	-448,68	0,00	0,00
21	-7.147,25	-1.466,79	-1.351,87	-1.505,42	-1.392,25	-1.430,93	0,00	-1,27E-14
22	-12.532,25	-2.571,92	-2.370,41	-2.639,66	-2.441,22	-2.509,04	0,00	-1,45E-14
23	-18.396,07	-3.775,31	-3.479,52	-3.874,75	-3.583,46	-3.683,02	0,00	-1,98E-14
24	-24.738,71	-5.076,97	-4.679,20	-5.210,70	-4.818,98	-4.952,86	0,00	-1,47E-14
25	-31.560,17	-6.476,90	-5.969,44	-6.647,50	-6.147,77	-6.318,56	0,00	-1,15E-14
26	-38.860,45	-7.975,09	-7.350,25	-8.185,15	-7.569,82	-7.780,13	0,00	-1,87E-14
27	-31.560,17	-6.476,90	-5.969,44	-6.647,50	-6.147,77	-6.318,56	0,00	-1,15E-14
28	-24.738,71	-5.076,97	-4.679,20	-5.210,70	-4.818,98	-4.952,86	0,00	-1,47E-14
29	-18.396,06	-3.775,31	-3.479,52	-3.874,75	-3.583,46	-3.683,02	0,00	-1,98E-14
30	-12.532,25	-2.571,92	-2.370,41	-2.639,66	-2.441,22	-2.509,04	0,00	-1,45E-14
31	-7.147,24	-1.466,78	-1.351,86	-1.505,42	-1.392,25	-1.430,93	0,00	-2,55E-14

Nós	Momento Fletor (kNm)	Taxas de Transmissão de Carga					Erro	%
		0,2052	0,1891	0,2106	0,1948	0,2002		
		Calculo das Solicitações em cada Viga						
		Viga - 1	Viga - 2	Viga - 3	Viga - 4	Viga - 5		
32	-2.241,07	-459,92	-423,89	-472,03	-436,55	-448,68	0,00	0,00
33	5.099,00	1.046,44	964,45	1.074,00	993,26	1.020,86	0,00	-1,78E-14
34	9.238,18	1.895,90	1.747,35	1.945,83	1.799,55	1.849,55	0,00	-1,97E-14
35	12.871,17	2.641,47	2.434,51	2.711,05	2.507,24	2.576,90	0,00	-2,83E-14
36	15.994,07	3.282,37	3.025,19	3.368,82	3.115,57	3.202,12	0,00	-1,14E-14
37	18.603,20	3.817,82	3.518,70	3.918,38	3.623,81	3.724,49	0,00	-1,96E-14
38	20.695,11	4.247,13	3.914,37	4.359,00	4.031,31	4.143,30	0,00	-1,76E-14
39	22.266,63	4.569,65	4.211,62	4.690,01	4.337,43	4.457,93	0,00	-1,63E-14
40	23.314,76	4.784,75	4.409,86	4.910,77	4.541,60	4.667,77	0,00	-3,12E-14
41	23.836,80	4.891,88	4.508,61	5.020,73	4.643,29	4.772,29	0,00	-1,53E-14
42	23.830,23	4.890,53	4.507,36	5.019,35	4.642,01	4.770,98	0,00	-1,53E-14
43	23.292,83	4.780,25	4.405,72	4.906,16	4.537,33	4.663,39	0,00	-1,56E-14
44	22.226,27	4.561,36	4.203,98	4.681,51	4.329,57	4.449,85	0,00	-1,64E-14
45	20.661,10	4.240,15	3.907,94	4.351,84	4.024,68	4.136,49	0,00	-1,76E-14
46	18.561,47	3.809,26	3.510,81	3.909,59	3.615,68	3.716,13	0,00	0,00
47	15.925,86	3.268,37	3.012,29	3.354,45	3.102,28	3.188,47	0,00	-1,14E-14
48	12.752,86	2.617,19	2.412,14	2.686,13	2.484,19	2.553,21	0,00	-1,43E-14
49	9.041,43	1.855,52	1.710,14	1.904,39	1.761,23	1.810,16	0,00	-2,01E-14
50	4.790,68	983,16	906,13	1.009,06	933,20	959,13	0,00	-1,9E-14
51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Máximo (kNm)		4.891,88	4.508,61	5.020,73	4.643,29	4.772,29		
Mínimo (kNm)		7.975,09	-7.350,25	-8.185,15	-7.569,82	-7.780,13		
b_w (m)		0,35	0,35	0,35	0,35	0,35		
KX_{34}		0,628	0,628	0,628	0,628	0,628		
d_{min} (m)		1,82	1,75	1,85	1,78	1,80		

Nós	Cortante Ponte Totalmente Carregada (kN)	Taxas de Transmissão de Carga					Erro	%
		0,2052	0,1891	0,2106	0,1948	0,2002		
		Calculo dos Esforços em cada Viga						
	Viga - 1	Viga - 2	Viga - 3	Viga - 4	Viga - 5			
1	5.033,53	1.033,00	952,07	1.060,21	980,51	1.007,75	0,00	-1,81E-14
2	4.552,71	934,32	861,12	958,93	886,85	911,48	0,00	-2E-14
3	4.069,13	835,08	769,65	857,08	792,65	814,67	0,00	-2,24E-14
4	3.582,55	735,22	677,62	754,59	697,86	717,25	0,00	-1,27E-14
5	3.093,62	634,89	585,14	651,61	602,62	619,36	0,00	-2,94E-14
6	2.602,13	534,02	492,18	548,08	506,88	520,96	0,00	-1,75E-14
7	2.108,11	432,63	398,74	444,03	410,65	422,06	0,00	-2,16E-14
8	1.611,63	330,74	304,83	339,46	313,94	322,66	0,00	-2,82E-14
9	1.112,76	228,36	210,47	234,38	216,76	222,78	0,00	-2,04E-14
10	611,53	125,50	115,67	128,81	119,12	122,43	0,00	-1,86E-14
11	-425,60	-87,34	-80,50	-89,64	-82,90	-85,21	0,00	-2,67E-14
12	-933,20	-191,52	-176,51	-196,56	-181,78	-186,83	0,00	-2,44E-14
13	-1.443,15	-296,17	-272,96	-303,97	-281,12	-288,93	0,00	-1,58E-14
14	-1.955,39	-401,29	-369,85	-411,86	-380,90	-391,48	0,00	-1,16E-14
15	-2.469,85	-506,87	-467,16	-520,22	-481,11	-494,48	0,00	-1,84E-14
16	-2.986,47	-612,90	-564,88	-629,04	-581,75	-597,91	0,00	-1,52E-14
17	-3.505,19	-719,35	-662,99	-738,30	-682,79	-701,76	0,00	-1,3E-14
18	-4.025,98	-826,23	-761,49	-847,99	-784,24	-806,03	0,00	-2,26E-14
19	-4.548,74	-933,51	-860,37	-958,10	-886,07	-910,69	0,00	-2E-14
20	-5.073,43	-1.041,19	-959,61	-1.068,61	-988,28	-1.015,74	0,00	-1,79E-14
21	-5.599,79	-1.149,21	-1.059,17	-1.179,48	-1.090,81	-1.121,12	0,00	-1,62E-14
22	-6.128,17	-1.257,65	-1.159,11	-1.290,77	-1.193,74	-1.226,90	0,00	-1,48E-14
23	-6.658,30	-1.366,44	-1.259,38	-1.402,43	-1.297,00	-1.333,04	0,00	-1,37E-14
24	-7.190,13	-1.475,59	-1.359,98	-1.514,45	-1.400,60	-1.439,51	0,00	-1,26E-14
25	-7.723,59	-1.585,06	-1.460,88	-1.626,81	-1.504,52	-1.546,32	0,00	-1,18E-14
26	7.804,64	1.601,70	1.476,21	1.643,89	1.520,31	1.562,54	0,00	-2,33E-14
27	7.357,55	1.509,94	1.391,64	1.549,72	1.433,21	1.473,03	0,00	-2,47E-14
28	6.906,21	1.417,32	1.306,27	1.454,65	1.345,29	1.382,67	0,00	-1,32E-14
29	6.450,69	1.323,84	1.220,11	1.358,71	1.256,56	1.291,47	0,00	-1,41E-14
30	5.991,04	1.229,51	1.133,17	1.261,89	1.167,03	1.199,45	0,00	-1,52E-14
31	5.527,34	1.134,34	1.045,47	1.164,22	1.076,70	1.106,61	0,00	-1,65E-14
32	5.059,63	1.038,36	957,00	1.065,71	985,59	1.012,97	0,00	-1,8E-14

Nós	Cortante Ponte Totalmente Carregada (kN)	Taxas de Transmissão de Carga					Erro	%
		0,2052	0,1891	0,2106	0,1948	0,2002		
		Calculo dos Esforços em cada Viga						
		Viga - 1	Viga - 2	Viga - 3	Viga - 4	Viga - 5		
33	4.587,98	941,56	867,79	966,36	893,72	918,54	0,00	-1,98E-14
34	4.112,45	843,97	777,85	866,20	801,08	823,34	0,00	-2,21E-14
35	3.633,07	745,59	687,18	765,23	707,70	727,37	0,00	-2,5E-14
36	3.149,70	646,39	595,75	663,42	613,55	630,59	0,00	-1,44E-14
37	2.662,86	546,48	503,67	560,88	518,71	533,12	0,00	-1,71E-14
38	2.172,37	445,82	410,89	457,56	423,17	434,92	0,00	-2,09E-14
39	1.678,29	344,43	317,44	353,50	326,92	336,01	0,00	-1,35E-14
40	1.180,69	242,31	223,32	248,69	229,99	236,38	0,00	-1,93E-14
41	679,63	139,48	128,55	143,15	132,39	136,07	0,00	-1,67E-14
42	-356,77	-73,22	-67,48	-75,15	-69,50	-71,43	0,00	-1,59E-14
43	-863,09	-177,13	-163,25	-181,79	-168,13	-172,80	0,00	-1,32E-14
44	-1.372,88	-281,75	-259,67	-289,17	-267,43	-274,86	0,00	-1,66E-14
45	-1.886,07	-387,07	-356,74	-397,26	-367,40	-377,60	0,00	-2,41E-14
46	-2.402,60	-493,07	-454,44	-506,06	-468,02	-481,02	0,00	-1,89E-14
47	-2.922,46	-599,76	-552,77	-615,55	-569,28	-585,10	0,00	-1,56E-14
48	-3.445,52	-707,10	-651,70	-725,73	-671,17	-689,82	0,00	-1,32E-14
49	-3.971,76	-815,10	-751,24	-836,57	-773,68	-795,17	0,00	-1,14E-14
50	-4.501,12	-923,74	-851,36	-948,07	-876,80	-901,15	0,00	0,00
51	-5.033,53	-1.033,00	-952,07	-1.060,21	-980,51	-1.007,75	0,00	-1,81E-14
Máximo (kN)		1.601,70	1.476,21	1.643,89	1.520,31	1.562,54		
Mínimo (kN)		-1.585,06	-1.460,88	-1.626,81	-1.504,52	-1.546,32		

APÊNDICE H – Dimensionamento das Vigas Longitudinais à Flexão

Vigas	Condições de Contorno(*)	Geometria e Determinação de Largura Colaborante													
		$l_{\text{viga}}(\text{m})$	$a(\text{m})$	$b_w(\text{m})$	$b_2(\text{m})$	$b_1(\text{m})$	$b_4(\text{cm})$	$b_3(\text{m})$	$c(\text{m})$	$b_{f, \text{sup}}(\text{m})$	$b_{f, \text{inf}}(\text{m})$	$h_{f, \text{sup}}(\text{cm})$	$h_{f, \text{inf}}(\text{m})$	$h(\text{m})$	$A_c(\text{m}^2)$
1a	3	25,00	18,75	0,35	2,35	1,17	1,33	1,33	0,30	3,45	0,95	0,20	0,20	1,95	1,42
1b		25,00													
2a	3	25,00	18,75	0,35	2,35	1,18	0,00	0,00	0,30	3,30	0,95	0,20	0,20	1,86	1,36
2b		25,00													
3a	3	25,00	18,75	0,35	2,65	1,33	0,00	0,00	0,30	3,60	0,95	0,20	0,20	1,77	1,39
3b		25,00													
4a	3	25,00	18,75	0,35	2,35	1,18	0,00	0,00	0,30	3,30	0,95	0,20	0,20	1,68	1,30
4b		25,00													
5a	3	25,00	18,75	0,35	2,35	1,17	1,33	1,33	0,30	3,45	0,95	0,20	0,20	1,60	1,30
5b		25,00													

(*) - BALANÇO (1), SIMPLEMENTE APOIADA (2), MOMENTO EM UMA EXTREMIDADE (3), MOMENTO EM DUAS EXTREMIDADES (4)

Viga 1	Vão (+)	Apoio (-)
M_{sd} (kNm)	4891,882	7975,093
f_{cd} (MPa)	21,429	21,429
f_{yd} (MPa)	434,78	434,78
E_s (MPa)	210000	210000
h (m)	1,95	1,95
b_w (m)	0,35	0,35
b_f (m)	3,45	0,95
h_f (m)	0,20	0,20
ϕ (mm)	25,00	25,00
ϕ_w (mm)	10,00	10,00
c (mm)	30,00	30,00
d (m)	1,90	1,90
d' (m)	0,05	0,05
ϵ_{yd}	0,002070	0,002070
$KMD_{c\acute{a}lculo}$	0,020000	0,110000
KMD_{34}	0,320000	0,320000
$KMD_{corrigido}$	0,020000	0,110000
KX_{max}	0,500000	0,500000
KMD_{max}	0,270000	0,270000
KX	0,029800	0,173900
$KMD_{corrigido}$	0,020000	0,110000
KZ	0,988100	0,930500
ϵ_c	0,306800	2,104400
ϵ_s	10,000000	10,000000
KX_{23}	0,259000	0,259000
KX_{34}	0,628322	0,628322
Domínio	Domínio 2	Domínio 2
x (m)	0,057	0,330
Forma de Trabalho	Retangular	Viga I

Viga 2	Vão (+)	Apoio (-)
M_{sd} (kNm)	4508,607	7350,251
f_{cd} (MPa)	21,429	21,429
f_{yd} (MPa)	434,78	434,78
E_s (MPa)	210000	210000
h (m)	1,86	1,86
b_w (m)	0,35	0,35
b_f (m)	3,30	0,95
h_f (m)	0,20	0,20
ϕ (mm)	25,00	25,00
ϕ_w (mm)	10,00	10,00
c (mm)	30,00	30,00
d (m)	1,81	1,81
d' (m)	0,05	0,05
ϵ_{yd}	0,002070	0,002070
$KMD_{c\acute{a}lculo}$	0,020000	0,110000
KMD_{34}	0,320000	0,320000
$KMD_{corrigido}$	0,020000	0,110000
KX_{max}	0,500000	0,500000
KMD_{max}	0,270000	0,270000
KX	0,029800	0,173900
$KMD_{corrigido}$	0,020000	0,110000
KZ	0,988100	0,930500
ϵ_c	0,306800	2,104400
ϵ_s	10,000000	10,000000
KX_{23}	0,259000	0,259000
KX_{34}	0,628322	0,628322
Domínio	Domínio 2	Domínio 2
x (m)	0,054	0,314
Forma de Trabalho	Retangular	Viga I

Viga 1	Vão (+)	Apoio (-)
δ_{min}	0,750	
δ_{cal}	0,657	
$\delta_{redistribuição}$	0,750	
$M_{sd, corrigido}$ (kNm)	6522,509	5981,320
$KMD_{cálculo}$	0,0245	0,0816
$KMD_{corrigido}$	0,0245	0,0816
KX	0,02980	0,123800
Forma de Trabalho	Retangular	Retangular
KZ	0,988	0,951
ϵ_c	0,307	1,413
ϵ_s	10,000	10,000
Domínio	Domínio 2	Domínio 2
M_R (kNm)	6522,51	5981,32
M_f (kNm)	0,000	3928,821
M_w (kNm)	0,000	0,000
$M_s, comprimido$ (kNm)	0,000	0,000
σ_s (MPa)	434,78	434,78
A_c (cm ²)	14221,00	14221,00
ρ_s, min (%)	0,15	0,15
$A_{s, min}$ (cm ²)	21,33	21,33
$A_{\phi l}$ (cm ²)	4,91	4,91
$A_{s, f}$ (cm ²)	0,00	0,00
$A_{s, w}$ (cm ²)	0,00	0,00
$A_{s, R}$ (cm ²)	80,01	76,28
$A_{s, cal}$ (cm ²)	80,01	76,28
$A_{s, adotado}$ (cm ²)	80,01	76,28
n_{barras}	16	16

Viga 2	Vão (+)	Apoio (-)
δ_{min}	0,750	
δ_{cal}	0,657	
$\delta_{redistribuição}$	0,750	
$M_{sd, corrigido}$ (kNm)	6011,476	5512,688
$KMD_{cálculo}$	0,0260	0,0829
$KMD_{corrigido}$	0,0260	0,0829
KX	0,03735	0,123800
Forma de Trabalho	Retangular	Retangular
KZ	0,985	0,951
ϵ_c	0,389	1,413
ϵ_s	10,000	10,000
Domínio	Domínio 2	Domínio 2
M_R (kNm)	6011,48	5512,69
M_f (kNm)	0,000	3732,107
M_w (kNm)	0,000	0,000
$M_s, comprimido$ (kNm)	0,000	0,000
σ_s (MPa)	434,78	434,78
A_c (cm ²)	14221,00	14221,00
ρ_s, min (%)	0,15	0,15
$A_{s, min}$ (cm ²)	21,33	21,33
$A_{\phi l}$ (cm ²)	4,91	4,91
$A_{s, f}$ (cm ²)	0,00	0,00
$A_{s, w}$ (cm ²)	0,00	0,00
$A_{s, R}$ (cm ²)	77,66	73,80
$A_{s, cal}$ (cm ²)	77,66	73,80
$A_{s, adotado}$ (cm ²)	77,66	73,80
n_{barras}	16	15

Viga 1	Vão (+)	Apoio (-)
$A'_{s, cal}$ (cm ²)	21,33	21,33
$A'_{s, adotado}$ (cm ²)	21,33	21,33
n_{barras}	4	4
$A_s + A'_s$ (cm ²)	98	98
ρ_s, max	OK	OK
Comprimento de Ancoragem e de Transpasse		
ϕ (mm)	25,000	25,000
f_{yd} (MPa)	434,78	434,78
η_1	2,25	2,25
η_2	1,00	0,70
η_3	1,00	1,00
f_{td} (MPa)	1,45	1,45
f_{bd} (MPa)	3,26	2,28
l_b (mm)	833,93	1191,33
$A_{s, cal}$ (cm ²)	80,01	76,28
A_{se} (cm ²)	78,54	78,54
α_1	1,00	1,00
$l_{b, min}$ (mm)	100,00	100,00
$l_{b, nec}$ (mm)	850	1158
α_{ot}	1,20	-
$l_{ot, min}$ (mm)	375,00	-
l_{ot} (mm)	1020,00	-
Distribuição Transversal da Armadura		
a_1 (mm)	20,000	20,000
ϕ (mm)	25,000	25,000
$d_{max\ agreg}$ (mm)	36,000	36,000
$1,2d_{max\ agreg}$ (mm)	43,200	43,200

Viga 2	Vão (+)	Apoio (-)
$A'_{s, cal}$ (cm ²)	21,33	21,33
$A'_{s, adotado}$ (cm ²)	21,33	21,33
n_{barras}	4	4
$A_s + A'_s$ (cm ²)	98	93
ρ_s, max	OK	OK
Comprimento de Ancoragem e de Transpasse		
ϕ (mm)	25,000	25,000
f_{yd} (MPa)	434,78	434,78
η_1	2,25	2,25
η_2	1,00	0,70
η_3	1,00	1,00
f_{td} (MPa)	1,45	1,45
f_{bd} (MPa)	3,26	2,28
l_b (mm)	833,93	1191,33
$A_{s, cal}$ (cm ²)	77,66	73,80
A_{se} (cm ²)	78,54	73,63
α_1	1,00	1,00
$l_{b, min}$ (mm)	100,00	100,00
$l_{b, nec}$ (mm)	825	1195
α_{ot}	1,20	-
$l_{ot, min}$ (mm)	375,00	-
l_{ot} (mm)	990,00	-
Distribuição Transversal da Armadura		
a_1 (mm)	20,000	20,000
ϕ (mm)	25,000	25,000
$d_{max\ agreg}$ (mm)	36,000	36,000
$1,2d_{max\ agreg}$ (mm)	43,200	43,200

Viga 1	Vão (+)	Apoio (-)
$0,5d_{max\ agreg}(mm)$	18,000	18,000
$a_h (mm)$	43,200	43,200
$a_v (mm)$	25,00	25,00
Armadura de Pele		
$h_{alma} (m)$	1,950	1,950
$b_w (m)$	0,350	0,350
$A_c (cm^2)$	6825,000	6825,000
$A_{s, pele/face} (cm^2)$	6,825	6,825
$\phi (mm)$	10,00	10,00
$A_{\phi l} (cm^2)$	0,785	0,785
n_{barras}	9,000	9,000
$S_{calc} (cm)$	0,217	0,217
$S_{max} (cm)$	0,200	0,200
$S_{adot} (cm)$	0,20	0,20
$S_{sem\ barras} (m)$	1,85	1,85
n_{barras}	9,00	9,00

Viga 2	Vão (+)	Apoio (-)
$0,5d_{max\ agreg}(mm)$	18,000	18,000
$a_h (mm)$	43,200	43,200
$a_v (mm)$	25,00	25,00
Armadura de Pele		
$h_{alma} (m)$	1,860	1,860
$b_w (m)$	0,350	0,350
$A_c (cm^2)$	6510,000	6510,000
$A_{s, pele/face} (cm^2)$	6,510	6,510
$\phi (mm)$	10,00	10,00
$A_{\phi l} (cm^2)$	0,785	0,785
n_{barras}	9,000	9,000
$S_{calc} (cm)$	0,207	0,207
$S_{max} (cm)$	0,200	0,200
$S_{adot} (cm)$	0,20	0,20
$S_{sem\ barras} (m)$	1,00	1,00
n_{barras}	4,00	4,00

Viga 3	Vão (+)	Apoio (-)
M_{sd} (kNm)	5020,732	8185,154
f_{cd} (MPa)	21,429	21,429
f_{yd} (MPa)	434,78	434,78
E_s (MPa)	210000	210000
h (m)	1,77	1,77
b_w (m)	0,35	0,35
b_f (m)	3,60	0,95
h_f (m)	0,20	0,20
ϕ (mm)	25,00	25,00
ϕ_w (mm)	10,00	10,00
c (mm)	30,00	30,00
d (m)	1,72	1,72
d' (m)	0,05	0,05
ϵ_{yd}	0,002070	0,002070
$KMD_{c\acute{a}lculo}$	0,020000	0,140000
KMD_{34}	0,320000	0,320000
$KMD_{corrigido}$	0,020000	0,140000
KX_{max}	0,500000	0,500000
KMD_{max}	0,270000	0,270000
KX	0,029800	0,226400
$KMD_{corrigido}$	0,020000	0,140000
KZ	0,988100	0,909400
ϵ_c	0,306800	2,926300
ϵ_s	10,000000	10,000000
KX_{23}	0,259000	0,259000
KX_{34}	0,628322	0,628322
Domínio	Domínio 2	Domínio 2
x (m)	0,051	0,389
Forma de Trabalho	Retangular	Viga I
δ_{min}	0,750	

Viga 4	Vão (+)	Apoio (-)
M_{sd} (kNm)	4643,292	7569,825
f_{cd} (MPa)	21,429	21,429
f_{yd} (MPa)	434,78	434,78
E_s (MPa)	210000	210000
h (m)	1,68	1,68
b_w (m)	0,35	0,35
b_f (m)	3,30	0,95
h_f (m)	0,20	0,20
ϕ (mm)	25,00	25,00
ϕ_w (mm)	10,00	10,00
c (mm)	30,00	30,00
d (m)	1,63	1,63
d' (m)	0,05	0,05
ϵ_{yd}	0,002070	0,002070
$KMD_{c\acute{a}lculo}$	0,020000	0,140000
KMD_{34}	0,320000	0,320000
$KMD_{corrigido}$	0,020000	0,140000
KX_{max}	0,500000	0,500000
KMD_{max}	0,270000	0,270000
KX	0,029800	0,226400
$KMD_{corrigido}$	0,020000	0,140000
KZ	0,988100	0,909400
ϵ_c	0,306800	2,926300
ϵ_s	10,000000	10,000000
KX_{23}	0,259000	0,259000
KX_{34}	0,628322	0,628322
Domínio	Domínio 2	Domínio 2
x (m)	0,048	0,368
Forma de Trabalho	Retangular	Viga I
δ_{min}	0,750	

Viga 3	Vão (+)	Apoio (-)
δ_{cal}	0,723	
$\delta_{redistribuição}$	0,750	
$M_{sd, corrigido}$ (kNm)	6694,309	6138,866
$KMD_{cálculo}$	0,0294	0,1022
$KMD_{corrigido}$	0,0294	0,1022
KX	0,03735	0,156900
Forma de Trabalho	Retangular	Viga I
KZ	0,985	0,937
ϵ_c	0,389	1,861
ϵ_s	10,000	10,000
Domínio	Domínio 2	Domínio 2
M_R (kNm)	6694,31	0,00
M_f (kNm)	0,000	3535,393
M_w (kNm)	0,000	2212,172
$M_s, comprimido$ (kNm)	0,000	391,301
σ_s (MPa)	434,78	434,78
A_c (cm ²)	14221,00	14221,00
$\rho_s, mín$ (%)	0,15	0,15
$A_{s, mín}$ (cm ²)	21,33	21,33
$A_{\phi l}$ (cm ²)	4,91	4,91
$A_{s, f}$ (cm ²)	0,00	50,27
$A_{s, w}$ (cm ²)	0,00	31,61
$A_{s, R}$ (cm ²)	91,01	0,00
$A_{s, cal}$ (cm ²)	91,01	81,88
$A_{s, adotado}$ (cm ²)	91,01	81,88
n_{barras}	19	17
$A'_{s, cal}$ (cm ²)	21,33	17,29
$A'_{s, adotado}$ (cm ²)	21,33	21,33

Viga 4	Vão (+)	Apoio (-)
δ_{cal}	0,723	
$\delta_{redistribuição}$	0,750	
$M_{sd, corrigido}$ (kNm)	6191,056	5677,369
$KMD_{cálculo}$	0,0331	0,1053
$KMD_{corrigido}$	0,0331	0,1053
KX	0,04490	0,165400
Forma de Trabalho	Retangular	Viga I
KZ	0,982	0,934
ϵ_c	0,470	1,981
ϵ_s	10,000	10,000
Domínio	Domínio 2	Domínio 2
M_R (kNm)	6191,06	0,00
M_f (kNm)	0,000	3338,679
M_w (kNm)	0,000	2086,643
$M_s, comprimido$ (kNm)	0,000	252,048
σ_s (MPa)	434,78	434,78
A_c (cm ²)	14221,00	14221,00
$\rho_s, mín$ (%)	0,15	0,15
$A_{s, mín}$ (cm ²)	21,33	21,33
$A_{\phi l}$ (cm ²)	4,91	4,91
$A_{s, f}$ (cm ²)	0,00	50,27
$A_{s, w}$ (cm ²)	0,00	31,58
$A_{s, R}$ (cm ²)	89,10	0,00
$A_{s, cal}$ (cm ²)	89,10	81,85
$A_{s, adotado}$ (cm ²)	89,10	81,85
n_{barras}	18	17
$A'_{s, cal}$ (cm ²)	21,33	11,75
$A'_{s, adotado}$ (cm ²)	21,33	21,33

Viga 3	Vão	Apoio
	(+)	(-)
n_{barras}	4	4
$A_s + A'_s$ (cm ²)	113	103
$\rho_{s, max}$	OK	OK
Comprimento de Ancoragem e de Transpasse		
ϕ (mm)	25,000	25,000
f_{yd} (MPa)	434,78	434,78
η_1	2,25	2,25
η_2	1,00	0,70
η_3	1,00	1,00
f_{td} (MPa)	1,45	1,45
f_{bd} (MPa)	3,26	2,28
l_b (mm)	833,93	1191,33
$A_{s, cal}$ (cm ²)	91,01	81,88
A_{se} (cm ²)	93,27	83,45
α_1	1,00	1,00
$l_{b, min}$ (mm)	100,00	100,00
$l_{b, nec}$ (mm)	814	1169
α_{ot}	1,20	
$l_{ot, min}$ (mm)	375,00	-
l_{ot} (mm)	977,00	-
Distribuição Transversal da Armadura		
a_1 (mm)	20,000	20,000
ϕ (mm)	25,000	25,000
$d_{max\ agreg}$ (mm)	36,000	36,000
$1,2d_{max\ agreg}$ (mm)	43,200	43,200
$0,5d_{max\ agreg}$ (mm)	18,000	18,000
a_h (mm)	43,200	43,200
a_v (mm)	25,00	25,00

Viga 4	Vão	Apoio
	(+)	(-)
n_{barras}	4	4
$A_s + A'_s$ (cm ²)	108	103
$\rho_{s, max}$	OK	OK
Comprimento de Ancoragem e de Transpasse		
ϕ (mm)	25,000	25,000
f_{yd} (MPa)	434,78	434,78
η_1	2,25	2,25
η_2	1,00	0,70
η_3	1,00	1,00
f_{td} (MPa)	1,45	1,45
f_{bd} (MPa)	3,26	2,28
l_b (mm)	833,93	1191,33
$A_{s, cal}$ (cm ²)	89,10	81,85
A_{se} (cm ²)	88,36	83,45
α_1	1,00	1,00
$l_{b, min}$ (mm)	100,00	100,00
$l_{b, nec}$ (mm)	841	1169
α_{ot}	1,20	-
$l_{ot, min}$ (mm)	375,00	-
l_{ot} (mm)	1010,00	
Distribuição Transversal da Armadura		
a_1 (mm)	20,000	20,000
ϕ (mm)	25,000	25,000
$d_{max\ agreg}$ (mm)	36,000	36,000
$1,2d_{max\ agreg}$ (mm)	43,200	43,200
$0,5d_{max\ agreg}$ (mm)	18,000	18,000
a_h (mm)	43,200	43,200
a_v (mm)	25,00	25,00

Viga 3	Vão (+)	Apoio (-)
Armadura de Pele		
h_{alma} (m)	1,770	1,770
b_w (m)	0,350	0,350
A_c (cm ²)	6195,000	6195,000
$A_{s, pele/face}$ (cm ²)	6,195	6,195
ϕ (mm)	10,00	10,00
$A_{\phi l}$ (cm ²)	0,785	0,785
n_{barras}	8,000	8,000
S_{calc} (cm)	0,221	0,221
S_{max} (cm)	0,200	0,200
S_{adot} (cm)	0,20	0,20
$S_{sem barras}$ (m)	1,68	1,68
n_{barras}	8,00	8,00

Viga 4	Vão (+)	Apoio (-)
Armadura de Pele		
h_{alma} (m)	1,680	1,680
b_w (m)	0,350	0,350
A_c (cm ²)	5880,000	5880,000
$A_{s, pele/face}$ (cm ²)	5,880	5,880
ϕ (mm)	10,00	10,00
$A_{\phi l}$ (cm ²)	0,785	0,785
n_{barras}	8,000	8,000
S_{calc} (cm)	0,210	0,210
S_{max} (cm)	0,200	0,200
S_{adot} (cm)	0,20	0,20
$S_{sem barras}$ (m)	1,00	1,00
n_{barras}	4,00	4,00

Viga 5	Vão (+)	Apoio (-)
M_{sd} (kNm)	4772,292	7780,129
f_{cd} (MPa)	21,429	21,429
f_{yd} (MPa)	434,78	434,78
E_s (MPa)	210000	210000
h (m)	1,60	1,60
b_w (m)	0,35	0,35
b_f (m)	3,45	0,95
h_f (m)	0,20	0,20
ϕ (mm)	25,00	25,00
ϕ_w (mm)	10,00	10,00
c (mm)	30,00	30,00
d (m)	1,55	1,55
d' (m)	0,05	0,05
ϵ_{yd}	0,002070	0,002070
$KMD_{c\acute{a}lculo}$	0,030000	0,160000
KMD_{34}	0,320000	0,320000
$KMD_{corrigido}$	0,030000	0,160000
KX_{max}	0,500000	0,500000
KMD_{max}	0,270000	0,270000
KX	0,044900	0,263000
$KMD_{corrigido}$	0,030000	0,160000
KZ	0,982000	0,894800
ϵ_c	0,470400	3,500000
ϵ_s	10,000000	9,810400
KX_{23}	0,259000	0,259000
KX_{34}	0,628322	0,628322
Domínio	Domínio 2	Domínio 3
x (m)	0,069	0,407
Forma de Trabalho	Retangular	Viga I
δ_{min}	0,750	

Viga 5	Vão (+)	Apoio (-)
δ_{cal}	0,769	
$\delta_{redistribuição}$	0,769	
$M_{sd, corrigido}$ (kNm)	6207,860	5980,974
$KMD_{cálculo}$	0,0351	0,1227
$KMD_{corrigido}$	0,0351	0,1227
KX	0,05260	0,191100
Forma de Trabalho	Retangular	Viga I
KZ	0,979	0,924
ϵ_c	0,556	2,362
ϵ_s	10,000	10,000
Domínio	Domínio 2	Domínio 2
M_R (kNm)	6207,86	0,00
M_f (kNm)	0,000	3163,821
M_w (kNm)	0,000	2155,639
$M_s, comprimido$ (kNm)	0,000	661,513
σ_s (MPa)	434,78	434,78
A_c (cm ²)	14221,00	14221,00
$\rho_s, mín$ (%)	0,15	0,15
$A_{s, mín}$ (cm ²)	21,33	21,33
$A_{\phi l}$ (cm ²)	4,91	4,91
$A_{s, f}$ (cm ²)	0,00	50,27
$A_{s, w}$ (cm ²)	0,00	34,69
$A_{s, R}$ (cm ²)	94,25	0,00
$A_{s, cal}$ (cm ²)	94,25	84,96
$A_{s, adotado}$ (cm ²)	94,25	84,96
n_{barras}	19	17

Viga 5	Vão (+)	Apoio (-)
$A'_{s, cal}$ (cm ²)	21,33	32,41
$A'_{s, adotado}$ (cm ²)	21,33	32,41
n_{barras}	4	7
$A_s + A'_s$ (cm ²)	113	118
$\rho_{s, max}$	OK	OK
Comprimento de Ancoragem e de Transpasse		
ϕ (mm)	25,000	25,000
f_{yd} (MPa)	434,78	434,78
η_1	2,25	2,25
η_2	1,00	0,70
η_3	1,00	1,00
f_{id} (MPa)	1,45	1,45
f_{bd} (MPa)	3,26	2,28
l_b (mm)	833,93	1191,33
$A_{s, cal}$ (cm ²)	94,25	84,96
A_{se} (cm ²)	93,27	83,45
α_1	1,00	1,00
$l_{b, min}$ (mm)	100,00	100,00
$l_{b, nec}$ (mm)	843	1213
α_{ot}	1,20	-
$l_{ot, min}$ (mm)	375,00	-
l_{ot} (mm)	1012,00	-
Distribuição Transversal da Armadura		
a_1 (mm)	20,000	20,000
ϕ (mm)	25,000	25,000
$d_{max\ agreg}$ (mm)	36,000	36,000
$1,2d_{max\ agreg}$ (mm)	43,200	43,200
$0,5d_{max\ agreg}$ (mm)	18,000	18,000

Viga 5	Vão (+)	Apoio (-)
a_h (mm)	43,200	43,200
a_v (mm)	25,00	25,00
<i>Armadura de Pele</i>		
h_{alma} (m)	1,600	1,600
b_w (m)	0,350	0,350
A_c (cm ²)	5600,000	5600,000
$A_{s, pele/face}$ (cm ²)	5,600	5,600
ϕ (mm)	10,00	10,00
$A_{\phi l}$ (cm ²)	0,785	0,785
n_{barras}	8,000	8,000
S_{calc} (cm)	0,200	0,200
S_{max} (cm)	0,200	0,200
S_{adot} (cm)	0,20	0,20
$S_{sem barras}$ (m)	1,46	1,46
n_{barras}	7,00	7,00

APÊNDICE I – Dimensionamento das Vigas Longitudinais à Cortante

Dados - Viga 1	
$d =$	1,90 m
$b_w =$	0,20 m
$f_{yd} =$	434,78 MPa
$f_{ctd} =$	1,45 MPa
Modelo de Cálculo = I	
$\theta =$	45 °
$\alpha =$	90 °
$V_c =$	330,63 kN
$\alpha_2 =$	0,88
$V_{Rd2} =$	1.937,29 kN

Viga 1										
Nós	V_{sd} (kN)	Verific. da Biela	V_{sw} (kN)	ϕ_w (mm)	$A\phi_w$ (cm ²)	A_{sw} (cm ²)	Nº Pernas	S_{calc} (cm)	S_{max} (cm)	S_{Adot} (cm)
1	1.033,00	OK	702,37	8,00	0,50	9,43	2	10,00	30,00	10,00
2	934,32	OK	603,69	8,00	0,50	8,11	2	11,11	30,00	11,11
3	835,08	OK	504,45	8,00	0,50	6,78	2	14,29	30,00	14,29
4	735,22	OK	404,59	8,00	0,50	5,43	2	16,67	30,00	16,67
5	634,89	OK	304,25	8,00	0,50	4,09	2	20,00	30,00	20,00
6	534,02	OK	203,39	8,00	0,50	2,73	2	33,33	30,00	30,00
7	432,63	OK	102,00	8,00	0,50	1,37	2	50,00	30,00	30,00
8	330,74	OK	0,11	8,00	0,50	0,00	2	100,00	30,00	30,00
9	228,36	OK	0,00	8,00	0,50	0,00	2	0,00	30,00	30,00
10	125,50	OK	0,00	8,00	0,50	0,00	2	0,00	30,00	30,00
11	87,34	OK	0,00	8,00	0,50	0,00	2	0,00	30,00	30,00
12	191,52	OK	0,00	8,00	0,50	0,00	2	0,00	30,00	30,00
13	296,17	OK	0,00	8,00	0,50	0,00	2	0,00	30,00	30,00
14	401,29	OK	70,66	8,00	0,50	0,95	2	100,00	30,00	30,00
15	506,87	OK	176,24	8,00	0,50	2,37	2	33,33	30,00	30,00
16	612,90	OK	282,26	8,00	0,50	3,79	2	25,00	30,00	25,00
17	719,35	OK	388,72	8,00	0,50	5,22	2	16,67	30,00	16,67
18	826,23	OK	495,59	8,00	0,50	6,66	2	14,29	30,00	14,29
19	933,51	OK	602,88	8,00	0,50	8,10	2	11,11	30,00	11,11

Viga 1										
Nós	V_{sd} (kN)	Verific. da Biela	V_{sw} (kN)	ϕ_w (mm)	$A\phi_w$ (cm ²)	A_{sw} (cm ²)	Nº Pernas	S_{calc} (cm)	S_{max} (cm)	S_{Adot} (cm)
20	1.041,19	OK	710,56	8,00	0,50	9,54	2	10,00	30,00	10,00
21	1.149,21	OK	818,58	10,00	0,79	11,00	2	12,50	30,00	12,50
22	1.257,65	OK	927,01	10,00	0,79	12,45	2	12,50	30,00	12,50
23	1.366,44	OK	1.035,81	10,00	0,79	13,91	2	11,11	20,00	11,11
24	1.475,59	OK	1.144,95	12,50	1,23	15,38	2	14,29	20,00	14,29
25	1.585,06	OK	1.254,43	12,50	1,23	16,85	2	14,29	20,00	14,29
26	1.601,70	OK	1.271,07	12,50	1,23	17,07	2	14,29	20,00	14,29
27	1.509,94	OK	1.179,31	12,50	1,23	15,84	2	14,29	20,00	14,29
28	1.417,32	OK	1.086,69	10,00	0,79	14,60	2	10,00	20,00	10,00
29	1.323,84	OK	993,20	10,00	0,79	13,34	2	11,11	20,00	11,11
30	1.229,51	OK	898,87	10,00	0,79	12,07	2	12,50	30,00	12,50
31	1.134,34	OK	803,71	10,00	0,79	10,80	2	14,29	30,00	14,29
32	1.038,36	OK	707,72	8,00	0,50	9,51	2	10,00	30,00	10,00
33	941,56	OK	610,93	8,00	0,50	8,21	2	11,11	30,00	11,11
34	843,97	OK	513,34	8,00	0,50	6,90	2	14,29	30,00	14,29
35	745,59	OK	414,96	8,00	0,50	5,57	2	16,67	30,00	16,67
36	646,39	OK	315,76	8,00	0,50	4,24	2	20,00	30,00	20,00
37	546,48	OK	215,85	8,00	0,50	2,90	2	33,33	30,00	30,00
38	445,82	OK	115,19	8,00	0,50	1,55	2	50,00	30,00	30,00
39	344,43	OK	13,79	8,00	0,50	0,19	2	100,00	30,00	30,00
40	242,31	OK	0,00	8,00	0,50	0,00	2	0,00	30,00	30,00
41	139,48	OK	0,00	8,00	0,50	0,00	2	0,00	30,00	30,00
42	73,22	OK	0,00	8,00	0,50	0,00	2	0,00	30,00	30,00
43	177,13	OK	0,00	8,00	0,50	0,00	2	0,00	30,00	30,00
44	281,75	OK	0,00	8,00	0,50	0,00	2	0,00	30,00	30,00
45	387,07	OK	56,43	8,00	0,50	0,76	2	100,00	30,00	30,00
46	493,07	OK	162,44	8,00	0,50	2,18	2	33,33	30,00	30,00
47	599,76	OK	269,13	8,00	0,50	3,62	2	25,00	30,00	25,00
48	707,10	OK	376,47	8,00	0,50	5,06	2	16,67	30,00	16,67
49	815,10	OK	484,47	8,00	0,50	6,51	2	14,29	30,00	14,29
50	923,74	OK	593,11	8,00	0,50	7,97	2	12,50	30,00	12,50
51	1.033,00	OK	702,37	8,00	0,50	9,43	2	10,00	30,00	10,00

Dados - Viga 2	
$d =$	1,81 m
$b_w =$	0,20 m
$f_{yd} =$	434,78 MPa
$f_{ctd} =$	1,45 MPa
Modelo de Cálculo = I	
$\theta =$	45 °
$\alpha =$	90 °
$V_c =$	314,12 kN
$\alpha_2 =$	0,88
$V_{Rd2} =$	1840,55 kN

Viga 2										
Nós	V_{sd} (kN)	Verific. da Biela	V_{sw} (kN)	ϕ_w (mm)	A_{ϕ_w} (cm ²)	A_{sw} (cm ²)	Nº Pernas	S_{calc} (cm)	S_{max} (cm)	S_{Adot} (cm)
1	952,07	OK	637,94	8,00	0,50	9,02	2	11,11	30,00	11,11
2	861,12	OK	530,49	8,00	0,50	7,50	2	12,50	30,00	12,50
3	769,65	OK	439,02	8,00	0,50	6,21	2	14,29	30,00	14,29
4	677,62	OK	346,99	8,00	0,50	4,91	2	20,00	30,00	20,00
5	585,14	OK	254,51	8,00	0,50	3,60	2	25,00	30,00	25,00
6	492,18	OK	161,55	8,00	0,50	2,28	2	33,33	30,00	30,00
7	398,74	OK	68,11	8,00	0,50	0,96	2	100,00	30,00	30,00
8	304,83	OK	0,00	8,00	0,50	0,00	2	0,00	30,00	30,00
9	210,47	OK	0,00	8,00	0,50	0,00	2	0,00	30,00	30,00
10	115,67	OK	0,00	8,00	0,50	0,00	2	0,00	30,00	30,00
11	80,50	OK	0,00	8,00	0,50	0,00	2	0,00	30,00	30,00
12	176,51	OK	0,00	8,00	0,50	0,00	2	0,00	30,00	30,00
13	272,96	OK	0,00	8,00	0,50	0,00	2	0,00	30,00	30,00
14	369,85	OK	39,22	8,00	0,50	0,55	2	100,00	30,00	30,00
15	467,16	OK	136,53	8,00	0,50	1,93	2	50,00	30,00	30,00
16	564,88	OK	234,24	8,00	0,50	3,31	2	25,00	30,00	25,00
17	662,99	OK	332,36	8,00	0,50	4,70	2	20,00	30,00	20,00
18	761,49	OK	430,86	8,00	0,50	6,09	2	14,29	30,00	14,29
19	860,37	OK	529,74	8,00	0,50	7,49	2	12,50	30,00	12,50
20	959,61	OK	628,98	8,00	0,50	8,89	2	11,11	30,00	11,11
21	1.059,17	OK	728,54	10,00	0,79	10,30	2	14,29	30,00	14,29

Viga 2										
Nós	V_{sd} (kN)	Verific. da Biela	V_{sw} (kN)	ϕ_w (mm)	$A\phi_w$ (cm ²)	A_{sw} (cm ²)	Nº Pernas	S_{calc} (cm)	S_{max} (cm)	S_{Adot} (cm)
22	1.159,11	OK	828,48	10,00	0,79	11,71	2	12,50	30,00	12,50
23	1.259,38	OK	928,75	10,00	0,79	13,13	2	11,11	30,00	11,11
24	1.359,98	OK	1.029,34	10,00	0,79	14,55	2	10,00	20,00	10,00
25	1.460,88	OK	1.130,24	12,50	1,23	15,98	2	14,29	20,00	14,29
26	1.476,21	OK	1.145,58	12,50	1,23	16,20	2	14,29	20,00	14,29
27	1.391,64	OK	1.061,01	12,50	1,23	15,00	2	14,29	20,00	14,29
28	1.306,27	OK	975,64	10,00	0,79	13,79	2	11,11	20,00	11,11
29	1.220,11	OK	889,48	10,00	0,79	12,58	2	11,11	30,00	11,11
30	1.133,17	OK	802,54	10,00	0,79	11,35	2	12,50	30,00	12,50
31	1.045,47	OK	714,84	10,00	0,79	10,11	2	14,29	30,00	14,29
32	957,00	OK	626,37	8,00	0,50	8,86	2	11,11	30,00	11,11
33	867,79	OK	537,16	8,00	0,50	7,59	2	12,50	30,00	12,50
34	777,85	OK	447,22	8,00	0,50	6,32	2	14,29	30,00	14,29
35	687,18	OK	356,54	8,00	0,50	5,04	2	16,67	30,00	16,67
36	595,75	OK	265,12	8,00	0,50	3,75	2	25,00	30,00	25,00
37	503,67	OK	173,03	8,00	0,50	2,45	2	33,33	30,00	30,00
38	410,89	OK	80,26	8,00	0,50	1,13	2	50,00	30,00	30,00
39	317,44	OK	0,00	8,00	0,50	0,00	2	0,00	30,00	30,00
40	223,32	OK	0,00	8,00	0,50	0,00	2	0,00	30,00	30,00
41	128,55	OK	0,00	8,00	0,50	0,00	2	0,00	30,00	30,00
42	67,48	OK	0,00	8,00	0,50	0,00	2	0,00	30,00	30,00
43	163,25	OK	0,00	8,00	0,50	0,00	2	0,00	30,00	30,00
44	259,67	OK	0,00	8,00	0,50	0,00	2	0,00	30,00	30,00
45	356,74	OK	26,11	8,00	0,50	0,37	2	100,00	30,00	30,00
46	454,44	OK	123,81	8,00	0,50	1,75	2	50,00	30,00	30,00
47	552,77	OK	222,14	8,00	0,50	3,14	2	25,00	30,00	25,00
48	651,70	OK	321,07	8,00	0,50	4,54	2	20,00	30,00	20,00
49	751,24	OK	420,61	8,00	0,50	5,95	2	16,67	30,00	16,67
50	851,36	OK	520,73	8,00	0,50	7,36	2	12,50	30,00	12,50
51	952,07	OK	621,43	8,00	0,50	8,79	2	11,11	30,00	11,11

Viga 3	
$d =$	1,72 m
$b_w =$	0,20 m
$f_{yd} =$	434,78 MPa
$f_{ctd} =$	1,45 MPa
Modelo de Cálculo = I	
$\theta =$	45 °
$\alpha =$	90 °
$V_c =$	298,48 kN
$\alpha_{v2} =$	0,88
$V_{Rd2} =$	1748,91 kN

Viga 3										
Nós	V_{sd} (kN)	Verific. da Biela	V_{sw} (kN)	ϕ_w (mm)	$A\phi_w$ (cm ²)	A_{sw} (cm ²)	Nº Pernas	S_{calc} (cm)	S_{max} (cm)	S_{Adot} (cm)
1	1.060,21	OK	761,73	10,00	0,79	11,33	2	12,50	30,00	12,50
2	958,93	OK	628,30	8,00	0,50	9,35	2	10,00	30,00	10,00
3	857,08	OK	526,45	8,00	0,50	7,83	2	12,50	30,00	12,50
4	754,59	OK	423,96	8,00	0,50	6,31	2	14,29	30,00	14,29
5	651,61	OK	320,98	8,00	0,50	4,78	2	20,00	30,00	20,00
6	548,08	OK	217,45	8,00	0,50	3,24	2	25,00	30,00	25,00
7	444,03	OK	113,40	8,00	0,50	1,69	2	50,00	30,00	30,00
8	339,46	OK	8,82	8,00	0,50	0,13	2	100,00	30,00	30,00
9	234,38	OK	0,00	8,00	0,50	0,00	2	0,00	30,00	30,00
10	128,81	OK	0,00	8,00	0,50	0,00	2	0,00	30,00	30,00
11	89,64	OK	0,00	8,00	0,50	0,00	2	0,00	30,00	30,00
12	196,56	OK	0,00	8,00	0,50	0,00	2	0,00	30,00	30,00
13	303,97	OK	0,00	8,00	0,50	0,00	2	0,00	30,00	30,00
14	411,86	OK	81,23	8,00	0,50	1,21	2	50,00	30,00	30,00
15	520,22	OK	189,59	8,00	0,50	2,82	2	33,33	30,00	30,00
16	629,04	OK	298,41	8,00	0,50	4,44	2	20,00	30,00	20,00
17	738,30	OK	407,66	8,00	0,50	6,07	2	14,29	30,00	14,29
18	847,99	OK	517,36	8,00	0,50	7,70	2	12,50	30,00	12,50
19	958,10	OK	627,47	8,00	0,50	9,34	2	10,00	30,00	10,00
20	1.068,61	OK	737,98	10,00	0,79	10,98	2	14,29	30,00	14,29
21	1.179,48	OK	848,85	10,00	0,79	12,63	2	11,11	30,00	11,11

Viga 3										
Nós	V_{sd} (kN)	Verific. da Biela	V_{sw} (kN)	ϕ_w (mm)	$A\phi_w$ (cm ²)	A_{sw} (cm ²)	Nº Pernas	S_{calc} (cm)	S_{max} (cm)	S_{Adot} (cm)
22	1.290,77	OK	960,14	10,00	0,79	14,29	2	10,00	30,00	10,00
23	1.402,43	OK	1.071,80	12,50	1,23	15,95	2	14,29	20,00	14,29
24	1.514,45	OK	1.183,82	12,50	1,23	17,61	2	12,50	20,00	12,50
25	1.626,81	OK	1.296,18	12,50	1,23	19,29	2	12,50	20,00	12,50
26	1.643,89	OK	1.313,26	12,50	1,23	19,54	2	12,50	20,00	12,50
27	1.549,72	OK	1.219,08	12,50	1,23	18,14	2	12,50	20,00	12,50
28	1.454,65	OK	1.124,02	12,50	1,23	16,72	2	14,29	20,00	14,29
29	1.358,71	OK	1.028,07	10,00	0,79	15,30	2	10,00	20,00	10,00
30	1.261,89	OK	931,26	10,00	0,79	13,86	2	11,11	30,00	11,11
31	1.164,22	OK	833,59	10,00	0,79	12,40	2	12,50	30,00	12,50
32	1.065,71	OK	735,07	8,00	0,50	10,94	2	9,09	30,00	9,09
33	966,36	OK	635,73	8,00	0,50	9,46	2	10,00	30,00	10,00
34	866,20	OK	535,57	8,00	0,50	7,97	2	12,50	30,00	12,50
35	765,23	OK	434,60	8,00	0,50	6,47	2	14,29	30,00	14,29
36	663,42	OK	332,79	8,00	0,50	4,95	2	20,00	30,00	20,00
37	560,88	OK	230,24	8,00	0,50	3,43	2	25,00	30,00	25,00
38	457,56	OK	126,93	8,00	0,50	1,89	2	50,00	30,00	30,00
39	353,50	OK	22,87	8,00	0,50	0,34	2	100,00	30,00	30,00
40	248,69	OK	0,00	8,00	0,50	0,00	2	0,00	30,00	30,00
41	143,15	OK	0,00	8,00	0,50	0,00	2	0,00	30,00	30,00
42	75,15	OK	0,00	8,00	0,50	0,00	2	0,00	30,00	30,00
43	181,79	OK	0,00	8,00	0,50	0,00	2	0,00	30,00	30,00
44	289,17	OK	0,00	8,00	0,50	0,00	2	0,00	30,00	30,00
45	397,26	OK	66,63	8,00	0,50	0,99	2	100,00	30,00	30,00
46	506,06	OK	175,43	8,00	0,50	2,61	2	33,33	30,00	30,00
47	615,55	OK	284,92	8,00	0,50	4,24	2	20,00	30,00	20,00
48	725,73	OK	395,10	8,00	0,50	5,88	2	16,67	30,00	16,67
49	836,57	OK	505,94	8,00	0,50	7,53	2	12,50	30,00	12,50
50	948,07	OK	617,44	8,00	0,50	9,19	2	10,00	30,00	10,00
51	1.060,21	OK	729,58	10,00	0,79	10,86	2	14,29	30,00	14,29

Viga 4	
$d =$	1,68 m
$b_w =$	0,20 m
$f_{yd} =$	434,78 MPa
$f_{ctd} =$	1,45 MPa
Modelo de Cálculo = I	
$\theta =$	45 °
$\alpha =$	90 °
$V_c =$	291,96 kN
$\alpha_{s2} =$	0,88
$V_{Rd2} =$	1710,72 kN

Viga 4										
Nós	V_{sd} (kN)	Verific. da Biela	V_{sw} (kN)	ϕ_w (mm)	$A\phi_w$ (cm ²)	A_{sw} (cm ²)	Nº Pernas	S_{cale} (cm)	S_{max} (cm)	S_{Adot} (cm)
1	980,51	OK	688,54	10,00	0,79	10,47	2	14,29	30,00	14,29
2	886,85	OK	556,21	8,00	0,50	8,46	2	11,11	30,00	11,11
3	792,65	OK	462,01	8,00	0,50	7,03	2	14,29	30,00	14,29
4	697,86	OK	367,23	8,00	0,50	5,59	2	16,67	30,00	16,67
5	602,62	OK	271,99	8,00	0,50	4,14	2	20,00	30,00	20,00
6	506,88	OK	176,25	8,00	0,50	2,68	2	33,33	30,00	30,00
7	410,65	OK	80,02	8,00	0,50	1,22	2	50,00	30,00	30,00
8	313,94	OK	0,00	8,00	0,50	0,00	2	0,00	30,00	30,00
9	216,76	OK	0,00	8,00	0,50	0,00	2	0,00	30,00	30,00
10	119,12	OK	0,00	8,00	0,50	0,00	2	0,00	30,00	30,00
11	82,90	OK	0,00	8,00	0,50	0,00	2	0,00	30,00	30,00
12	181,78	OK	0,00	8,00	0,50	0,00	2	0,00	30,00	30,00
13	281,12	OK	0,00	8,00	0,50	0,00	2	0,00	30,00	30,00
14	380,90	OK	50,27	8,00	0,50	0,76	2	100,00	30,00	30,00
15	481,11	OK	150,48	8,00	0,50	2,29	2	33,33	30,00	30,00
16	581,75	OK	251,12	8,00	0,50	3,82	2	25,00	30,00	25,00
17	682,79	OK	352,16	8,00	0,50	5,36	2	16,67	30,00	16,67
18	784,24	OK	453,61	8,00	0,50	6,90	2	14,29	30,00	14,29
19	886,07	OK	555,44	8,00	0,50	8,45	2	11,11	30,00	11,11
20	988,28	OK	657,65	10,00	0,79	10,00	2	14,29	30,00	14,29

Viga 4

Nós	V_{sd} (kN)	Verific. da Biela	V_{sw} (kN)	ϕ_w (mm)	$A\phi_w$ (cm ²)	A_{sw} (cm ²)	Nº Pernas	S_{calc} (cm)	S_{max} (cm)	S_{Adot} (cm)
21	1.090,81	OK	760,18	10,00	0,79	11,56	2	12,50	30,00	12,50
22	1.193,74	OK	863,11	10,00	0,79	13,13	2	11,11	30,00	11,11
23	1.297,00	OK	966,37	12,50	1,23	14,70	2	16,67	30,00	16,67
24	1.400,60	OK	1.069,97	12,50	1,23	16,28	2	14,29	20,00	14,29
25	1.504,52	OK	1.173,88	12,50	1,23	17,86	2	12,50	20,00	12,50
26	1.520,31	OK	1.189,67	12,50	1,23	18,10	2	12,50	20,00	12,50
27	1.433,21	OK	1.102,58	12,50	1,23	16,77	2	14,29	20,00	14,29
28	1.345,29	OK	1.014,66	12,50	1,23	15,43	2	14,29	20,00	14,29
29	1.256,56	OK	925,93	10,00	0,79	14,08	2	11,11	30,00	11,11
30	1.167,03	OK	836,39	10,00	0,79	12,72	2	11,11	30,00	11,11
31	1.076,70	OK	746,07	10,00	0,79	11,35	2	12,50	30,00	12,50
32	985,59	OK	654,96	8,00	0,50	9,96	2	10,00	30,00	10,00
33	893,72	OK	563,08	8,00	0,50	8,57	2	11,11	30,00	11,11
34	801,08	OK	470,45	8,00	0,50	7,16	2	12,50	30,00	12,50
35	707,70	OK	377,07	8,00	0,50	5,74	2	16,67	30,00	16,67
36	613,55	OK	282,91	8,00	0,50	4,30	2	20,00	30,00	20,00
37	518,71	OK	188,08	8,00	0,50	2,86	2	33,33	30,00	30,00
38	423,17	OK	92,53	8,00	0,50	1,41	2	50,00	30,00	30,00
39	326,92	OK	0,00	8,00	0,50	0,00	2	0,00	30,00	30,00
40	229,99	OK	0,00	8,00	0,50	0,00	2	0,00	30,00	30,00
41	132,39	OK	0,00	8,00	0,50	0,00	2	0,00	30,00	30,00
42	69,50	OK	0,00	8,00	0,50	0,00	2	0,00	30,00	30,00
43	168,13	OK	0,00	8,00	0,50	0,00	2	0,00	30,00	30,00
44	267,43	OK	0,00	8,00	0,50	0,00	2	0,00	30,00	30,00
45	367,40	OK	36,76	8,00	0,50	0,56	2	100,00	30,00	30,00
46	468,02	OK	137,38	8,00	0,50	2,09	2	33,33	30,00	30,00
47	569,28	OK	238,65	8,00	0,50	3,63	2	25,00	30,00	25,00
48	671,17	OK	340,54	8,00	0,50	5,18	2	16,67	30,00	16,67
49	773,68	OK	443,05	8,00	0,50	6,74	2	14,29	30,00	14,29
50	876,80	OK	546,16	8,00	0,50	8,31	2	11,11	30,00	11,11
51	980,51	OK	649,88	10,00	0,79	9,89	2	14,29	30,00	14,29

Viga 5	
$d =$	1,60 m
$b_w =$	0,20 m
$f_{yd} =$	434,78 MPa
$f_{ctd} =$	1,45 MPa
Modelo de Cálculo =	I
$\theta =$	45 °
$\alpha =$	90 °
$V_c =$	278,06 kN
$\alpha_{v2} =$	0,88
$V_{Rd2} =$	1629,26 kN

Viga 5										
Nós	V_{sd} (kN)	Verific. da Biela	V_{sw} (kN)	ϕ_w (mm)	$A\phi_w$ (cm ²)	A_{sw} (cm ²)	Nº Pernas	S_{calc} (cm)	S_{max} (cm)	S_{Adot} (cm)
1	1.007,75	OK	729,69	10,00	0,79	11,65	2	12,50	30,00	12,50
2	911,48	OK	580,85	8,00	0,50	9,28	2	10,00	30,00	10,00
3	814,67	OK	484,04	8,00	0,50	7,73	2	12,50	30,00	12,50
4	717,25	OK	386,62	8,00	0,50	6,18	2	14,29	30,00	14,29
5	619,36	OK	288,73	8,00	0,50	4,61	2	20,00	30,00	20,00
6	520,96	OK	190,33	8,00	0,50	3,04	2	25,00	30,00	25,00
7	422,06	OK	91,43	8,00	0,50	1,46	2	50,00	30,00	30,00
8	322,66	OK	0,00	8,00	0,50	0,00	2	0,00	30,00	30,00
9	222,78	OK	0,00	8,00	0,50	0,00	2	0,00	30,00	30,00
10	122,43	OK	0,00	8,00	0,50	0,00	2	0,00	30,00	30,00
11	85,21	OK	0,00	8,00	0,50	0,00	2	0,00	30,00	30,00
12	186,83	OK	0,00	8,00	0,50	0,00	2	0,00	30,00	30,00
13	288,93	OK	0,00	8,00	0,50	0,00	2	0,00	30,00	30,00
14	391,48	OK	60,85	8,00	0,50	0,97	2	100,00	30,00	30,00
15	494,48	OK	163,85	8,00	0,50	2,62	2	33,33	30,00	30,00
16	597,91	OK	267,28	8,00	0,50	4,27	2	20,00	30,00	20,00
17	701,76	OK	371,13	8,00	0,50	5,93	2	16,67	30,00	16,67
18	806,03	OK	475,40	8,00	0,50	7,59	2	12,50	30,00	12,50
19	910,69	OK	580,06	8,00	0,50	9,26	2	10,00	30,00	10,00
20	1.015,74	OK	685,10	10,00	0,79	10,94	2	14,29	30,00	14,29
21	1.121,12	OK	790,48	10,00	0,79	12,63	2	11,11	30,00	11,11

Viga 5										
Nós	V_{sd} (kN)	Verific. da Biela	V_{sw} (kN)	ϕ_w (mm)	$A\phi_w$ (cm ²)	A_{sw} (cm ²)	Nº Pernas	S_{calc} (cm)	S_{max} (cm)	S_{Adot} (cm)
22	1.226,90	OK	896,27	10,00	0,79	14,32	2	10,00	30,00	10,00
23	1.333,04	OK	1.002,41	12,50	1,23	16,01	2	14,29	20,00	14,29
24	1.439,51	OK	1.108,88	12,50	1,23	17,71	2	12,50	20,00	12,50
25	1.546,32	OK	1.215,68	12,50	1,23	19,42	2	12,50	20,00	12,50
26	1.562,54	OK	1.231,91	12,50	1,23	19,68	2	11,11	20,00	11,11
27	1.473,03	OK	1.142,40	12,50	1,23	18,25	2	12,50	20,00	12,50
28	1.382,67	OK	1.052,04	12,50	1,23	16,80	2	14,29	20,00	14,29
29	1.291,47	OK	960,84	10,00	0,79	15,35	2	10,00	30,00	10,00
30	1.199,45	OK	868,82	10,00	0,79	13,88	2	11,11	30,00	11,11
31	1.106,61	OK	775,98	10,00	0,79	12,39	2	12,50	30,00	12,50
32	1.012,97	OK	682,34	8,00	0,50	10,90	2	9,09	30,00	9,09
33	918,54	OK	587,91	8,00	0,50	9,39	2	10,00	30,00	10,00
34	823,34	OK	492,71	8,00	0,50	7,87	2	12,50	30,00	12,50
35	727,37	OK	396,73	8,00	0,50	6,34	2	14,29	30,00	14,29
36	630,59	OK	299,96	8,00	0,50	4,79	2	20,00	30,00	20,00
37	533,12	OK	202,49	8,00	0,50	3,23	2	25,00	30,00	25,00
38	434,92	OK	104,29	8,00	0,50	1,67	2	50,00	30,00	30,00
39	336,01	OK	5,37	8,00	0,50	0,09	2	100,00	30,00	30,00
40	236,38	OK	0,00	8,00	0,50	0,00	2	0,00	30,00	30,00
41	136,07	OK	0,00	8,00	0,50	0,00	2	0,00	30,00	30,00
42	71,43	OK	0,00	8,00	0,50	0,00	2	0,00	30,00	30,00
43	172,80	OK	0,00	8,00	0,50	0,00	2	0,00	30,00	30,00
44	274,86	OK	0,00	8,00	0,50	0,00	2	0,00	30,00	30,00
45	377,60	OK	46,97	8,00	0,50	0,75	2	100,00	30,00	30,00
46	481,02	OK	150,39	8,00	0,50	2,40	2	33,33	30,00	30,00
47	585,10	OK	254,46	8,00	0,50	4,06	2	20,00	30,00	20,00
48	689,82	OK	359,18	8,00	0,50	5,74	2	16,67	30,00	16,67
49	795,17	OK	464,54	8,00	0,50	7,42	2	12,50	30,00	12,50
50	901,15	OK	570,52	8,00	0,50	9,11	2	10,00	30,00	10,00
51	1.007,75	OK	677,12	10,00	0,79	10,82	2	14,29	30,00	14,29

**APÊNDICE J – Dimensionamento das Armaduras de Costura Inferior das Vigas
Longitudinais**

Viga 1	nó 26 (-)
V_{sd} (kN)	1601,70
b_w (m)	0,35
d (m)	1,90
τ_{wd} (kN/m ²)	2411,74
τ_d (kN/m ²)	2677,03
f_{yd} (kN/m ²)	434782,61
b_f (m)	0,950
h_f (m)	0,20
KX	0,124
A_{comp} (m ²)	0,186
A_{aba} (m ²)	0,060
A_f (cm ² /m)	6,960
$A_{f, min}$ (cm ² /m)	1,500
$A_{f, adotado}$ (cm ² /m)	6,960
ϕ_w (mm)	10,00
A_{ϕ_w} (cm ²)	0,79
Nº de pernas	2
n_{barras}	4

Viga 2	nó 26 (-)
V_{sd} (kN)	1476,21
b_w (m)	0,35
d (m)	1,81
τ_{wd} (kN/m ²)	2333,46
τ_d (kN/m ²)	2590,14
f_{yd} (kN/m ²)	434782,61
b_f (m)	0,950
h_f (m)	0,20
KX	0,124
A_{comp} (m ²)	0,183
A_{aba} (m ²)	0,060
A_f (cm ² /m)	6,849
$A_{f, min}$ (cm ² /m)	1,500
$A_{f, adotado}$ (cm ² /m)	6,849
ϕ_w (mm)	10,00
A_{ϕ_w} (cm ²)	0,79
Nº de pernas	2
n_{barras}	4

Viga 3	nó 26 (-)
V_{sd} (kN)	1643,89
b_w (m)	0,35
d (m)	1,72
τ_{wd} (kN/m ²)	2734,68
τ_d (kN/m ²)	3035,50
f_{yd} (kN/m ²)	434782,61
b_f (m)	0,950
h_f (m)	0,20
KX	0,157
A_{comp} (m ²)	0,195
A_{aba} (m ²)	0,060
A_f (cm ² /m)	7,501
$A_{f, min}$ (cm ² /m)	1,500
$A_{f, adotado}$ (cm ² /m)	7,501
ϕ_w (mm)	10,00
A_{ϕ_w} (cm ²)	0,79
Nº de pernas	2
n_{barras}	5

Viga 4	nó 26 (-)
V_{sd} (kN)	1520,31
b_w (m)	0,35
d (m)	1,63
τ_{wd} (kN/m ²)	2668,96
τ_d (kN/m ²)	2962,54
f_{yd} (kN/m ²)	434782,61
b_f (m)	0,950
h_f (m)	0,20
KX	0,165
A_{comp} (m ²)	0,195
A_{aba} (m ²)	0,060
A_f (cm ² /m)	7,324
$A_{f, min}$ (cm ² /m)	1,500
$A_{f, adotado}$ (cm ² /m)	7,324
ϕ_w (mm)	10,00
A_{ϕ_w} (cm ²)	0,79
Nº de pernas	2
n_{barras}	5

Viga 5	nó 26 (-)
V_{sd} (kN)	1562,54
b_w (m)	0,35
d (m)	1,55
τ_{wd} (kN/m ²)	2884,92
τ_d (kN/m ²)	3202,26
f_{yd} (kN/m ²)	434782,61
b_f (m)	0,950
h_f (m)	0,20
KX	0,191
A_{comp} (m ²)	0,203
A_{aba} (m ²)	0,060
A_f (cm ² /m)	7,627
$A_{f, min}$ (cm ² /m)	1,500
$A_{f, adotado}$ (cm ² /m)	7,627
ϕ_w (mm)	10,00
A_{ϕ_w} (cm ²)	0,79
Nº de pernas	2
n_{barras}	5

APÊNDICE K – Decalagem da Armadura das Vigas

Viga 1			Viga 2			Viga 3		
Nº dos Nós	Momento Fletor (kNm)	Força Cortante (kN)	Nº dos Nós	Momento Fletor (kN)	Força Cortante (kN)	Nº dos Nós	Momento Fletor (kNm)	Força Cortante (kN)
1	0,00	1033,00	1	0,00	952,07	1	0,00	1060,21
2	983,16	934,32	2	906,13	861,12	2	1009,06	958,93
3	1855,52	835,08	3	1710,14	769,65	3	1904,39	857,08
4	2617,19	735,22	4	2412,14	677,62	4	2686,13	754,59
5	3268,36	634,89	5	3012,29	585,14	5	3354,45	651,61
6	3809,26	534,02	6	3510,81	492,18	6	3909,59	548,08
7	4240,15	432,63	7	3907,94	398,74	7	4351,83	444,03
8	4561,36	330,74	8	4203,98	304,83	8	4681,51	339,46
9	4780,25	228,36	9	4405,72	210,47	9	4906,16	234,38
10	4890,53	125,50	10	4507,36	115,67	10	5019,35	128,81
11	4891,88	-87,34	11	4508,60	-80,50	11	5020,73	-89,64
12	4784,75	-191,52	12	4409,86	-176,51	12	4910,77	-196,56
13	4569,64	-296,17	13	4211,61	-272,96	13	4690,00	-303,97
14	4247,13	-401,29	14	3914,37	-369,85	14	4359,00	-411,86
15	3817,82	-506,87	15	3518,70	-467,16	15	3918,38	-520,22
16	3282,37	-612,90	16	3025,19	-564,88	16	3368,82	-629,04
17	2641,47	-719,35	17	2434,51	-662,99	17	2711,05	-738,30
18	1895,90	-826,23	18	1747,35	-761,49	18	1945,83	-847,99
19	1046,44	-933,51	19	964,45	-860,37	19	1074,00	-958,10
20	-459,92	-1041,19	20	-423,89	-959,61	20	-472,03	-1068,61
21	-1466,79	-1149,21	21	-1351,87	-1059,17	21	-1505,42	-1179,48
22	-2571,92	-1257,65	22	-2370,41	-1159,11	22	-2639,66	-1290,77
23	-3775,31	-1366,44	23	-3479,52	-1259,38	23	-3874,75	-1402,43
24	-5076,97	-1475,59	24	-4679,20	-1359,98	24	-5210,70	-1514,45
25	-6476,90	-1585,06	25	-5969,44	-1460,88	25	-6647,50	-1626,81
26	-7975,09	1601,70	26	-7350,25	1476,21	26	-8185,15	1643,89
27	-6476,90	1509,94	27	-5969,44	1391,64	27	-6647,50	1549,72
28	-5076,97	1417,32	28	-4679,20	1306,27	28	-5210,70	1454,65
29	-3775,31	1323,84	29	-3479,52	1220,11	29	-3874,75	1358,71

30	-2571,92	1229,51
31	-1466,78	1134,34
32	-459,92	1038,36
33	1046,44	941,56
34	1895,90	843,97
35	2641,47	745,59
36	3282,37	646,39
37	3817,82	546,48
38	4247,13	445,82
39	4569,65	344,43
40	4784,75	242,31
41	4891,88	139,48
42	4890,53	-73,22
43	4780,25	-177,13
44	4561,36	-281,75
45	4240,15	-387,07
46	3809,26	-493,07
47	3268,37	-599,76
48	2617,19	-707,10
49	1855,52	-815,10
50	983,16	-923,74
51	0,00	-1033,00
Cortante Max. (kN) =		1601,70
Cortante MÍN. (kN) =		-1585,06
d (m) =	1,90	
V_c(kN) =	330,63	
α (Graus) =	90,00	
$a_{l, calc}$ (m) =	1,20	
$a_{l, min}$ (m) =	0,95	
a_l (m) =	1,20	

30	-2370,41	1133,17
31	-1351,86	1045,47
32	-423,89	957,00
33	964,45	867,79
34	1747,35	777,85
35	2434,51	687,18
36	3025,19	595,75
37	3518,70	503,67
38	3914,37	410,89
39	4211,62	317,44
40	4409,86	223,32
41	4508,61	128,55
42	4507,36	-67,48
43	4405,72	-163,25
44	4203,98	-259,67
45	3907,94	-356,74
46	3510,81	-454,44
47	3012,29	-552,77
48	2412,14	-651,70
49	1710,14	-751,24
50	906,13	-851,36
51	0,00	-952,07
Cortante Max. (kN) =		1476,21
Cortante Min. (kN) =		-1460,88
d (m) =	1,80	
V_c(kN) =	314,12	
α (Graus) =	90,00	
$a_{l, calc}$ (m) =	1,14	
$a_{l, min}$ (m) =	0,90	
a_l (m) =	1,14	

30	-2639,66	1261,89
31	-1505,42	1164,22
32	-472,03	1065,71
33	1074,00	966,36
34	1945,83	866,20
35	2711,05	765,23
36	3368,82	663,42
37	3918,38	560,88
38	4359,00	457,56
39	4690,01	353,50
40	4910,77	248,69
41	5020,73	143,15
42	5019,35	-75,15
43	4906,16	-181,79
44	4681,51	-289,17
45	4351,84	-397,26
46	3909,59	-506,06
47	3354,45	-615,55
48	2686,13	-725,73
49	1904,39	-836,57
50	1009,06	-948,07
51	0,00	-1060,21
Cortante Máx. (kN) =		1643,89
Cortante MÍN. (kN) =		-1626,81
d (m) =	1,71	
V_c(kN) =	298,48	
α (Graus) =	90,00	
$a_{l, calc}$ (m) =	1,04	
$a_{l, min}$ (m) =	0,85	
a_l (m) =	1,04	

Viga 4		
Nº dos Nós	Momento Fletor (kNm)	Força Cortante (kN)
1	0,00	980,51
2	933,20	886,85
3	1761,22	792,65
4	2484,19	697,86
5	3102,28	602,62
6	3615,68	506,88
7	4024,68	410,65
8	4329,57	313,94
9	4537,33	216,76
10	4642,01	119,12
11	4643,29	-82,90
12	4541,60	-181,78
13	4337,43	-281,12
14	4031,31	-380,90
15	3623,81	-481,11
16	3115,57	-581,75
17	2507,24	-682,79
18	1799,55	-784,24
19	993,26	-886,07
20	-436,55	-988,28
21	-1392,25	-1090,81
22	-2441,22	-1193,74
23	-3583,46	-1297,00
24	-4818,98	-1400,60
25	-6147,77	-1504,52
26	-7569,82	1520,31
27	-6147,77	1433,21
28	-4818,98	1345,29
29	-3583,46	1256,56
30	-2441,22	1167,03
31	-1392,25	1076,70

Viga 5		
Nº dos Nós	Momento Fletor (kNm)	Força Cortante (kN)
1	0,00	1007,75
2	959,13	911,48
3	1810,16	814,67
4	2553,21	717,25
5	3188,46	619,36
6	3716,13	520,96
7	4136,49	422,06
8	4449,85	322,66
9	4663,39	222,78
10	4770,98	122,43
11	4772,29	-85,21
12	4667,77	-186,83
13	4457,93	-288,93
14	4143,30	-391,48
15	3724,49	-494,48
16	3202,12	-597,91
17	2576,90	-701,76
18	1849,55	-806,03
19	1020,85	-910,69
20	-448,68	-1015,74
21	-1430,93	-1121,12
22	-2509,04	-1226,90
23	-3683,02	-1333,04
24	-4952,86	-1439,51
25	-6318,56	-1546,32
26	-7780,13	1562,54
27	-6318,56	1473,03
28	-4952,86	1382,67
29	-3683,02	1291,47
30	-2509,04	1199,45
31	-1430,93	1106,61

32	-436,55	985,59
33	993,26	893,72
34	1799,55	801,08
35	2507,24	707,70
36	3115,57	613,55
37	3623,81	518,71
38	4031,31	423,17
39	4337,43	326,92
40	4541,60	229,99
41	4643,29	132,39
42	4642,01	-69,50
43	4537,33	-168,13
44	4329,57	-267,43
45	4024,68	-367,40
46	3615,68	-468,02
47	3102,28	-569,28
48	2484,19	-671,17
49	1761,23	-773,68
50	933,20	-876,80
51	0,00	-980,51
Cortante Máx. (kN) =		1520,31
Cortante Mín. (kN) =		-1504,52
d (m) =		1,63
V_c(kN) =		291,96
α (Graus) =		90,00
$a_{l, calc}$ (m) =		1,01
$a_{l, min}$ (m) =		0,81
a_l (m) =		1,01

32	-448,68	1012,97
33	1020,86	918,54
34	1849,55	823,34
35	2576,90	727,37
36	3202,12	630,59
37	3724,49	533,12
38	4143,30	434,92
39	4457,93	336,01
40	4667,77	236,38
41	4772,29	136,07
42	4770,98	-71,43
43	4663,39	-172,80
44	4449,85	-274,86
45	4136,49	-377,60
46	3716,13	-481,02
47	3188,47	-585,10
48	2553,21	-689,82
49	1810,16	-795,17
50	959,13	-901,15
51	0,00	-1007,75
Cortante Máx. (kN) =		1562,54
Cortante Mín. (kN) =		-1546,32
d (m) =		1,53
V_c(kN) =		278,06
α (Graus) =		90,00
$a_{l, calc}$ (m) =		0,93
$a_{l, min}$ (m) =		0,77
a_l (m) =		0,93

APÊNDICE L – Ações na Mesoestrutura

Solicitações Verticais

Devido ao Cortante					
	Viga 1	Viga 2	Viga 3	Viga 4	Viga 5
Bloco 1	1.033,00	952,07	1.060,21	980,51	1.007,75
Bloco 2	3203,40	2952,41	3287,77	3040,61	3125,09
Bloco 3	1.033,00	952,07	1.060,21	980,51	1.007,75

Carga Vertical Total					
	Viga 1	Viga 2	Viga 3	Viga 4	Viga 5
Bloco 1	1.033,00	952,07	1.060,21	980,51	1.007,75
Bloco 2	3.203,40	2.952,41	3.287,77	3.040,61	3.125,09
Bloco 3	1.033,00	952,07	1.060,21	980,51	1.007,75

Solicitações Horizontais Longitudinais

Efeitos de Frenagem e Aceleração de Veículos

Carga de multidão de veículos (kN/m ²) =	5,00
Vão da ponte (m) =	50,00
Largura em planta, excluindo os passeios (m) =	13,20
Área da ponte em planta, excluindo os passeios (m ²) =	660,00

	Carga Vertical	%	Carga Horizontal	Majorada
Frenagem de Multidão (kN)	3.300,00	5	165,00	231,00
Frenagem do Veículo-Tipo (kN)	450,00	30	135,00	189,00

Atrito nos Apoios

Coeficiente de Atrito (%) =	4,5
-----------------------------	-----

Forças em kN	Viga 1	Viga 2	Viga 3	Viga 4	Viga 5
Bloco 1	46,49	42,84	47,71	44,12	45,35
Bloco 2	144,15	132,86	147,95	136,83	140,63
Bloco 3	46,49	42,84	47,71	44,12	45,35

Empuxo de Terra e Sobrecarga

Peso específico do solo (kN/m^3) =	18,00
Ângulo de Atrito Interno (graus) =	30,00
Coeficiente de Empuxo Ativo (K_a) =	0,33

	Empuxo de Terra		
	Altura (m)	E_a ($\text{kN/m}^2/\text{m}$)	Majorado
Bloco 1	3,50	21,00	29,40
Bloco 2	0,00	0,00	0,00
Bloco 3	3,50	21,00	29,40

Laje de Acesso	
Espessura (m) =	0,25
Espessura do pavimento (m) =	0,07
Largura (m) =	4,00
Comprimento (m) =	17,70
Peso próprio ($\text{kN/m}^2/\text{m}$) =	9,93
Carga do veículo-tipo	
Carga do veículo (kN) =	225,00
Carga do veículo (kN/m) =	56,25
Carga de multidão de veículos	
Carga de multidão ($\text{kN/m}^2/\text{m}$) =	5,00

Empuxo de Sobrecarga (majorado)		
Veículo-tipo na laje de acesso	Carga (kN/m ² /m)	E_{sob} (kN/m ² /m)
Bloco 1	92,65	30,88
Bloco 2	0,00	0,00
Bloco 3	92,65	30,88

Empuxo de Sobrecarga (majorado)		
Veículo-tipo no tabuleiro	Carga (kN/m ² /m)	E_{sob} (kN/m ² /m)
Bloco 1	5,00	1,67
Bloco 2	0,00	0,00
Bloco 3	5,00	1,67

Solicitações Horizontais Transversais
--

Ação Dinâmica da Água

$k =$	0,71
v_a (m/s ²) =	3,48
p (kN/m ²) =	8,60
p_d (kN/m ²) =	12,04

	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3
h (m) =	1,50	1,60	1,50
L (m) =	2,80	2,80	2,80
Área de Atuação (m ²) =	4,20	4,48	4,20

Ação do Vento

Força de Arrasto proveniente da Superestrutura	
F_a (kN/m) =	0,86
F_d (kN/m) =	1,20

APÊNDICE M – Pré-dimensionamento dos Aparelhos de Apoio das Longarinas

Blocos extremos --> Blocos 1 e 3

Blocos intermediário --> Bloco 2

Taxa de comparação de área					
Bloco 1	Viga 1	Viga 2	Viga 3	Viga 4	Viga 5
N_{max} (kN)	1.033,00	952,07	1.060,21	980,51	1.007,75
S_{min} (m ²)	0,10	0,10	0,11	0,10	0,10
Bloco 2	Viga 1	Viga 2	Viga 3	Viga 4	Viga 5
N_{max} (kN)	1.601,60	1.476,21	1.643,89	1.520,31	1.562,54
S_{min} (m ²)	0,16	0,15	0,16	0,15	0,16
Bloco 3	Viga 1	Viga 2	Viga 3	Viga 4	Viga 5
N_{max} (kN)	1.033,00	952,07	1.060,21	980,51	1.007,75
S_{min} (m ²)	0,10	0,10	0,11	0,10	0,10
Área do Aparelho de Apoio					
Bloco 1	Viga 1	Viga 2	Viga 3	Viga 4	Viga 5
b (m)	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
a (m)	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Área (m ²)	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
Bloco 2	Viga 1	Viga 2	Viga 3	Viga 4	Viga 5
b (m)	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
a (m)	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Área (m ²)	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
Bloco 3	Viga 1	Viga 2	Viga 3	Viga 4	Viga 5
b (m)	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
a (m)	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Área (m ²)	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27

Dimensões Adotadas em Planta					
Bloco 1	Viga 1	Viga 2	Viga 3	Viga 4	Viga 5
b (m)	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
a (m)	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Area (m ²)	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27

Bloco 2	Viga 1	Viga 2	Viga 3	Viga 4	Viga 5
b (m)	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
a (m)	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Area (m ²)	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
Bloco 3	Viga 1	Viga 2	Viga 3	Viga 4	Viga 5
b (m)	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
a (m)	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Area (m ²)	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27

Neoprene	
Nº de camadas =	4
Espessura das camadas de borracha (t) =	0,011 m
Espessura total de borracha =	0,044 m
Nº de camadas de chapas de fretagem =	5
Espessura camada de chapas de fretagem (t_s) =	0,004 m
Espessura total de fibra de aço =	0,020 m
Espessura da borda =	0,006 m
Altura total do aparelho =	0,076 m

APÊNDICE N – Distribuição das Solicitações Horizontais

Determinação da Rigidez do Conjunto Bloco-Neoprene

	Rigidez dos blocos de coroamento (MN/m)						
	H (m)	L (m)	l (m)	I_{long} (m ⁴)	EI (MN.m ²)	I_{trans} (m ⁴)	EI (MN.m ²)
Bloco 1	1,50	17,40	2,80	31,83	829.869,26	1.229,21	32.047.349,02
Bloco 2	1,60	17,40	2,80	31,83	829.869,26	1.229,21	32.047.349,02
Bloco 3	1,50	17,40	2,80	31,83	829.869,26	1.229,21	32.047.349,02

Rigidez total dos blocos (MN/m)		
K_B	Longitudinal	Transversal
Bloco 1	737.661,56	28.486.532,46
Bloco 2	607.814,40	23.472.179,46
Bloco 3	737.661,56	28.486.532,46

	Rigidez dos Aparelhos de Neoprene (kN/m)		
	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3
G_N (MPa)	1,00	1,00	1,00
S (m ²)	0,27	0,27	0,27
h (m)	0,08	0,08	0,08
K_N (kN/m)	3.552,63	3.552,63	3.552,63

Rigidez bloco-neoprene (kN/m)		
$K_{conjunto}$	Longitudinal	Transversal
Bloco 1	3.552,61	3.552,63
Bloco 2	3.552,61	3.552,63
Bloco 3	3.552,61	3.552,63

Rigidez Total Longitudinal (kN/m)	10.657,84
Rigidez Total Transversal (kN/m)	10.657,89

Coef. de Distribuição de Solicitações	
$\mu_{L,i}$	Longitudinal
Bloco-neoprene 1	0,33
Bloco-neoprene 2	0,33
Bloco-neoprene 3	0,33

Distribuição das Solicitações Horizontais Longitudinais

Efeitos de Frenagem e Aceleração de Veículos + Empuxo de Sobrecarga

Frenagem e Aceleração	Total	Conjunto 1	Conjunto 2	Conjunto 3
Frenagem de Multidão (kN)	231,00	77,00	77,00	77,00
Frenagem de Multidão (kN/m)		51,33	48,12	51,33
Frenagem do Veículo-Tipo (kN)	189,00	63,00	63,00	63,00
Frenagem do Veículo-Tipo (kN/m)		42,00	39,37	42,00

Veículo-tipo na laje de acesso	Empuxo de Sobrecarga		
	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3
E_{sob} (kN/m ² /m)	30,88	0,00	30,88
Veículo-tipo no tabuleiro	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3
E_{sob} (kN/m ² /m)	1,67	0,00	1,67

Caso (a)
Empuxo de sobrecarga devido a carga de multidão + Efeito de frenagem e aceleração do veículo-tipo
Caso (b)
Empuxo de sobrecarga devido ao veículo-tipo sob a laje de acesso + Efeito de frenagem e aceleração da carga de multidão

	Conjunto 1	Conjunto 2	Conjunto 3
Caso (a) (kN/m)	43,67	39,37	43,67
Caso (b) (kN/m)	82,22	48,12	82,22
Pior caso	Caso (b)	Caso (b)	Caso (b)

Empuxo de Terra

	E_a (kN/m ² /m)
Bloco 1	29,40
Bloco 2	0,00
Bloco 3	29,40

Cargas Horizontais Longitudinais totais nos Blocos de Coroamento

	Concentrada no topo (kN)	Distribuída Uniforme (kN/m ² /m)	Distribuída Triangular (kN/m ² /m)
Bloco 1	67,43	30,88	29,40
Bloco 2	96,15	0,00	0,00
Bloco 3	67,43	30,88	29,40

Distribuição das Solicitações Horizontais Transversais

Ação Dinâmica da Água

p_d (kN/m ²) =	12,04
------------------------------	-------

Ação do Vento

F_a (kN/m) =	1,20
----------------	------

Determinação do Centro Elástico

-	x_i (m)	$K_{T,i}$ (kN/m)	$K_{T,i}x_i$ (kN)
Bloco-neoprene 1	0,00	3.552,63	0,00
Bloco-neoprene 2	25,00	3.552,63	88.815,78
Bloco-neoprene 3	50,00	3.552,63	177.631,56
Total		10.657,893	266.447,333
Centro elástico da infraestrutura =		25	m

Determinação de F_T	
Vão (m) =	25,00
F_{T1} (kN) =	15,05
β_1 (m) =	12,50
F_{T2} (kN) =	15,05
β_2 (m) =	12,50

	$x_{i,CE}$ (m)	$K_{T,i}x_{i,CE}^2$ (kNm)	$F_{T1}K_{T,i}$ (kN ² /m)	$\beta_1x_{i,CE}$ (m ²)	F_{Ti} (kN)
Bloco 1	25,00	2.220.394,46	53.467,10	312,50	8,78
Bloco 2	0,00	0,00	53.467,10	0,00	5,02
Bloco 3	25,00	2.220.394,46	53.467,10	312,50	1,25
Total		4.440.788,92		Total	15,05

	$x_{i,CE}$ (m)	$K_{T,i}x_{i,CE}^2$ (kNm)	$F_{T2}K_{T,i}$ (kN ² /m)	$\beta_2x_{i,CE}$ (m ²)	F_{Ti} (kN)
Bloco 1	25,00	2.220.394,46	53.467,10	312,50	1,25
Bloco 2	0,00	0,00	76.240,12	0,00	5,02
Bloco 3	25,00	2.220.394,46	53.467,10	312,50	8,78
Total		4.440.788,92		Total	15,05

	Carga Total (kN)
Bloco 1	10,03
Bloco 2	10,03
Bloco 3	10,03
Total	30,10

Cargas Horizontais Transversais totais nos Blocos de Coroamento

	Concentrada no topo (kN)	Distribuída Uniforme (kN/m²)
Bloco 1	10,03	12,04
Bloco 2	10,03	12,04
Bloco 3	10,03	12,04

APÊNDICE O – Verificação dos Aparelhos de Apoio das Longarinas

Limitação das Tensões Normais de Compressão nos Aparelhos de Apoio

Verificação do limite máximo de tensão			
	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3
Área adotada (m ²)	0,27	0,27	0,27
$N_{d,max}$ (kN)	1.060,21	1.643,89	1.060,21
σ_d (MPa)	3,93	6,09	3,93
σ_{max} (MPa)	10,00	10,00	10,00
Verificação	OK	OK	OK

Verificação do limite mínimo de tensão			
	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3
Área adotada (m ²)	0,27	0,27	0,27
$N_{d,min}$ (kN)	952,07	1.476,21	952,07
σ_d (MPa)	3,53	5,47	3,53
σ_{min} (MPa)	2,00	2,00	2,00
Verificação 1 ($\sigma_d \geq \sigma_{min}$)	OK	OK	OK
f	0,27	0,21	0,27
H_{min} (kN)	257,21	309,62	257,21
H_{trans} (kN)	8,79	10,03	8,79
H_{long} (kN)	77,00	77,00	77,00
Verificação 2 ($H < H_{min}$)	OK	OK	OK

Verificação das Tensões Cisalhantes nos Aparelhos de Apoio

Verificação das tensões cisalhantes devido às tensões normais			
	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3
a (m)	0,45	0,45	0,45
b (m)	0,60	0,60	0,60
t (m)	0,01	0,01	0,01
β	11,69	11,69	11,69
σ_N (MPa)	3,53	5,47	3,53

σ_{max} (MPa)	10,00	10,00	10,00
τ_N (MPa)	0,45	0,70	0,45
$\tau_{N, max}$ (MPa)	1,28	1,28	1,28
Verificação	OK	OK	OK

Verificação das tensões cisalhantes devido às cargas horizontais			
	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3
a (m)	0,45	0,45	0,45
b (m)	0,60	0,60	0,60
H_{long} (kN)	77,00	77,00	77,00
H_{trans} (kN)	10,03	10,03	10,03
τ_H (MPa)	0,29	0,29	0,29
G_N (MPa)	1,00	1,00	1,00
$\tau_{H,lim}$ (MPa)	0,70	0,70	0,70
Verificação	OK	OK	OK

Determinação das rotações da estrutura (α_T)

Calculo das rotações do aparelho de apoio

	α (rad)			Combinação 1	Combinação 2
	Carga	Vento			
		Permanente	Sobrepresão		
Bloco 1	-1,12E-03	-1,54E-05	1,54E-05	-1,57E-03	-1,11E-03
Bloco 2	-8,58E-16	-1,19E-17	1,19E-17	-1,21E-15	-8,53E-16
Bloco 3	1,12E-03	1,54E-05	-1,54E-05	1,57E-03	1,11E-03

Verificação das tensões cisalhantes devido às rotações			
	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3
G_N (MPa)	1,00	1,00	1,00
a (m)	0,45	0,45	0,45

t (m)	0,01	0,01	0,01
α_0 (radianos)	3,00E-03	3,00E-03	3,00E-03
α_t (radianos)	-1,57E-03	-1,21E-15	1,57E-03
α_T (radianos)	1,43E-03	3,00E-03	4,57E-03
n	4,00	4,00	4,00
τ_α (MPa)	0,30	0,63	0,96

Verificação do Soerguimento dos Aparelhos de Apoio			
	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3
β	11,69	11,69	11,69
G_N (MPa)	1,00	1,00	1,00
a (m)	0,45	0,45	0,45
t (m)	0,01	0,01	0,01
α_T (radianos)	1,43E-03	3,00E-03	4,57E-03
σ_{min} (MPa)	3,53	5,47	3,53
$\alpha_{T,lim}$ (radianos)	1,51E+03	2,35E+03	1,51E+03
Verificação	OK	OK	OK

Verificação das tensões cisalhantes totais			
	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3
G_N (MPa)	1,00	1,00	1,00
τ_N (MPa)	0,45	0,70	0,45
τ_H (MPa)	0,29	0,29	0,29
τ_α (MPa)	0,30	0,63	0,96
τ_{total} (MPa)	1,00	1,61	1,66
$\tau_{\alpha,lim}$ (MPa)	5,00	5,00	5,00
Verificação	OK	OK	OK

Verificação da Eficácia e da Flambagem dos Aparelhos de Apoio

Limitação de Altura dos Aparelhos de Apoio			
	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3
a (m)	0,45	0,45	0,45

$x_{i,CE}$ (m)	25,00	0,00	25,00
α (radianos)	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05
$\Delta\Theta$ (°C)	35,00	35,00	35,00
T_{min} (m)	0,02	0,00	0,02
T_{max} (m)	0,09	0,09	0,09
T (m)	0,076	0,076	0,076
Verificação	OK	OK	OK

APÊNDICE P – Solicitações nos Encontros

Obs.: Vertical positivo (ρ / baixo) e Horizontal Longitudinal positivo (ρ / direita)

Cargas Verticais

Carga de Peso Próprio

Peso específico do concreto armado (kN/m^3) =	25
--	----

Dimensões do encontro	
Largura do encontro (m) =	0,25
Altura do encontro (m) =	2,00
Área da seção do encontro (m^2) =	0,50
Dimensões do consolo	
Menor altura do consolo (m) =	0,25
Maior altura do consolo (m) =	0,38
Largura do consolo (m) =	0,25
Área da seção do consolo (m^2) =	0,08
Área da seção do encontro+consolo (m^2) =	0,58
Peso-próprio total (kN/m de encontro) =	14,45

Nós	Área de Contribuição (m^2)	Carga PP (kN/m)
1	0,0256	0,640
2	0,0257	0,643
3	0,0257	0,643
4	0,0256	0,640
5	0,0225	0,563
6	0,1047	2,618
7	0,0156	0,390
8	0,0250	0,625
9	0,0250	0,625
10	0,0266	0,665
11	0,0063	0,158
12	0,0063	0,158

13	0,0266	0,665
14	0,0250	0,625
15	0,0250	0,625
16	0,0421	1,053
17	0,0225	0,563
18	0,0256	0,640
19	0,0257	0,643
20	0,0257	0,643
21	0,0256	0,640
Total	0,5784	14,46

Carga Móvel

Vão (m)	Coefficiente de impacto
0,25	1,40

Carga Distribuída

Pistas de Rolamento		
Largura (m)	Carga p (kN/m²)	Carga p (kN/m²)
13,20	5,00	6,99

Passeio		
Largura (m)	Carga p' (kN/m²)	Carga p' (kN/m²)
1,50	3,00	4,19
1,50	3,00	4,19

Carga Concentrada

Carga /eixo (kN)	Carga corrigida (kN)	Carga p/ roda (kN)
150	146,25	73,13

Nós	Carga Móvel (kN)
1	0,00
2	0,00
3	0,00
4	0,00
5	0,00
6	0,00
7	0,00
8	0,00
9	0,00
10	0,00
11	37,44
12	37,44
13	0,00
14	0,00
15	0,00
16	0,00
17	0,00
18	0,00
19	0,00
20	0,00
21	0,00
Total	74,87

Lajes de Acesso

Nós	Carga Móvel (kN)
1	0,00
2	0,00
3	0,00
4	0,00
5	0,00
6	0,00
7	193,60

Nós	Carga Móvel (kN)
8	0,00
9	0,00
10	0,00
11	0,00
12	0,00
13	0,00
14	0,00
15	0,00
16	0,00
17	0,00
18	0,00
19	0,00
20	0,00
21	0,00
Total	193,60

Carga Vertical Total

Nós	Carga Vertical Total (kN)
1	0,64
2	0,64
3	0,64
4	0,64
5	0,56
6	2,62
7	193,99
8	0,63
9	0,63
10	0,67
11	37,59
12	37,59
13	0,67
14	0,63

Nós	Carga Vertical Total (kN)
15	0,63
16	1,05
17	0,56
18	0,64
19	0,64
20	0,64
21	0,64
Total	282,93

Cargas Horizontais Longitudinais

Empuxo de Terra e Sobrecarga (Veículo-tipo na laje de acesso)

E_a (kN/m ² /m) =	30,88	(carga distribuída triangular)
E_a (kN) =	30,88	
E_{sob} (kN/m ² /m) =	1,67	(carga distribuída uniforme)
E_{sob} (kN) =	3,33	
$E_a + E_{sob}$ (kN) =	34,22	

Nós	Carga E_a (kN)	Carga E_{sob} (kN)	Total (kN)
1	3,08	0,17	3,26
2	5,68	0,34	6,02
3	5,03	0,34	5,38
4	4,38	0,34	4,73
5	3,74	0,34	4,08
6	3,79	0,43	4,22
7	2,73	0,43	3,16
8	0,00	0,00	0,00
9	1,43	0,33	1,76
10	0,84	0,35	1,19
11	0,18	0,25	0,43
12	0,00	0,00	0,00
13	0,00	0,00	0,00

Nós	Carga E_a (kN)	Carga E_{sob} (kN)	Total (kN)
14	0,00	0,00	0,00
15	0,00	0,00	0,00
16	0,00	0,00	0,00
17	0,00	0,00	0,00
18	0,00	0,00	0,00
19	0,00	0,00	0,00
20	0,00	0,00	0,00
21	0,00	0,00	0,00
Total	30,88	3,34	34,22

Carga adicional no Consolo

Tipo de apoio =	PTFE+Neoprene fretado
Carga vertical (kN/m) =	193,60
Carga horizontal no nó 7 (kN/m) =	15,49

Nós	Carga adicional (kN)
1	0,00
2	0,00
3	0,00
4	0,00
5	0,00
6	0,00
7	-15,49
8	0,00
9	0,00
10	0,00
11	0,00
12	0,00
13	0,00
14	0,00
15	0,00
16	0,00

Nós	Carga adicional (kN)
17	0,00
18	0,00
19	0,00
20	0,00
21	0,00
Total	-15,49

Efeitos de Frenagem e Aceleração

Efeitos da Aceleração e Frenagem (Força horizontal paralela ao eixo do Tabuleiro)			
Especificação	Carga (kN)	%	Força (kN)
Carreg. tabuleiro	16,50	0,05	0,83
Veículo-tipo	150,00	0,30	45,00
Força de Frenagem			45,00

Nós	Carga Frenagem (kN)
1	0,00
2	0,00
3	0,00
4	0,00
5	0,00
6	0,00
7	0,00
8	0,00
9	0,00
10	0,00
11	22,50
12	22,50
13	0,00
14	0,00
15	0,00
16	0,00
17	0,00

Nós	Carga Frenagem (kN)
18	0,00
19	0,00
20	0,00
21	0,00
Total	45,00

Nós	Carga Hor. Total (kN)
1	3,26
2	6,02
3	5,38
4	4,73
5	4,08
6	4,22
7	-12,33
8	0,00
9	1,76
10	1,19
11	22,93
12	22,50
13	0,00
14	0,00
15	0,00
16	0,00
17	0,00
18	0,00
19	0,00
20	0,00
21	0,00
Total	63,73

Cargas Totais

Nós	Vertical total (kN)	Horiz. total (kN)
1	0,64	3,26
2	0,64	6,02
3	0,64	5,38
4	0,64	4,73
5	0,56	4,08
6	2,62	4,22
7	193,99	-12,33
8	0,63	0,00
9	0,63	1,76
10	0,67	1,19
11	37,59	22,93
12	37,59	22,50
13	0,67	0,00
14	0,63	0,00
15	0,63	0,00
16	1,05	0,00
17	0,56	0,00
18	0,64	0,00
19	0,64	0,00
20	0,64	0,00
21	0,64	0,00
Total	282,93	63,73

Determinação das Excentricidades

Considerando a direção do tabuleiro da ponte --> excentricidades em x

Excentricidade Inicial (e_{ix})

Obs: Sinal do Momento Fletor --> Sentido Horário (+) e Sentido Anti-Horário (-)

Obs: Encontro de referência --> E1

Nó	Força Vertical (KN)	Braço (m)	Momento Fletor (kNm)
1	0,64	0,0625	-0,04
2	0,64	0,0625	-0,04
3	0,64	0,0625	-0,04
4	0,64	0,0625	-0,04
5	0,56	0,0625	-0,04
6	2,62	0,0625	-0,16
7	193,99	0,3125	-60,62
8	0,63	0,0625	-0,04
9	0,63	0,0625	-0,04
10	0,67	0,0625	-0,04
11	37,59	0,0625	-2,35
12	37,59	0,0625	2,35
13	0,67	0,0625	0,04
14	0,63	0,0625	0,04
15	0,63	0,0625	0,04
16	1,05	0,0625	0,07
17	0,56	0,0625	0,04
18	0,64	0,0625	0,04
19	0,64	0,0625	0,04
20	0,64	0,0625	0,04
21	0,64	0,0625	0,04
		Total	-60,72

Nó	Força Horizontal (KN)	Braço (m)	Momento Fletor (kNm)
1	3,26	0,0500	0,16
2	6,02	0,2050	1,23

Nó	Força Horizontal (kN)	Braço (m)	Momento Fletor (kNm)
3	5,38	0,4100	2,20
4	4,73	0,6150	2,91
5	4,08	0,8200	3,34
6	4,22	1,0000	4,22
7	-12,33	1,3375	-16,49
8	0,00	1,3375	0,00
9	1,76	1,5375	2,71
10	1,19	1,7375	2,07
11	22,93	1,9500	44,71
12	22,50	1,9500	43,88
13	0,00	1,7375	0,00
14	0,00	1,5375	0,00
15	0,00	1,3375	0,00
16	0,00	1,0000	0,00
17	0,00	0,8200	0,00
18	0,00	0,6150	0,00
19	0,00	0,4100	0,00
20	0,00	0,2050	0,00
21	0,00	0,0500	0,00
		Total	90,95

Momento total na base (kNm) =	30,23
Força vertical total na base (kN) =	282,93
$e_{ix, base}$ (m) =	0,1068

APÊNDICE Q – Placas de Apoio das Lajes de Acesso e Dimensionamento dos Encontros

Pré-dimensionamento dos Aparelhos de Apoio das Lajes de Acesso

Encontros --> E1 e E2

Taxa de comparação de área	
E1=E2	Laje de acesso
N_{max} (kN)	193,99
S_{min} (m ²)	0,02
Área do Aparelho de Apoio	
E1=E2	Laje de acesso
b (m)	0,13
a (m)	0,10
Área (m ²)	0,02
Dimensões adotadas	
E1=E2	Laje de Acesso
b (m)	0,20
a (m)	0,10
Area (m ²)	0,02

Aparelhos de Apoio dos Consolos dos Encontros	
Nº de camadas =	3
Espessura das camadas de borracha (t) =	0,003m
Espessura total de borracha =	0,010m
n de camadas de chapas de fretagem =	4
Esp.da camada de chapas de fretagem (t_s) =	0,002m
Espessura total de fibra de aço =	0,008m
Espessura da borda de PTFE =	0,016m
Altura total do aparelho neoprene fretado =	0,018m
Altura total do aparelho + PTFE =	0,050m

Limitação das Tensões Normais nos Aparelhos de Apoio dos Consolos dos Encontros

Verificação do limite máximo de tensão

	E1=E2
Área adotada (m ²)	0,02
$N_{d,max}$ (kN)	193,99
σ_d (MPa)	9,70
σ_{max} (MPa)	10,00
Verificação	OK

Verificação do limite mínimo de tensão

	E1=E2
Área adotada (m ²)	0,02
$N_{d,min}$ (kN)	193,99
σ_d (MPa)	9,70
σ_{min} (MPa)	2,00
Verificação 1 ($\sigma_d \geq \sigma_{min}$)	OK
f	0,16
H_{min} (kN)	31,40
H_{trans} (kN)	0,00
H_{long} (kN)	12,33
Verificação 2 ($H < H_{min}$)	OK

Verificação das Tensões Cisalhantes nos Aparelhos de Apoio

Verif. das tensões cisalhantes devido às tensões normais

	E1=E2
a (m)	0,10
b (m)	0,20
t (m)	0,00
β	9,80
σ_N (MPa)	9,70
σ_{max} (MPa)	10,00

Verif. das tensões cisalhantes devido às tensões normais	
τ_N (MPa)	1,48
$\tau_{N, max}$ (MPa)	1,53
Verificação	OK

Verif. das tensões cisalhantes dev.às cargas horizontais	
E1=E2	
a (m)	0,10
b (m)	0,20
H_{long} (kN)	12,33
H_{trans} (kN)	0,00
τ_H (MPa)	0,62
G_N (MPa)	1,00
$\tau_{H,lim}$ (MPa)	0,70
Verificação	OK

Determinação das rotações da estrutura (α_r)

Calculo das rotações do aparelho de apoio

	α (rad)			Comb.1	Comb.2
	Carga Permanente+móvel	Vento			
		Sobrep.	Sucção		
E1=E2	-1,12E-03	0,00E+00	0,00E+00	-1,56E-03	-1,12E-03

Verificação das tensões cisalhantes devido às rotações	
E1=E2	
G_N (MPa)	1,00
a (m)	0,10
t (m)	0,00
α_0 (radianos)	3,00E-03

Verificação das tensões cisalhantes devido às rotações

α_t (radianos)	-1,56E-03
α_T (radianos)	1,44E-03
n	3,00
τ_α (MPa)	0,21

Verificação do Soerguimento dos Aparelhos de Apoio

	E1=E2
β	9,80
G_N (MPa)	1,00
a (m)	0,10
t (m)	0,00
α_T (radianos)	1,44E-03
σ_{min} (MPa)	9,70
$\alpha_{T,lim}$ (radianos)	2,57E+03
Verificação	OK

Verificação das tensões cisalhantes totais

	E1=E2
G_N (MPa)	1,00
τ_N (MPa)	1,48
τ_H (MPa)	0,62
τ_α (MPa)	0,21
τ_{total} (MPa)	2,31
τ_{lim} (MPa)	5,00
Verificação	OK

Verificação da Eficácia e da Flambagem dos Aparelhos de Apoio**Limitação de Altura dos Aparelhos de Apoio**

	E1=E2
a (m)	0,10

Limitação de Altura dos Aparelhos de Apoio	
$x_{i,CE}$ (m)	25,00
α (radianos)	1,00E-05
$\Delta\Theta$ (°C)	35,00
T_{min} (m)	0,018
T_{max} (m)	0,020
T (m)	0,018
Verificação	OK

Dimensionamento dos Encontros pelo Modelo de Bielas e Tirantes

Verificação do Tipo de Consolo

Altura Útil (d, m) =	0,3125
Distância da carga (a, m) =	0,1875
Verificação	Consolo Curto

Solicitações e Dimensionamento dos Tirantes dos Encontros

Fator de redução (ϕ) =	0,75
f_{ck} (MPa) =	30,00
f_{yk} (MPa) =	500,00
f_{cd} (MPa) =	22,50
f_{yd} (MPa) =	375,00
$A_{s, min}$ (cm²/m) =	7,50

Elem.	Solic. (kN)	Classif.	A_s (cm ² /m)	$A_{s,adot.}$ (cm ² /m)	ϕ (mm)	A_ϕ (cm ²)	Nº de barras/m	S (cm/m)	$S_{adot.}$ (cm/m)	Nº de barras adot./m	
E1	75,30	Tirante	2,01	7,50	16	2,01	4	26,81	25,00	4,51	5
E2	0,90	Tirante	0,02	7,50	16	2,01	4	26,81	25,00	4,51	5
E3	-87,70	Biela	0,00	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0
E4	-167,40	Biela	0,00	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0
E5	-239,60	Biela	0,00	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0
E6	189,70	Tirante	5,06	7,50	16	2,01	4	26,81	25,00	4,51	5
E7	-241,40	Biela	0,00	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0
E8	156,00	Tirante	4,16	7,50	16	2,01	4	26,81	25,00	4,51	5
E9	190,30	Tirante	5,07	7,50	16	2,01	4	26,81	25,00	4,51	5
E10	113,60	Tirante	3,03	7,50	16	2,01	4	26,81	25,00	4,51	5
E11	39,60	Tirante	1,06	7,50	16	2,01	4	26,81	25,00	4,51	5
E12	22,50	Tirante	0,60	7,50	16	2,01	4	26,81	25,00	4,51	5
E13	-37,60	Biela	0,00	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0
E14	-115,50	Biela	0,00	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0
E15	-190,70	Biela	0,00	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0
E16	21,90	Tirante	0,58	7,50	16	2,01	4	26,81	25,00	4,51	5
E17	20,80	Tirante	0,55	7,50	16	2,01	4	26,81	25,00	4,51	5
E18	-37,70	Biela	0,00	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0
E19	-111,00	Biela	0,00	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0
E20	-192,10	Biela	0,00	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0
E21	-282,00	Biela	0,00	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0
E22	60,40	Tirante	1,61	7,50	16	2,01	4	26,81	25,00	4,51	5
E23	-96,30	Biela	0,00	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0
E24	54,40	Tirante	1,45	7,50	16	2,01	4	26,81	25,00	4,51	5
E25	-104,50	Biela	0,00	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0

Elem.	Solic. (kN)	Classif.	A_s (cm ² /m)	$A_{s,adot.}$ (cm ² /m)	ϕ (mm)	A_ϕ (cm ²)	Nº de barras/m	S (cm/m)	$S_{adot.}$ (cm/m)	Nº de barras adot./m	
E26	49,00	Tirante	1,31	7,50	16	2,01	4	26,81	25,00	4,51	5
E27	-94,20	Biela	0,00	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0
E28	44,30	Tirante	1,18	7,50	16	2,01	4	26,81	25,00	4,51	5
E29	-85,10	Biela	0,00	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0
E30	40,30	Tirante	1,07	7,50	16	2,01	4	26,81	25,00	4,51	5
E31	0,00	Biela	0,00	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0
E32	-70,60	Biela	0,00	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0
E33	-309,90	Biela	0,00	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0
E34	156,00	Tirante	4,16	7,50	16	2,01	4	26,81	25,00	4,51	5
E35	-91,30	Biela	0,00	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0
E36	46,60	Tirante	1,24	7,50	16	2,01	4	26,81	25,00	4,51	5
E37	-88,00	Biela	0,00	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0
E38	45,40	Tirante	1,21	7,50	16	2,01	4	26,81	25,00	4,51	5
E39	-89,60	Biela	0,00	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0
E40	108,60	Tirante	2,90	7,50	16	2,01	4	26,81	25,00	4,51	5
E41	-357,60	Biela	0,00	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0
E42	-72,20	Biela	0,00	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0
E43	-3,30	Biela	0,00	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0
E44	-6,00	Biela	0,00	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0
E45	-5,40	Biela	0,00	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0
E46	-4,70	Biela	0,00	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0
E47	-4,00	Biela	0,00	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0
E48	-4,20	Biela	0,00	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0

Elem.	Solic. (kN)	Classif.	A_s (cm²/m)	$A_{s,adot.}$ (cm²/m)	ϕ (mm)	A_ϕ (cm²)	Nº de barras/m	S (cm/m)	$S_{adot.}$ (cm/m)	Nº de barras adot./m	
E49	12,30	Tirante	0,33	7,50	16	2,01	4	26,81	25,00	4,51	5
E50	-194,00	Biela	0,00	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0
E51	-1,80	Biela	0,00	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0
E52	-1,20	Biela	0,00	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0
E53	-22,90	Biela	0,00	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0
E54	-37,60	Biela	0,00	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0
E55	-37,60	Biela	0,00	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0
E56	22,50	Tirante	0,60	7,50	16	2,01	4	26,81	25,00	4,51	5

Armadura dos tirantes	
$A_{s,T}$ (cm ² /m) =	7,50
ϕ (mm) =	16,00
Nº de barras/m =	5,00
Espaçamento (cm/m) =	25,00

Comprimento de Ancoragem	
ϕ (mm) =	16,00
f_{yd} (MPa) =	434,78
η_1 =	2,25
η_2 =	1,00
η_3 =	1,00
f_{ctm} (MPa) =	2,90
$f_{ctk, inf}$ (MPa) =	2,03
f_{td} (MPa) =	1,45
f_{bd} (MPa) =	3,26
l_b (mm) =	533,72
$A_{s,cal}$ (cm ² /m) =	7,50
A_{se} (cm ² /m) =	10,05
α_l =	1,00
$l_{b, min}$ (mm) =	100,00
$l_{b, nec}$ (mm) =	399,00

Verificação das tensões limites nas bielas e regiões nodais

Vide o Anexo C - Entrada/Saída do Software CAST 0.9.11

Determinação da armadura de costura

Critério 1	
$A_{s,T}$ (cm ² /m) =	7,50
f_{yk} (MPa) =	500,00

Critério 1	
Fator de redução (ϕ) =	0,75
Força Horizontal (kN) =	12,33
$A_{s,H}$ (cm ² /m) =	0,03
$A_{s,costura}$ (cm ² /m) =	3,73
ϕ (mm) =	16,00
A_{ϕ} (cm ²) =	2,01
Nº de barras/m =	2,00
Espaçamento (cm/m) =	10,42
Espaçamento adotado (cm/m) =	10,00
Nº de barras adotado/m =	9,31
Nº de barras adotado/m =	9,00

Critério 2	
θ_s (Graus) =	53,5
Nº de pernas =	2
taxa de armadura \geq	0,0030

$S_{adotado}$ =	10,00
taxa de armadura =	0,2909
Verificação =	OK
ϕ (mm) =	16,00
A_{ϕ} (cm ² /m) =	2,01
$S_{disponível}$ (cm) =	31,3
Nº de barras =	3
$S_{disponível\ de\ calc.}$ (cm) =	31,3
$\Delta S_{disponível}$ (cm) =	3,55271E-14

Armadura de costura final	
ϕ (mm) =	16,00
$S_{adotado}$ (cm) =	10,00

APÊNDICE R – Solicitações nos Blocos de Coroamento

Solicitações Verticais

Convenção de sinais

Vertical p/baixo --> positivo

Horizontal longitudinal p/ direita --> positivo

Horizontal transversal p/ fora da folha --> positivo

Obs.: O bloco extremo de referência é o B1

Carga Vertical proveniente da Superestrutura (kN)

	Viga 1	Viga 2	Viga 3	Viga 4	Viga 5
B1=B3 (Extremo)	1.033,00	952,07	1.060,21	980,51	1.007,75
B2 (Intermediário)	1.601,70	1.476,21	1.643,89	1.520,31	1.562,54

Peso próprio do Bloco (nós superiores) (kN)

	Viga 1	Viga 2	Viga 3	Viga 4	Viga 5
B1=B3 (Extremo)					
Largura (m)	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80
Comprimento (m)	3,51	3,51	3,66	3,51	3,51
Altura (m)	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Peso Específico (kN/m³)	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00
Carga Vertical (kN)	368,55	368,55	384,30	368,55	368,55
B2 (Intermediário)					
Largura (m)	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80
Comprimento (m)	3,51	3,51	3,66	3,51	3,51
Altura (m)	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
Peso Específico (kN/m³)	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00
Carga Vertical (kN)	393,12	393,12	409,92	393,12	393,12

Carga Vertical Total de Cálculo nos Nós Superiores (kN)

	Viga 1	Viga 2	Viga 3	Viga 4	Viga 5
B1=B3 (Extremo)	1.548,97	1.468,04	1.598,23	1.496,48	1.523,72
B2 (Intermediário)	2.152,07	2.026,58	2.217,77	2.070,67	2.112,91

Decomposição - Carga Vertical e Inclínada referente aos Encontros (kN)						
Nós abaixo dos Encontros	Inclinada	θ(Graus)	Comp. Vert. Esq.	Esquerda	Esq. total	Dir. total
B1=B3 (Extremo)	72,20	61,9	34,01	-108,60	-74,59	357,60
B2 (Intermediário)	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00
Nós abaixo dos Encontros	Inclinada	θ(Graus)	Comp. Horiz.			
B1=B3 (Extremo)	72,20	61,9	63,69			
B2 (Intermediário)	0,00	0,0	0,00			

B1=B3 (Extremo)	Solicitações Totais Verticais (kN)					
Nós	Estaca 1	Estaca 2	Estaca 3	Estaca 4	Estaca 5	Estaca 6
1	-74,593	-74,593	-74,593	-74,593	-74,593	-74,593
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	357,600	357,600	357,600	357,600	357,600	357,600
Nós	Viga 1	Viga 2	Viga 3	Viga 4	Viga 5	
7	1.548,971	1.468,036	1.598,230	1.496,477	1.523,718	

B2 (Intermediário)	Solicitações Totais Verticais (kN)					
Nós	Estaca 1	Estaca 2	Estaca 3	Estaca 4	Estaca 5	Estaca 6
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nós	Viga 1	Viga 2	Viga 3	Viga 4	Viga 5	
7	2.152,067	2.026,575	2.217,775	2.070,674	2.112,911	

Solicitações Horizontais Longitudinais

Atrito nos Apoios (kN)					
	Viga 1	Viga 2	Viga 3	Viga 4	Viga 5
B1=B3 (Extremo)	46,49	42,84	47,71	44,12	45,35
B2 (Intermediário)	72,08	66,43	73,97	68,41	70,31

Carga de Frenagem e Aceleração de Veículos (kN)				
	Nº de Nós	Carga(kN/m bloco)	L (m)	Carga/nó (kN)
B1=B3 (Extremo)	5	77,00	17,70	272,58
B2 (Intermediário)	5	77,00	17,70	272,58

Empuxo de Terra (kN/m de bloco)	
Nó	B1=B3 (Extremo)
1	0,550
2	2,239
3	3,587
4	13,656
5	15,518
Carga Total	35,550

Empuxo de Sobrecarga (kN/m²/m de bloco)	
Altura do encontro (m) =	2,00
Peso específico do solo (kN/m³) =	18,00
Peso do solo de sobrecarga (kN/m²) =	36,00
Coef. de Empuxo Ativo (K_a) =	0,33
$E_{sob, adicional}$ (kN/m²/m de bloco) =	16,80
$E_{sob, veículos}$ (kN/m²/m de bloco) =	30,88
$E_{sob, total}$ (kN/m²/m de bloco) =	47,68
Distribuição para os Nós (kN/m de bloco)	
Nó	B1=B3 (Extremo)
1	1,590
2	6,210
3	9,220
4	29,640
5	27,420
Carga Total	74,080

Distrib. do Empuxo de Terra e de Sobrec. nos Blocos Extremos B1=B3 (kN)						
	Dist. de Contrib.	Nó 1	Nó 2	Nó 3	Nó 4	Nó 5
	(m)					
Estaca 1	1,83	3,92	15,46	23,44	79,23	78,58

Estaca 2	3,36	7,19	28,39	43,03	145,47	144,27
Estaca 3	3,66	7,83	30,92	46,87	158,46	157,15
Estaca 4	3,66	7,83	30,92	46,87	158,46	157,15
Estaca 5	3,36	7,19	28,39	43,03	145,47	144,27
Estaca 6	1,83	3,92	15,46	23,44	79,23	78,58
Total	17,70	37,88	149,55	226,68	766,34	760,00

B1=B3 (Extremo)	Solicitações Horizontais Longitudinais Totais (kN)					
Nós	Estaca 1	Estaca 2	Estaca 3	Estaca 4	Estaca 5	Estaca 6
1	67,606	79,151	87,126	142,921	142,266	63,690
2	15,462	28,389	30,923	30,923	28,389	15,462
3	23,437	43,032	46,874	46,874	43,032	23,437
4	79,232	145,475	158,463	158,463	145,475	79,232
5	78,577	144,272	157,153	157,153	144,272	78,577
6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Nós	Viga 1	Viga 2	Viga 3	Viga 4	Viga 5	
7	319,065	315,423	320,290	316,703	317,929	

B2 (Intermediário)	Solicitações Horizontais Longitudinais Totais (kN)					
Nós	Estaca 1	Estaca 2	Estaca 3	Estaca 4	Estaca 5	Estaca 6
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nós	Viga 1	Viga 2	Viga 3	Viga 4	Viga 5	
7	344,656	339,009	346,555	340,994	342,894	

Solicitações Horizontais Transversais

Ação do Vento prov. da Superestrutura (kN)	
B1=B3 (Extremo) =	10,03
B2 (Intermediário) =	10,03

Ação Dinâmica das Águas	
Carga Total (kN/m²) =	12,04
B1=B3 (Extremo)	
Nó 5 - Área de contribuição (m²) =	1,05
Carga nó 5 (kN) =	12,64
Nó 7 - Área de contribuição (m²) =	2,10
Carga nó 7 (kN) =	25,28
Nó 8 - Área de contribuição (m²) =	1,05
Carga nó 8 (kN) =	12,64
B2 (Intermediário)	
Nó 5 - Área de contribuição (m²) =	1,12
Carga nó 5 (kN) =	13,48
Nó 7 - Área de contribuição (m²) =	2,24
Carga nó 7 (kN) =	26,96
Nó 8 - Área de contribuição (m²) =	1,12
Carga nó 8 (kN) =	13,48

Solicitações Horizontais Transversais Totais (kN)		
Nó	B1=B3 (Extremo)	B2 (Intermediário)
5	12,64	13,482
7	35,31	26,965
8	12,64	13,482
ÂNGULO DA CARGA	11,1	Graus
Cargas Horizontais Longitudinais (x)		
5	-2,43	-2,60
7	-6,80	-5,19
8	-2,43	-2,60
Cargas Horizontais Transversais (y)		
5	12,40	13,23
7	34,65	26,46
8	12,40	13,23

APÊNDICE S – Dimensionamento dos Blocos Extremos (B1=B3)

Coordenadas dos Nós dos Modelos de Bielas e Tirantes

Bloco Extremo B1=B3			
Nó	X (m)	Y (m)	Z (m)
1	3,016	15,879	0,000
2	2,549	13,040	1,050
3	0,000	0,000	0,000
4	0,063	0,000	1,050
5	-0,063	0,000	1,050
6	-0,063	0,000	1,243
7	-0,063	0,000	1,437
8	-0,063	0,000	1,504
9	0,063	0,000	1,243
10	0,063	0,000	1,437
11	0,063	0,000	1,504
12	1,170	6,275	0,000
13	0,592	2,840	1,050
14	0,529	2,840	0,000
15	0,466	2,840	1,050
16	0,466	2,840	1,243
17	0,466	2,840	1,437
18	0,466	2,840	1,504
19	0,592	2,840	1,243
20	0,592	2,840	1,437
21	0,592	2,840	1,504
22	1,843	9,590	0,000
23	1,233	6,275	1,050
24	1,107	6,275	1,050
25	1,107	6,275	1,243
26	1,107	6,275	1,437
27	1,107	6,275	1,504
28	1,233	6,275	1,243
29	1,233	6,275	1,437

30	1,233	6,275	1,504
31	2,486	13,040	0,000
32	1,906	9,590	1,050
33	1,780	9,590	1,050
34	1,780	9,590	1,243
35	1,780	9,590	1,437
36	1,780	9,590	1,504
37	1,906	9,590	1,243
38	1,906	9,590	1,437
39	1,906	9,590	1,504
40	2,423	13,040	1,050
41	2,423	13,040	1,243
42	2,423	13,040	1,437
43	2,423	13,040	1,504
44	2,549	13,040	1,243
45	2,549	13,040	1,437
46	2,549	13,040	1,504
47	3,079	15,879	1,050
48	2,953	15,879	1,050
49	2,953	15,879	1,243
50	2,953	15,879	1,437
51	2,953	15,879	1,504
52	3,079	15,879	1,243
53	3,079	15,879	1,437
54	3,079	15,879	1,504
55	4,603	15,879	0,000
56	4,073	13,040	0,000
57	3,430	9,590	0,000
58	2,757	6,275	0,000
59	2,116	2,840	0,000
60	1,587	0,000	0,000
61	1,015	1,190	1,400
62	1,630	4,490	1,400
63	2,301	8,090	1,400

64	2,972	11,690	1,400
65	3,587	14,990	1,400

Modelagem e Dimensionamento do Bloco B1=B3 (Extremos)

Solicitações e Classificação dos Elementos do MBT

Os elementos 239 a 274 referem-se às reações de apoio do modelo de bielas e tirantes

Elemento	Força (kN)	Localização	Classif.
1	0,077	Ancoragem do console	TIRANTE
2	-501,810	Ancoragem do console	BIELA
3	409,990	Ancoragem do console	TIRANTE
4	405,900	Ancoragem do console	TIRANTE
5	240,710	Ancoragem do console	TIRANTE
6	110,830	Ancoragem do console	TIRANTE
7	-518,640	Ancoragem do console	BIELA
8	-392,340	Ancoragem do console	BIELA
9	-357,440	Ancoragem do console	BIELA
10	0,000	Ancoragem do console	TIRANTE
11	67,937	Ancoragem do console	TIRANTE
12	83,452	Ancoragem do console	TIRANTE
13	-102,640	Ancoragem do console	BIELA
14	-195,340	Ancoragem do console	BIELA
15	-153,210	Ancoragem do console	BIELA
16	-76,944	Ancoragem do console	BIELA
17	-52,804	Ancoragem do console	BIELA
18	-534,340	Ancoragem do console	BIELA
19	513,020	Ancoragem do console	TIRANTE
20	508,720	Ancoragem do console	TIRANTE
21	280,640	Ancoragem do console	TIRANTE
22	116,220	Ancoragem do console	TIRANTE
23	-564,460	Ancoragem do console	BIELA

24	-399,570	Ancoragem do console	BIELA
25	-357,670	Ancoragem do console	BIELA
26	-0,331	Ancoragem do console	BIELA
27	78,760	Ancoragem do console	TIRANTE
28	106,970	Ancoragem do console	TIRANTE
29	-175,350	Ancoragem do console	BIELA
30	-273,740	Ancoragem do console	BIELA
31	-196,210	Ancoragem do console	BIELA
32	-89,264	Ancoragem do console	BIELA
33	-36,486	Ancoragem do console	BIELA
34	-564,340	Ancoragem do console	BIELA
35	561,610	Ancoragem do console	TIRANTE
36	563,640	Ancoragem do console	TIRANTE
37	306,590	Ancoragem do console	TIRANTE
38	121,460	Ancoragem do console	TIRANTE
39	-588,540	Ancoragem do console	BIELA
40	-404,280	Ancoragem do console	BIELA
41	-357,640	Ancoragem do console	BIELA
42	0,184	Ancoragem do console	TIRANTE
43	88,550	Ancoragem do console	TIRANTE
44	120,650	Ancoragem do console	TIRANTE
45	-192,430	Ancoragem do console	BIELA
46	-307,230	Ancoragem do console	BIELA
47	-220,380	Ancoragem do console	BIELA
48	-99,763	Ancoragem do console	BIELA
49	-20,512	Ancoragem do console	BIELA
50	-712,110	Ancoragem do console	BIELA
51	736,320	Ancoragem do console	TIRANTE
52	748,710	Ancoragem do console	TIRANTE
53	415,790	Ancoragem do console	TIRANTE
54	150,410	Ancoragem do console	TIRANTE
55	-700,730	Ancoragem do console	BIELA
56	-434,300	Ancoragem do console	BIELA
57	-357,810	Ancoragem do console	BIELA

58	-1,089	Ancoragem do console	BIELA
59	141,490	Ancoragem do console	TIRANTE
60	172,080	Ancoragem do console	TIRANTE
61	-201,970	Ancoragem do console	BIELA
62	-399,790	Ancoragem do console	BIELA
63	-316,880	Ancoragem do console	BIELA
64	-161,260	Ancoragem do console	BIELA
65	-45,709	Ancoragem do console	BIELA
66	-711,010	Ancoragem do console	BIELA
67	687,620	Ancoragem do console	TIRANTE
68	727,550	Ancoragem do console	TIRANTE
69	407,050	Ancoragem do console	TIRANTE
70	149,400	Ancoragem do console	TIRANTE
71	-691,900	Ancoragem do console	BIELA
72	-433,130	Ancoragem do console	BIELA
73	-357,810	Ancoragem do console	BIELA
74	-0,469	Ancoragem do console	BIELA
75	140,860	Ancoragem do console	TIRANTE
76	168,310	Ancoragem do console	TIRANTE
77	-187,450	Ancoragem do console	BIELA
78	-384,830	Ancoragem do console	BIELA
79	-308,580	Ancoragem do console	BIELA
80	-159,650	Ancoragem do console	BIELA
81	-18,220	Ancoragem do console	BIELA
82	-511,760	Ancoragem do console	BIELA
83	399,460	Ancoragem do console	TIRANTE
84	396,760	Ancoragem do console	TIRANTE
85	234,010	Ancoragem do console	TIRANTE
86	108,900	Ancoragem do console	TIRANTE
87	-516,080	Ancoragem do console	BIELA
88	-391,700	Ancoragem do console	BIELA
89	-357,600	Ancoragem do console	BIELA
90	0,836	Ancoragem do console	TIRANTE
91	65,697	Ancoragem do console	TIRANTE

92	82,134	Ancoragem do console	TIRANTE
93	-103,160	Ancoragem do console	BIELA
94	-193,120	Ancoragem do console	BIELA
95	-149,000	Ancoragem do console	BIELA
96	-73,082	Ancoragem do console	BIELA
97	-32,828	Ancoragem do console	BIELA
98	-6,938	Ancoragem do console	BIELA
99	-15,927	Ancoragem do console	BIELA
100	-2,980	Ancoragem do console	BIELA
101	3,579	Ancoragem do console	TIRANTE
102	-8,115	Base do bloco	BIELA
103	14,283	Base do bloco	TIRANTE
104	74,766	Base do bloco	TIRANTE
105	58,191	Base do bloco	TIRANTE
106	89,003	Base do bloco	TIRANTE
107	43,103	Ancoragem do console	TIRANTE
108	39,288	Ancoragem do console	TIRANTE
109	43,115	Ancoragem do console	TIRANTE
110	37,330	Ancoragem do console	TIRANTE
111	28,780	Ancoragem do console	TIRANTE
112	-12,663	Ancoragem do console	BIELA
113	-2,313	Ancoragem do console	BIELA
114	2,150	Ancoragem do console	TIRANTE
115	9,942	Ancoragem do console	TIRANTE
116	14,997	Ancoragem do console	TIRANTE
117	10,830	Ancoragem do console	TIRANTE
118	9,246	Ancoragem do console	TIRANTE
119	8,532	Ancoragem do console	TIRANTE
120	12,004	Ancoragem do console	TIRANTE
121	-9,859	Ancoragem do console	BIELA
122	-24,191	Ancoragem do console	BIELA
123	-17,605	Ancoragem do console	BIELA
124	-4,791	Ancoragem do console	BIELA
125	-17,394	Ancoragem do console	BIELA

126	-0,897	Ancoragem do console	BIELA
127	1,805	Ancoragem do console	TIRANTE
128	3,426	Ancoragem do console	TIRANTE
129	10,101	Ancoragem do console	TIRANTE
130	5,610	Ancoragem do console	TIRANTE
131	-4,313	Ancoragem do console	BIELA
132	-5,398	Ancoragem do console	BIELA
133	49,133	Ancoragem do console	TIRANTE
134	29,093	Ancoragem do console	TIRANTE
135	4,593	Ancoragem do console	TIRANTE
136	31,007	Ancoragem do console	TIRANTE
137	26,460	Ancoragem do console	TIRANTE
138	7,106	Ancoragem do console	TIRANTE
139	-2,787	Ancoragem do console	BIELA
140	6,936	Ancoragem do console	TIRANTE
141	38,731	Ancoragem do console	TIRANTE
142	19,834	Ancoragem do console	TIRANTE
143	4,204	Ancoragem do console	TIRANTE
144	3,163	Ancoragem do console	TIRANTE
145	10,935	Ancoragem do console	TIRANTE
146	41,138	Ancoragem do console	TIRANTE
147	14,238	Ancoragem do console	TIRANTE
148	0,197	Ancoragem do console	TIRANTE
149	-4,974	Ancoragem do console	BIELA
150	8,672	Ancoragem do console	TIRANTE
151	18,073	Ancoragem do console	TIRANTE
152	-12,633	Ancoragem do console	BIELA
153	-12,539	Ancoragem do console	BIELA
154	-12,771	Ancoragem do console	BIELA
155	15,342	Ancoragem do console	TIRANTE
156	-29,756	Ancoragem do console	BIELA
157	-15,440	Ancoragem do console	BIELA
158	-6,399	Ancoragem do console	BIELA
159	0,000	Ancoragem do console	BIELA

160	19,170	Ancoragem do console	TIRANTE
161	32,755	Ancoragem do console	TIRANTE
162	18,179	Ancoragem do console	TIRANTE
163	28,157	Ancoragem do console	TIRANTE
164	15,451	Ancoragem do console	TIRANTE
165	27,826	Ancoragem do console	TIRANTE
166	13,659	Ancoragem do console	TIRANTE
167	12,510	Ancoragem do console	TIRANTE
168	17,370	Ancoragem do console	TIRANTE
169	17,595	Ancoragem do console	TIRANTE
170	13,850	Ancoragem do console	TIRANTE
171	-5,259	Ancoragem do console	BIELA
172	125,630	Ancoragem do console	TIRANTE
173	29,822	Ancoragem do console	TIRANTE
174	15,475	Ancoragem do console	TIRANTE
175	6,400	Ancoragem do console	TIRANTE
176	-41,120	Ancoragem do console	BIELA
177	-22,562	Ancoragem do console	BIELA
178	-27,077	Ancoragem do console	BIELA
179	-19,340	Ancoragem do console	BIELA
180	-18,537	Ancoragem do console	BIELA
181	-6,563	Ancoragem do console	BIELA
182	2,790	Ancoragem do console	TIRANTE
183	13,165	Ancoragem do console	TIRANTE
184	-12,899	Ancoragem do console	BIELA
185	1,882	Ancoragem do console	TIRANTE
186	11,858	Ancoragem do console	TIRANTE
187	17,723	Ancoragem do console	TIRANTE
188	-15,365	Ancoragem do console	BIELA
189	-10,118	Ancoragem do console	BIELA
190	-7,771	Ancoragem do console	BIELA
191	-0,149	Ancoragem do console	BIELA
192	9,230	Ancoragem do console	TIRANTE
193	-21,970	Ancoragem do console	BIELA

194	4,026	Ancoragem do console	TIRANTE
195	-2,343	Ancoragem do console	BIELA
196	1,243	Ancoragem do console	TIRANTE
197	7,645	Ancoragem do console	TIRANTE
198	0,000	Base do bloco	ESTABIL.
199	-72,110	Base do bloco	BIELA
200	965,120	Base do bloco	TIRANTE
201	123,970	Base do bloco	TIRANTE
202	1044,500	Base do bloco	TIRANTE
203	171,650	Base do bloco	TIRANTE
204	973,150	Base do bloco	TIRANTE
205	252,070	Base do bloco	TIRANTE
206	888,580	Base do bloco	TIRANTE
207	245,200	Base do bloco	TIRANTE
208	404,740	Base do bloco	TIRANTE
209	-831,410	Inclinada a partir da viga	BIELA
210	-367,440	Inclinada a partir da viga	BIELA
211	-409,860	Inclinada a partir da viga	BIELA
212	-805,200	Inclinada a partir da viga	BIELA
213	-510,250	Inclinada a partir da viga	BIELA
214	-267,640	Inclinada a partir da viga	BIELA
215	-744,460	Inclinada a partir da viga	BIELA
216	-980,660	Inclinada a partir da viga	BIELA
217	62,099	Superior ao bloco	TIRANTE
218	-467,280	Inclinada a partir da viga	BIELA
219	-437,850	Inclinada a partir da viga	BIELA
220	-787,360	Inclinada a partir da viga	BIELA
221	-968,600	Inclinada a partir da viga	BIELA
222	58,817	Superior ao bloco	TIRANTE
223	-422,800	Inclinada a partir da viga	BIELA
224	-440,580	Inclinada a partir da viga	BIELA
225	-701,040	Inclinada a partir da viga	BIELA
226	-945,160	Inclinada a partir da viga	BIELA
227	48,019	Superior ao bloco	TIRANTE

	228	-406,540	Inclinada a partir da viga	BIELA
	229	-400,830	Inclinada a partir da viga	BIELA
	230	-474,840	Inclinada a partir da viga	BIELA
	231	-995,950	Inclinada a partir da viga	BIELA
	232	19,933	Superior ao bloco	TIRANTE
	233	-291,960	Inclinada a partir da ancoragem do console	BIELA
	234	-435,790	Inclinada a partir da ancoragem do console	BIELA
	235	-480,310	Inclinada a partir da ancoragem do console	BIELA
	236	-563,120	Inclinada a partir da ancoragem do console	BIELA
	237	-535,610	Inclinada a partir da ancoragem do console	BIELA
	238	-292,850	Inclinada a partir da ancoragem do console	BIELA
Nó1Rx	239	147,020	Reação de apoio	REAÇÃO
Nó1Ry	240	0,000	Reação de apoio	REAÇÃO
Nó1Rz	241	-389,180	Reação de apoio	REAÇÃO
Nó3Rx	242	55,800	Reação de apoio	REAÇÃO
Nó3Ry	243	466,910	Reação de apoio	REAÇÃO
Nó3Rz	244	-646,160	Reação de apoio	REAÇÃO
Nó12Rx	245	-826,780	Reação de apoio	REAÇÃO
Nó12Ry	246	0,000	Reação de apoio	REAÇÃO
Nó12Rz	247	-440,740	Reação de apoio	REAÇÃO
Nó14Rx	248	-671,280	Reação de apoio	REAÇÃO
Nó14Ry	249	0,000	Reação de apoio	REAÇÃO
Nó14Rz	250	-566,500	Reação de apoio	REAÇÃO
Nó22Rx	251	-846,930	Reação de apoio	REAÇÃO
Nó22Ry	252	0,000	Reação de apoio	REAÇÃO
Nó22Rz	253	-489,400	Reação de apoio	REAÇÃO
Nó31Rx	254	-748,860	Reação de apoio	REAÇÃO
Nó31Ry	255	0,000	Reação de apoio	REAÇÃO
Nó31Rz	256	-538,420	Reação de apoio	REAÇÃO
Nó55Rx	257	-774,420	Reação de apoio	REAÇÃO
Nó55Ry	258	-526,360	Reação de apoio	REAÇÃO
Nó55Rz	259	-883,100	Reação de apoio	REAÇÃO
Nó56Rx	260	0,000	Reação de apoio	REAÇÃO
Nó56Ry	261	0,000	Reação de apoio	REAÇÃO

N656Rz	262	-1167,400	Reação de apoio	REAÇÃO
N657Rx	263	0,000	Reação de apoio	REAÇÃO
N657Ry	264	0,000	Reação de apoio	REAÇÃO
N657Rz	265	-1281,100	Reação de apoio	REAÇÃO
N658Rx	266	0,000	Reação de apoio	REAÇÃO
N658Ry	267	0,000	Reação de apoio	REAÇÃO
N658Rz	268	-1286,200	Reação de apoio	REAÇÃO
N659Rx	269	0,000	Reação de apoio	REAÇÃO
N659Ry	270	0,000	Reação de apoio	REAÇÃO
N659Rz	271	-1181,400	Reação de apoio	REAÇÃO
N660Rx	272	0,000	Reação de apoio	REAÇÃO
N660Ry	273	0,000	Reação de apoio	REAÇÃO
N660Rz	274	-463,820	Reação de apoio	REAÇÃO
	MÁXIMO	1044,500		
	MÍNIMO	-1286,200		

Verificação dos Nós e das Bielas

Aço	CA-50	$f_{yk} =$	500 MPa
Concreto		$f_{ck} =$	30 MPa

Diâmetro da estaca = 0,40m

Determinação da resistência de concreto dos nós inferiores (apoiados nas estacas)

Nó	Elemento	Solicitação (kN)	Tipo	β_n	f_{cu} (MPa)	σ_{atu} (MPa)	Verificação
1	239	147,02	T	0,6	10,93	3,10	OK
	240	0,00	Estabilizador				
	241	-389,18	C				
	198	0,00	Estabilizador				
	106	89,00	T				
	82	-511,76	C				
	83	399,46	T				
	1	0,08	T				
	172	125,63	T				

Nó	Elemento	Solicitação (kN)	Tipo	β_n	f_{cu} (MPa)	σ_{atu} (MPa)	Verificação
3	242	55,80	T	0,6	10,93	5,14	OK
	243	466,91	T				
	244	-646,16	C				
	2	-501,81	C				
	3	409,99	T				
	102	-8,11	C				
	208	404,74	T				
	209	-831,41	C				
12	245	-826,78	C	0,6	10,93	3,51	OK
	246	0,00	Estabilizador				
	247	-440,74	C				
	103	14,28	T				
	104	74,77	T				
	204	973,15	T				
	34	-564,34	C				
	35	561,61	T				
	17	-52,80	C				
	125	-17,39	C				
	214	-267,64	C				
	218	-467,28	C				
14	248	-671,28	C	0,6	10,93	4,51	OK
	249	0,00	Estabilizador				
	250	-566,50	C				
	206	888,58	T				
	102	-8,11	C				
	103	14,28	T				
	18	-534,34	C				
	19	513,02	T				
	121	-9,86	C				
	65	-45,71	C				
	210	-367,44	C				
	213	-510,25	C				

Nó	Elemento	Solicitação (kN)	Tipo	β_n	f_{cu} (MPa)	σ_{atu} (MPa)	Verificação
22	251	-846,93	C	0,6	10,93	3,89	OK
	252	0,00	Estabilizador				
	253	-489,40	C				
	104	74,77	T				
	105	58,19	T				
	202	1044,50	T				
	50	-712,11	C				
	51	736,32	T				
	33	-36,49	C				
	129	10,10	T				
	219	-437,85	C				
	223	-422,80	C				
31	254	-748,86	C	0,6	10,93	4,28	OK
	255	0,00	Estabilizador				
	256	-538,42	C				
	66	-711,01	C				
	67	687,62	T				
	105	58,19	T				
	106	89,00	T				
	200	965,12	T				
	49	-20,51	C				
	133	49,13	T				
	224	-440,58	C				
	228	-406,54	C				
55	257	-774,42	C	1,0	18,21	7,03	OK
	258	-526,36	C				
	259	-883,10	C				
	198	0,00	Estabilizador				
	199	-72,11	C				
	238	-292,85	C				
	231	-995,95	C				

Nó	Elemento	Solicitação (kN)	Tipo	β_n	f_{cu} (MPa)	σ_{atu} (MPa)	Verificação
56	260	0,00	Estabilizador	0,6	10,93	9,29	OK
	261	0,00	Estabilizador				
	262	-1167,40	C				
	199	-72,11	C				
	200	965,12	T				
	201	123,97	T				
	226	-945,16	C				
	230	-474,84	C				
237	-535,61	C					
57	263	0,00	Estabilizador	0,6	10,93	10,19	OK
	264	0,00	Estabilizador				
	265	-1281,10	C				
	201	123,97	T				
	202	1044,50	T				
	203	171,65	T				
	225	-701,04	C				
	236	-563,12	C				
58	266	0,00	T	0,6	10,93	10,24	OK
	267	0,00	T				
	268	-1286,20	C				
	203	171,65	T				
	204	973,15	T				
	205	252,07	T				
	235	-480,31	C				
	220	-787,36	C				
	216	-980,66	C				

Nó	Elemento	Solicitação (kN)	Tipo	β_n	f_{cu} (MPa)	σ_{atu} (MPa)	Verificação
59	269	0,00	Estabilizador	0,6	10,93	9,40	OK
	270	0,00	Estabilizador				
	271	-1181,40	C				
	205	252,07	T				
	206	888,58	T				
	207	245,20	T				
	212	-805,20	C				
	215	-744,46	C				
	234	-435,79	C				
60	272	0,00	Estabilizador	0,6	10,93	3,69	OK
	273	0,00	Estabilizador				
	274	-463,82	C				
	207	245,20	T				
	208	404,74	T				
	211	-409,86	C				
	233	-291,96	C				

Área do aparelho de apoio = 0,27 m²

Determinação da resistência de concreto dos nós superiores (apoio das vigas)

Nó	Elemento	Solicitação (kN)	Tipo	β_n	f_{cu} (MPa)	σ_{atu} (MPa)	Verificação
61	FZ (Viga 1)	-1548,97	C	0,8	14,57	5,74	OK
	209	-831,41	C				
	210	-367,44	C				
	211	-409,86	C				
	212	-805,20	C				
	217	62,10	T				
62	FZ (Viga 2)	-1468,04	C	0,6	10,93	5,44	OK
	213	-510,25	C				
	214	-267,64	C				
	215	-744,46	C				
	216	-980,66	C				
	222	58,82	T				
	217	62,10	T				

Nó	Elemento	Solicitação (kN)	Tipo	β_n	f_{cu} (MPa)	σ_{atu} (MPa)	Verificação
63	FZ (Viga 3)	-1598,23	C	0,6	10,93	5,92	OK
	218	-467,28	C				
	219	-437,85	C				
	220	-787,36	C				
	221	-968,60	C				
	227	48,02	T				
	222	58,82	T				
64	FZ (Viga 4)	-1496,48	C	0,6	10,93	5,54	OK
	223	-422,80	C				
	224	-440,58	C				
	225	-701,04	C				
	226	-945,16	C				
	232	19,93	T				
	227	48,02	T				
65	FZ (Viga 5)	-1523,72	C	0,8	14,57	5,64	OK
	228	-406,54	C				
	229	-400,83	C				
	230	-474,84	C				
	231	-995,95	C				
	232	19,93	T				

$w_i/2 =$	0,06m
-----------	-------

(metade da distância entre a face superior da estaca e o eixo do tirante principal)

Determinação da resistência de concreto das bielas que chegam aos nós inferiores (apoiados nas estacas) e Armadura dos tirantes																			
Nó	Elemento	Solicitação (kN)	Tipo	Coordenadas dos nós								d (m)	θ (°)	l _{biela} (m)	β_s	f _{cu} (MPa)	σ_{atu} (MPa)	Verif.	Arm. Calc.
				Nó 1	x (m)	y (m)	z (m)	Nó 2	x (m)	y (m)	z (m)								(cm ²)
1	239	147,02	TIRANTE	1	3,016	15,88	0,00	1	3,016	15,88	0,00	0,00	90,00	-	-	-	-	-	3,38
	240	0,00	BIELA	1	3,016	15,88	0,00	1	3,016	15,88	0,00	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	0,00	OK	-
	241	-389,18	BIELA	1	3,016	15,88	0,00	1	3,016	15,88	0,00	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	3,10	OK	-
	198	0,00	BIELA	1	3,016	15,88	0,00	55	4,603	15,88	0,00	1,59	0,00	0,12	1,00	18,21	0,00	OK	-
	106	89,00	TIRANTE	1	3,016	15,88	0,00	31	2,486	13,04	0,00	2,89	0,00	-	-	-	-	-	2,05
	82	-511,76	BIELA	1	3,016	15,88	0,00	47	3,079	15,88	1,05	1,05	86,57	0,41	0,75	13,66	4,01	OK	-
	83	399,46	TIRANTE	1	3,016	15,88	0,00	48	2,953	15,88	1,05	1,05	86,57	-	-	-	-	-	9,19
	1	0,08	TIRANTE	1	3,016	15,88	0,00	2	2,549	13,04	1,05	3,06	20,05	-	-	-	-	-	0,00
	172	125,63	TIRANTE	1	3,016	15,88	0,00	40	2,423	13,04	1,05	3,08	19,90	-	-	-	-	-	2,89
3	242	55,80	TIRANTE	3	0,00	0,00	0,00	3	0,00	0,00	0,00	0,00	90,00	-	-	-	-	-	1,28
	243	466,91	TIRANTE	3	0,00	0,00	0,00	3	0,00	0,00	0,00	0,00	90,00	-	-	-	-	-	10,74
	244	-646,16	BIELA	3	0,00	0,00	0,00	3	0,00	0,00	0,00	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	5,14	OK	-
	2	-501,81	BIELA	3	0,00	0,00	0,00	4	0,06	0,00	1,05	1,05	86,57	0,41	0,75	13,66	3,93	OK	-
	3	409,99	TIRANTE	3	0,00	0,00	0,00	5	-0,06	0,00	1,05	1,05	86,57	-	-	-	-	-	9,43
	102	-8,11	BIELA	3	0,00	0,00	0,00	14	0,53	2,84	0,00	2,89	0,00	0,12	1,00	18,21	0,17	OK	-
	208	404,74	TIRANTE	3	0,00	0,00	0,00	60	1,59	0,00	0,00	1,59	0,00	-	-	-	-	-	9,31
	209	-831,41	BIELA	3	0,00	0,00	0,00	61	1,02	1,19	1,40	2,10	41,83	0,36	0,75	13,66	7,43	OK	-
12	245	-826,78	BIELA	12	1,17	6,27	0,00	12	1,17	6,27	0,00	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	6,58	OK	-
	246	0,00	BIELA	12	1,17	6,27	0,00	12	1,17	6,27	0,00	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	0,00	OK	-
	247	-440,74	BIELA	12	1,17	6,27	0,00	12	1,17	6,27	0,00	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	3,51	OK	-
	103	14,28	TIRANTE	12	1,17	6,27	0,00	14	0,53	2,84	0,00	3,49	0,00	-	-	-	-	-	0,33
	104	74,77	TIRANTE	12	1,17	6,27	0,00	22	1,84	9,59	0,00	3,38	0,00	-	-	-	-	-	1,72
	204	973,15	TIRANTE	12	1,17	6,27	0,00	58	2,76	6,27	0,00	1,59	0,00	-	-	-	-	-	22,38
	34	-564,34	BIELA	12	1,17	6,27	0,00	23	1,23	6,27	1,05	1,05	86,57	0,41	0,75	13,66	4,42	OK	-
	35	561,61	TIRANTE	12	1,17	6,27	0,00	24	1,11	6,27	1,05	1,05	86,57	-	-	-	-	-	12,92
	17	-52,80	BIELA	12	1,17	6,27	0,00	13	0,59	2,84	1,05	3,64	16,77	0,23	0,75	13,66	0,73	OK	-
	125	-17,39	BIELA	12	1,17	6,27	0,00	15	0,47	2,84	1,05	3,66	16,67	0,23	0,75	13,66	0,24	OK	-
	214	-267,64	BIELA	12	1,17	6,27	0,00	62	1,63	4,49	1,40	2,31	37,22	0,34	0,75	13,66	2,52	OK	-
	218	-467,28	BIELA	12	1,17	6,27	0,00	63	2,30	8,09	1,40	2,56	33,21	0,32	0,75	13,66	4,66	OK	-

14	248	-671,28	BIELA	14	0,53	2,84	0,00	14	0,53	2,84	0,00	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	5,34	OK	-
	249	0,00	BIELA	14	0,53	2,84	0,00	14	0,53	2,84	0,00	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	0,00	OK	-
	250	-566,50	BIELA	14	0,53	2,84	0,00	14	0,53	2,84	0,00	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	4,51	OK	-
	206	888,58	TIRANTE	14	0,53	2,84	0,00	59	2,12	2,84	0,00	1,59	0,00	-	-	-	-	-	20,44
	102	-8,11	BIELA	14	0,53	2,84	0,00	3	0,00	0,00	0,00	2,89	0,00	0,12	1,00	18,21	0,17	OK	-
	103	14,28	TIRANTE	14	0,53	2,84	0,00	12	1,17	6,27	0,00	3,49	0,00	-	-	-	-	-	0,33
	18	-534,34	BIELA	14	0,53	2,84	0,00	13	0,59	2,84	1,05	1,05	86,57	0,41	0,75	13,66	4,18	OK	-
	19	513,02	TIRANTE	14	0,53	2,84	0,00	15	0,47	2,84	1,05	1,05	86,57	-	-	-	-	-	11,80
	121	-9,86	BIELA	14	0,53	2,84	0,00	5	-0,06	0,00	1,05	3,08	19,90	0,25	0,75	13,66	0,13	OK	-
	65	-45,71	BIELA	14	0,53	2,84	0,00	4	0,06	0,00	1,05	3,06	20,05	0,25	0,75	13,66	0,58	OK	-
	210	-367,44	BIELA	14	0,53	2,84	0,00	61	1,02	1,19	1,40	2,22	39,15	0,35	0,75	13,66	3,38	OK	-
	213	-510,25	BIELA	14	0,53	2,84	0,00	62	1,63	4,49	1,40	2,43	35,21	0,33	0,75	13,66	4,94	OK	-
22	251	-846,93	BIELA	22	1,84	9,59	0,00	22	1,84	9,59	0,00	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	6,74	OK	-
	252	0,00	BIELA	22	1,84	9,59	0,00	22	1,84	9,59	0,00	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	0,00	OK	-
	253	-489,40	BIELA	22	1,84	9,59	0,00	22	1,84	9,59	0,00	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	3,89	OK	-
	104	74,77	TIRANTE	22	1,84	9,59	0,00	12	1,17	6,27	0,00	3,38	0,00	-	-	-	-	-	1,72
	105	58,19	TIRANTE	22	1,84	9,59	0,00	31	2,49	13,04	0,00	3,51	0,00	-	-	-	-	-	1,34
	202	1044,50	TIRANTE	22	1,84	9,59	0,00	57	3,43	9,59	0,00	1,59	0,00	-	-	-	-	-	24,02
	50	-712,11	BIELA	22	1,84	9,59	0,00	32	1,91	9,59	1,05	1,05	86,57	0,41	0,75	13,66	5,58	OK	-
	51	736,32	TIRANTE	22	1,84	9,59	0,00	33	1,78	9,59	1,05	1,05	86,57	-	-	-	-	-	16,94
	33	-36,49	BIELA	22	1,84	9,59	0,00	23	1,23	6,27	1,05	3,53	17,30	0,23	0,75	13,66	0,50	OK	-
	129	10,10	TIRANTE	22	1,84	9,59	0,00	24	1,11	6,27	1,05	3,55	17,18	-	-	-	-	-	0,23
	219	-437,85	BIELA	22	1,84	9,59	0,00	63	2,30	8,09	1,40	2,10	41,76	0,36	0,75	13,66	3,92	OK	-
	223	-422,80	BIELA	22	1,84	9,59	0,00	64	2,97	11,69	1,40	2,77	30,42	0,31	0,75	13,66	4,40	OK	-
31	254	-748,86	BIELA	31	2,49	13,04	0,00	31	2,49	13,04	0,00	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	5,96	OK	-
	255	0,00	BIELA	31	2,49	13,04	0,00	31	2,49	13,04	0,00	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	0,00	OK	-
	256	-538,42	BIELA	31	2,49	13,04	0,00	31	2,49	13,04	0,00	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	4,28	OK	-
	66	-711,01	BIELA	31	2,49	13,04	0,00	2	2,55	13,04	1,05	1,05	86,57	0,41	0,75	13,66	5,57	OK	-
	67	687,62	TIRANTE	31	2,49	13,04	0,00	40	2,42	13,04	1,05	1,05	86,57	-	-	-	-	-	15,82
	105	58,19	TIRANTE	31	2,49	13,04	0,00	22	1,84	9,59	0,00	3,51	0,00	-	-	-	-	-	1,34
	106	89,00	TIRANTE	31	2,49	13,04	0,00	1	3,02	15,88	0,00	2,89	0,00	-	-	-	-	-	2,05
	200	965,12	TIRANTE	31	2,49	13,04	0,00	56	4,07	13,04	0,00	1,59	0,00	-	-	-	-	-	22,20
	49	-20,51	BIELA	31	2,49	13,04	0,00	32	1,91	9,59	1,05	3,65	16,71	0,23	0,75	13,66	0,28	OK	-

31	133	49,13	TIRANTE	31	2,49	13,04	0,00	33	1,78	9,59	1,05	3,67	16,60	-	-	-	-	-	1,13
	224	-440,58	BIELA	31	2,49	13,04	0,00	64	2,97	11,69	1,40	2,00	44,30	0,37	0,75	13,66	3,84	OK	-
	228	-406,54	BIELA	31	2,49	13,04	0,00	65	3,59	14,99	1,40	2,64	32,01	0,31	0,75	13,66	4,12	OK	-
55	257	-774,42	BIELA	55	4,60	15,88	0,00	55	4,60	15,88	0,00	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	6,16	OK	-
	258	-526,36	BIELA	55	4,60	15,88	0,00	55	4,60	15,88	0,00	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	4,19	OK	-
	259	-883,10	BIELA	55	4,60	15,88	0,00	55	4,60	15,88	0,00	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	7,03	OK	-
	198	0,00	BIELA	55	4,60	15,88	0,00	1	3,02	15,88	0,00	1,59	0,00	0,12	1,00	18,21	0,00	OK	-
	199	-72,11	BIELA	55	4,60	15,88	0,00	56	4,07	13,04	0,00	2,89	0,00	0,12	1,00	18,21	1,50	OK	-
	238	-292,85	BIELA	55	4,60	15,88	0,00	47	3,08	15,88	1,05	1,85	34,57	0,33	0,75	13,66	2,86	OK	-
	231	-995,95	BIELA	55	4,60	15,88	0,00	65	3,59	14,99	1,40	1,94	46,05	0,37	0,75	13,66	8,54	OK	-
56	260	0,00	BIELA	56	4,07	13,04	0,00	56	4,07	13,04	0,00	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	0,00	OK	-
	261	0,00	BIELA	56	4,07	13,04	0,00	56	4,07	13,04	0,00	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	0,00	OK	-
	262	-1167,40	BIELA	56	4,07	13,04	0,00	56	4,07	13,04	0,00	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	9,29	OK	-
	199	-72,11	BIELA	56	4,07	13,04	0,00	55	4,60	15,88	0,00	2,89	0,00	0,12	1,00	18,21	1,50	OK	-
	200	965,12	TIRANTE	56	4,07	13,04	0,00	31	2,49	13,04	0,00	1,59	0,00	-	-	-	-	-	22,20
	201	123,97	TIRANTE	56	4,07	13,04	0,00	57	3,43	9,59	0,00	3,51	0,00	-	-	-	-	-	2,85
	226	-945,16	BIELA	56	4,07	13,04	0,00	64	2,97	11,69	1,40	2,23	38,79	0,34	0,75	13,66	8,74	OK	-
	230	-474,84	BIELA	56	4,07	13,04	0,00	65	3,59	14,99	1,40	2,45	34,86	0,33	0,75	13,66	4,62	OK	-
	237	-535,61	BIELA	56	4,07	13,04	0,00	2	2,55	13,04	1,05	1,85	34,57	0,33	0,75	13,66	5,23	OK	-
57	263	0,00	BIELA	57	3,43	9,59	0,00	57	3,43	9,59	0,00	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	0,00	OK	-
	264	0,00	BIELA	57	3,43	9,59	0,00	57	3,43	9,59	0,00	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	0,00	OK	-
	265	-1281,10	BIELA	57	3,43	9,59	0,00	57	3,43	9,59	0,00	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	10,19	OK	-
	201	123,97	TIRANTE	57	3,43	9,59	0,00	56	4,07	13,04	0,00	3,51	0,00	-	-	-	-	-	2,85
	202	1044,50	TIRANTE	57	3,43	9,59	0,00	22	1,84	9,59	0,00	1,59	0,00	-	-	-	-	-	24,02
	203	171,65	TIRANTE	57	3,43	9,59	0,00	58	2,76	6,27	0,00	3,38	0,00	-	-	-	-	-	3,95
	225	-701,04	BIELA	57	3,43	9,59	0,00	64	2,97	11,69	1,40	2,57	33,07	0,32	0,75	13,66	7,00	OK	-
	236	-563,12	BIELA	57	3,43	9,59	0,00	32	1,91	9,59	1,05	1,85	34,57	0,33	0,75	13,66	5,50	OK	-
58	266	0,00	BIELA	58	2,76	6,27	0,00	58	2,76	6,27	0,00	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	0,00	OK	-
	267	0,00	BIELA	58	2,76	6,27	0,00	58	2,76	6,27	0,00	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	0,00	OK	-
	268	-1286,20	BIELA	58	2,76	6,27	0,00	58	2,76	6,27	0,00	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	10,24	OK	-
	203	171,65	TIRANTE	58	2,76	6,27	0,00	57	3,43	9,59	0,00	3,38	0,00	-	-	-	-	-	3,95
	204	973,15	TIRANTE	58	2,76	6,27	0,00	12	1,17	6,27	0,00	1,59	0,00	-	-	-	-	-	22,38
	205	252,07	TIRANTE	58	2,76	6,27	0,00	59	2,12	2,84	0,00	3,49	0,00	-	-	-	-	-	5,80

58	235	-480,31	BIELA	58	2,76	6,27	0,00	23	1,23	6,27	1,05	1,85	34,57	0,33	0,75	13,66	4,69	OK	-
	220	-787,36	BIELA	58	2,76	6,27	0,00	63	2,30	8,09	1,40	2,34	36,80	0,34	0,75	13,66	7,47	OK	-
	216	-980,66	BIELA	58	2,76	6,27	0,00	62	1,63	4,49	1,40	2,53	33,56	0,32	0,75	13,66	9,72	OK	-
59	269	0,00	BIELA	59	2,12	2,84	0,00	59	2,12	2,84	0,00	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	0,00	OK	-
	270	0,00	BIELA	59	2,12	2,84	0,00	59	2,12	2,84	0,00	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	0,00	OK	-
	271	-1181,40	BIELA	59	2,12	2,84	0,00	59	2,12	2,84	0,00	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	9,40	OK	-
	205	252,07	TIRANTE	59	2,12	2,84	0,00	58	2,76	6,27	0,00	3,49	0,00	-	-	-	-	-	5,80
	206	888,58	TIRANTE	59	2,12	2,84	0,00	14	0,53	2,84	0,00	1,59	0,00	-	-	-	-	-	20,44
	207	245,20	TIRANTE	59	2,12	2,84	0,00	60	1,59	0,00	0,00	2,89	0,00	-	-	-	-	-	5,64
	212	-805,20	BIELA	59	2,12	2,84	0,00	61	1,02	1,19	1,40	2,43	35,21	0,33	0,75	13,66	7,80	OK	-
	215	-744,46	BIELA	59	2,12	2,84	0,00	62	1,63	4,49	1,40	2,22	39,14	0,35	0,75	13,66	6,86	OK	-
	234	-435,79	BIELA	59	2,12	2,84	0,00	13	0,59	2,84	1,05	1,85	34,57	0,33	0,75	13,66	4,26	OK	-
60	272	0,00	BIELA	60	1,59	0,00	0,00	60	1,59	0,00	0,00	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	0,00	OK	-
	273	0,00	BIELA	60	1,59	0,00	0,00	60	1,59	0,00	0,00	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	0,00	OK	-
	274	-463,82	BIELA	60	1,59	0,00	0,00	60	1,59	0,00	0,00	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	3,69	OK	-
	207	245,20	TIRANTE	60	1,59	0,00	0,00	59	2,12	2,84	0,00	2,89	0,00	-	-	-	-	-	5,64
	208	404,74	TIRANTE	60	1,59	0,00	0,00	3	0,00	0,00	0,00	1,59	0,00	-	-	-	-	-	9,31
	211	-409,86	BIELA	60	1,59	0,00	0,00	61	1,02	1,19	1,40	1,92	46,68	0,37	0,75	13,66	3,49	OK	-
	233	-291,96	BIELA	60	1,59	0,00	0,00	4	0,06	0,00	1,05	1,85	34,57	0,33	0,75	13,66	2,85	OK	-

ARMADURA HORIZONTAL INFERIOR

Armadura principal inferior do Bloco B1=B3	
Tirantes da base em x (transv. ao bloco)	Carga (kN)
198	0,00
200	965,12
202	1044,50
204	973,15
208	404,74
Máximo	1044,50
Dimensionamento	
Armadura calculada (cm ²)	24,02
ϕ (mm)	25,00
$A\phi$ (cm ²)	4,91
nº de barras	4,89
nº de barras adotado	5
Armadura adotada (cm ²)	24,54
Verificação da armadura adotada	OK
Largura de distribuição (cm)	52,00
Espaçamento (cm)	10,40
Espaçamento adotado (cm)	10,00
Armadura efetiva (cm ²)	25,53
Verificação da armadura efetiva	OK
Ancoragem	
f_{bd} (MPa)	3,24
l_b (mm)	838,64
$l_{b,min}$ (mm)	251,59
Cobrimento (cm)	5,00
α_1	0,70
$l_{b,nec}$ (m)	0,44
$l_{b,adotado}$ (m)	0,40
Gancho (m)	0,33
Tirantes da base em y (long. ao bloco)	Carga (kN)
103	14,28

104	74,77
105	58,19
106	89,00
201	123,97
203	171,65
205	252,07
207	245,20
Máximo	252,07
Dimensionamento	
Armadura calculada (cm ²)	5,80
ϕ (mm)	12,50
$A\phi$ (cm ²)	1,23
nº de barras	4,72
nº de barras adotado	5
Armadura adotada (cm ²)	6,14
Verificação da armadura adotada	OK
Largura de distribuição (cm)	52,00
Espaçamento (cm)	10,40
Espaçamento adotado (cm)	10,00
Armadura efetiva (cm ²)	6,38
Verificação da armadura efetiva	OK
Ancoragem	
f_{bd} (MPa)	3,24
l_b (mm)	419,32
$l_{b,min}$ (mm)	125,80
Cobrimento (cm)	5,00
α_1	1,00
$l_{b,nec}$ (m)	0,30
$l_{b,adotado}$ (m)	0,40
Gancho (m)	0,15

Armadura secundária inferior do Bloco B1=B3 (entre as principais)	
Dimensionamento Armadura em x (transv. ao bloco)	
Armadura calculada (cm ²)	6,38
ϕ (mm)	12,50

$A\phi$ (cm ²)	1,23
nº de barras	5,20
nº de barras adotado	6
Armadura adotada (cm ²)	7,36
Verificação da armadura adotada	OK
Comprimento útil (m)	4,13
Número de estacas	2
Largura de distribuição (cm)	309
Espaçamento (cm)	51,51
Espaçamento adotado (cm)	25,00
Armadura efetiva (cm ²)	15,17
Verificação da armadura efetiva	OK
Dimensionamento Armadura em y (long. ao bloco)	
Armadura calculada (cm ²)	1,60
ϕ (mm)	12,50
$A\phi$ (cm ²)	1,23
nº de barras	1,30
nº de barras adotado	5
Armadura adotada (cm ²)	6,14
Verificação da armadura adotada	OK
Comprimento do útil (m)	2,80
Número de estacas na direção	2
Largura de distribuição (cm)	268
Espaçamento (cm)	53,68
Espaçamento adotado (cm)	35,00
Armadura efetiva (cm ²)	9,41
Verificação da armadura efetiva	OK

ARMADURA HORIZONTAL SUPERIOR

Armadura Horizontal Superior do Bloco B1=B3 (principal)	
Tirantes da base em x (transv. ao bloco)	
Dimensionamento	
Armadura calculada (cm ²)	2,55
ϕ (mm)	12,50
$A\phi$ (cm ²)	1,23
n ^o de barras	2,08
n ^o de barras adotado	3
Armadura adotada (cm ²)	3,68
Verificação da armadura adotada	OK
Largura de distribuição (cm)	69,00
Espaçamento (cm)	23,00
Espaçamento adotado (cm)	20,00
Armadura efetiva (cm ²)	4,23
Verificação da armadura efetiva	OK
Ancoragem	
f_{bd} (MPa)	3,24
l_b (mm)	419,32
$l_{b,min}$ (mm)	125,80
Cobrimento (cm)	5,00
α_1	1,00
$l_{b,nec}$ (m)	0,20
$l_{b,adotado}$ (m)	0,40
Gancho (m)	0,15
Tirantes da base em y (transv. ao bloco)	
Carga (kN)	
217	62,10
222	58,82
227	48,02
232	19,93
Máximo	62,10

Dimensionamento	
Armadura calculada (cm ²)	1,43
ϕ (mm)	12,50
A_{ϕ} (cm ²)	1,23
nº de barras	1,16
nº de barras adotado	2
Armadura mínima (cm ²)	0,94
Armadura adotada (cm ²)	2,45
Verificação da armadura adotada	OK
Largura de distribuição (cm)	51,75
Espaçamento (cm)	25,88
Espaçamento adotado (cm)	25,00
Armadura efetiva (cm ²)	2,54
Verificação da armadura efetiva	OK
Ancoragem	
f_{bd} (MPa)	3,24
l_b (mm)	419,32
$l_{b,min}$ (mm)	125,80
Cobrimento (cm)	5,00
α_1	1,00
$l_{b,nec}$ (m)	0,19
$l_{b,adotado}$ (m)	0,40
Gancho (m)	0,15

ARMADURA VERTICAL TRANSVERSAL (estribo)

Armadura Vertical Transversal do Bloco B1=B3 (Suspensão)	
Dimensionamento Armadura Vertical Transversal	
Reação em Z da estaca mais solicitada (kN)	1286,20
nº total de estacas	6
Carga de cálculo (kN)	142,91
Armadura calculada (cm ²)	3,29
Distância entre estacas em x (m)	1,59
Distância entre estacas em y (m)	2,84
Zona de influência de cada estaca (m)	0,72

Armatura (cm ² /m)	4,54
Altura de distribuição (m)	1,50
Armatura disposta (cm ²)	6,81
φ (mm)	8,00
Aφ (cm ²)	0,50
nº de barras	13,55
nº de barras adotado	14
Armatura adotada (cm ²)	7,04
Verificação da armatura disposta	OK
Espaçamento (cm)	10,71
Espaçamento adotado (cm)	10,00
Armatura efetiva (cm ²)	7,54
Verificação da armatura efetiva	OK
Gancho (m)	0,10

ARMADURA HORIZONTAL TRANSVERSAL (estribo que amarra o vertical)

Armatura Horizontal Transversal do Bloco B1=B3	
Dimensionamento Armadura Horizontal Transversal	
Largura do bloco (cm)	280,00
Altura do bloco (cm)	150,00
Espaçamento dos estribos (cm)	20,00
Área mínima (cm ²)	3,00
φ (mm)	8,00
Aφ (cm ²)	0,50
nº de barras	5,97
nº de barras adotado	6
Armatura adotada (cm ²)	3,02
Verificação da armatura disposta	OK
Espaçamento (cm)	25,00
Espaçamento adotado (cm)	25,00
Armatura efetiva (cm ²)	3,02
Verificação da armatura efetiva	OK
Gancho (m)	0,10

ARMADURA DE FRETAGEM

Armadura de Fretagem do Bloco B1=B3	
Maior Carga nos Ap. Apoio em Z (kN)	1598,23
Dimensionamento em x (transv. ao bloco)	
a (m)	4,13
a_0 (m)	0,45
F_{Tx} (kN)	398,75
Armadura calculada (cm ²)	9,17
nº de camadas de fretagem	5
Armadura/camada (cm ² /camada)	1,83
Espaçamento adotado (cm)	15,00
Largura de distribuição em y (m)	0,90
Ferros por camada	6,00
Ferros adotados por camada	6
Armadura unitária necessária (cm ²)	0,31
ϕ (mm)	8,00
$A\phi$ (cm ²)	0,50
Verificação da armadura adotada	OK
Armadura efetiva (cm ²)	15,08
Verificação da armadura efetiva	OK
Raio de curvatura do ferro (cm)	6,00
Gancho (m)	0,10
Dimensionamento em y (long. ao bloco)	
b (m)	2,86
b_0 (m)	0,60
F_{Ty} (kN)	353,62
Armadura calculada (cm ²)	8,13
nº de camadas de fretagem	5
Armadura/camada (cm ² /camada)	1,63
Espaçamento adotado (cm)	15,00
Largura de distribuição em x (m)	0,75
Ferros por camada	5,00
Ferros adotados por camada	5
Armadura unitária necessária (cm ²)	0,33

ϕ (mm)	8,00
$A\phi$ (cm ²)	0,50
Verificação da armadura adotada	OK
Armadura efetiva (cm ²)	12,57
Verificação da armadura efetiva	OK
Raio de curvatura do ferro (cm)	6,00
Gancho (m)	0,10

APÊNDICE T – Dimensionamento do Bloco Intermediário (B2)

Coordenadas dos Nós dos Modelos de Bielas e Tirantes

Bloco Intermediário B2			
Nó	X (m)	Y (m)	Z (m)
1	0,000	0,000	0,000
2	0,529	2,840	0,000
3	1,170	6,275	0,000
4	1,843	9,590	0,000
5	2,486	13,040	0,000
6	3,016	15,879	0,000
7	4,603	15,879	0,000
8	4,073	13,040	0,000
9	3,430	9,590	0,000
10	2,757	6,275	0,000
11	2,116	2,840	0,000
12	1,587	0,000	0,000
13	1,015	1,190	1,400
14	1,630	4,490	1,400
15	2,301	8,090	1,400
16	2,972	11,690	1,400
17	3,587	14,990	1,400

Modelagem e Dimensionamento do Bloco B2 (Intermediário)

Solicitações e Classificação dos Elementos do MBT

Os elementos 41 a 76 referem-se às reações de apoio do modelo de bielas e tirantes

Elemento	Força (kN)	Localização	Classificação
1	-87,331	Base do bloco	BIELA
2	66,442	Base do bloco	TIRANTE

3	219,460	Base do bloco	TIRANTE
4	196,340	Base do bloco	TIRANTE
5	292,570	Base do bloco	TIRANTE
6	238,420	Base do bloco	TIRANTE
7	-128,550	Base do bloco	BIELA
8	646,080	Base do bloco	TIRANTE
9	147,540	Base do bloco	TIRANTE
10	409,610	Base do bloco	TIRANTE
11	214,920	Base do bloco	TIRANTE
12	373,260	Base do bloco	TIRANTE
13	351,510	Base do bloco	TIRANTE
14	690,350	Base do bloco	TIRANTE
15	361,780	Base do bloco	TIRANTE
16	241,010	Base do bloco	TIRANTE
17	-1103,700	Inclinada a partir da viga	BIELA
18	-522,220	Inclinada a partir da viga	BIELA
19	-596,540	Inclinada a partir da viga	BIELA
20	-1063,300	Inclinada a partir da viga	BIELA
21	-793,980	Inclinada a partir da viga	BIELA
22	-458,260	Inclinada a partir da viga	BIELA
23	-957,500	Inclinada a partir da viga	BIELA
24	-1323,100	Inclinada a partir da viga	BIELA
25	91,506	Superior ao bloco	TIRANTE
26	-708,570	Inclinada a partir da viga	BIELA
27	-688,140	Inclinada a partir da viga	BIELA
28	-1026,800	Inclinada a partir da viga	BIELA
29	-1265,100	Inclinada a partir da viga	BIELA
30	125,800	Superior ao bloco	TIRANTE
31	-617,310	Inclinada a partir da viga	BIELA
32	-677,730	Inclinada a partir da viga	BIELA
33	-909,510	Inclinada a partir da viga	BIELA
34	-1188,100	Inclinada a partir da viga	BIELA
35	126,380	Superior ao bloco	TIRANTE
36	-746,110	Inclinada a partir da viga	BIELA

	37	-567,310	Inclinada a partir da viga	BIELA
	38	-560,340	Inclinada a partir da viga	BIELA
	39	-1366,300	Inclinada a partir da viga	BIELA
	40	86,092	Superior ao bloco	TIRANTE
Nó1Rx	41	311,270	Reação de apoio	REAÇÃO
Nó1Ry	42	698,310	Reação de apoio	REAÇÃO
Nó1Rz	43	-736,100	Reação de apoio	REAÇÃO
Nó2Rx	44	-244,190	Reação de apoio	REAÇÃO
Nó2Ry	45	0,000	Reação de apoio	REAÇÃO
Nó2Rz	46	-787,520	Reação de apoio	REAÇÃO
Nó3Rx	47	0,000	Reação de apoio	REAÇÃO
Nó3Ry	48	0,000	Reação de apoio	REAÇÃO
Nó3Rz	49	-665,520	Reação de apoio	REAÇÃO
Nó4Rx	50	0,000	Reação de apoio	REAÇÃO
Nó4Ry	51	0,000	Reação de apoio	REAÇÃO
Nó4Rz	52	-770,870	Reação de apoio	REAÇÃO
Nó5Rx	53	-188,480	Reação de apoio	REAÇÃO
Nó5Ry	54	0,000	Reação de apoio	REAÇÃO
Nó5Rz	55	-868,870	Reação de apoio	REAÇÃO
Nó6Rx	56	0,000	Reação de apoio	REAÇÃO
Nó6Ry	57	0,000	Reação de apoio	REAÇÃO
Nó6Rz	58	-452,730	Reação de apoio	REAÇÃO
Nó7Rx	59	-498,580	Reação de apoio	REAÇÃO
Nó7Ry	60	-751,230	Reação de apoio	REAÇÃO
Nó7Rz	61	-983,580	Reação de apoio	REAÇÃO
Nó8Rx	62	0,000	Reação de apoio	REAÇÃO
Nó8Ry	63	0,000	Reação de apoio	REAÇÃO
Nó8Rz	64	-1064,600	Reação de apoio	REAÇÃO
Nó9Rx	65	-347,100	Reação de apoio	REAÇÃO
Nó9Ry	66	0,000	Reação de apoio	REAÇÃO
Nó9Rz	67	-1252,700	Reação de apoio	REAÇÃO
Nó10Rx	68	-393,740	Reação de apoio	REAÇÃO
Nó10Ry	69	0,000	Reação de apoio	REAÇÃO
Nó10Rz	70	-1346,400	Reação de apoio	REAÇÃO

Nó11Rx	71	0,000	Reação de apoio	REAÇÃO
Nó11Ry	72	0,000	Reação de apoio	REAÇÃO
Nó11Rz	73	-1217,500	Reação de apoio	REAÇÃO
Nó12Rx	74	0,000	Reação de apoio	REAÇÃO
Nó12Ry	75	0,000	Reação de apoio	REAÇÃO
Nó12Rz	76	-433,990	Reação de apoio	REAÇÃO
	MÁXIMO	698,310		
	MÍNIMO	-1366,300		

Verificação dos Nós e das Bielas

Aço	CA-50	$f_{yk} =$	500 MPa
Concreto		$f_{ck} =$	30 MPa

Diâmetro da estaca =	0,40	m
-----------------------------	-------------	----------

Determinação da resistência de concreto dos nós inferiores (apoiados nas estacas)

Nó	Elemento	Solicitação (kN)	Tipo	β_n	f_{cu} (MPa)	σ_{atu} (MPa)	Verificação
1	41	311,27	T	0,6	10,93	5,86	OK
	42	698,31	T				
	43	-736,10	C				
	1	-87,33	C				
	16	241,01	T				
	17	-1103,70	C				
2	44	-244,19	C	0,6	10,93	6,27	OK
	45	0,00	Estabilizador				
	46	-787,52	C				
	1	-87,33	C				
	2	66,44	T				
	14	690,35	T				
	18	-522,22	C				
	21	-793,98	C				

Determinação da resistência de concreto dos nós inferiores (apoiados nas estacas)							
Nó	Elemento	Solicitação (kN)	Tipo	β_n	f_{cu} (MPa)	σ_{atu} (MPa)	Verificação
3	47	0,00	Estabilizador	0,6	10,93	5,30	OK
	48	0,00	Estabilizador				
	49	-665,52	C				
	2	66,44	T				
	3	219,46	T				
	12	373,26	T				
	22	-458,26	C				
	26	-708,57	C				
4	50	0,00	Estabilizador	0,6	10,93	6,13	OK
	51	0,00	Estabilizador				
	52	-770,87	C				
	3	219,46	T				
	4	196,34	T				
	10	409,61	T				
	27	-688,14	C				
	31	-617,31	C				
5	53	-188,48	C	0,6	10,93	6,91	OK
	54	0,00	Estabilizador				
	55	-868,87	C				
	4	196,34	T				
	5	292,57	T				
	8	646,08	T				
	32	-677,73	C				
	36	-746,11	C				
6	56	0,00	Estabilizador	0,6	10,93	3,60	OK
	57	0,00	Estabilizador				
	58	-452,73	C				
	5	292,57	T				
	6	238,42	T				
	37	-567,31	C				

Determinação da resistência de concreto dos nós inferiores (apoiados nas estacas)							
Nó	Elemento	Solicitação (kN)	Tipo	β_n	f_{cu} (MPa)	σ_{atu} (MPa)	Verificação
7	59	-498,58	C	0,6	10,93	7,83	OK
	60	-751,23	C				
	61	-983,58	C				
	6	238,42	T				
	7	-128,55	C				
	39	-1366,30	C				
8	62	0,00	Estabilizador	0,6	10,93	8,47	OK
	63	0,00	Estabilizador				
	64	-1064,60	C				
	8	646,08	T				
	9	147,54	T				
	34	-1188,10	C				
	38	-560,34	C				
9	65	-347,10	C	0,6	10,93	9,97	OK
	66	0,00	Estabilizador				
	67	-1252,70	C				
	9	147,54	T				
	10	409,61	T				
	11	214,92	T				
	29	-1265,10	C				
	33	-909,51	C				
10	68	-393,74	C	0,6	10,93	10,71	OK
	69	0,00	Estabilizador				
	70	-1346,40	C				
	11	214,92	T				
	12	373,26	T				
	13	351,51	T				
	24	-1323,10	C				
	28	-1026,80	C				

Determinação da resistência de concreto dos nós inferiores (apoiados nas estacas)							
Nó	Elemento	Solicitação (kN)	Tipo	β_n	f_{cu} (MPa)	σ_{atu} (MPa)	Verificação
11	71	0,00	Estabilizador	0,6	10,93	9,69	OK
	72	0,00	Estabilizador				
	73	-1217,50	C				
	13	351,51	T				
	14	690,35	T				
	15	361,78	T				
	20	-1063,30	C				
	23	-957,50	C				
12	74	0,00	Estabilizador	0,6	10,93	3,45	OK
	75	0,00	Estabilizador				
	76	-433,99	C				
	15	361,78	T				
	16	241,01	T				
	19	-596,54	C				

Área do aparelho de apoio = 0,27m²

Determinação da resistência de concreto dos nós superiores (apoio das vigas)							
Nó	Elemento	Solicitação (kN)	Tipo	β_n	f_{cu} (MPa)	σ_{atu} (MPa)	Verificação
13	FZ (Viga 5)	-2112,91	C	0,8	14,57	7,83	OK
	17	-1103,70	C				
	18	-522,22	C				
	19	-596,54	C				
	20	-1063,30	C				
	25	91,51	T				
14	FZ (Viga 4)	-2070,67	C	0,6	10,93	7,67	OK
	21	-793,98	C				
	22	-458,26	C				
	23	-957,50	C				
	24	-1323,10	C				
	25	91,51	T				
	30	125,80	T				

Determinação da resistência de concreto dos nós superiores (apoio das vigas)							
Nó	Elemento	Solicitação (kN)	Tipo	β_n	f_{cu} (MPa)	σ_{atu} (MPa)	Verificação
15	FZ (Viga 3)	-2217,77	C	0,6	10,93	8,21	OK
	26	-708,57	C				
	27	-688,14	C				
	28	-1026,80	C				
	29	-1265,10	C				
	30	125,80	T				
	35	126,38	T				
16	FZ (Viga 2)	-2026,58	C	0,6	10,93	7,51	OK
	31	-617,31	C				
	32	-677,73	C				
	33	-909,51	C				
	34	-1188,10	C				
	35	126,38	T				
	40	86,09	T				
17	FZ (Viga 1)	-2152,07	C	0,8	14,57	7,97	OK
	36	-746,11	C				
	37	-567,31	C				
	38	-560,34	C				
	39	-1366,30	C				
	40	86,09	T				

 $w_i/2 =$

0,06m

(metade da distância entre a face superior da estaca e o eixo do tirante principal)

Determinação da resistência de concreto das bielas que chegam aos nós inferiores (apoiados nas estacas) e Armadura dos tirantes																			
Nó	Elem.	Solicit. (kN)	Tipo	Coordenadas dos nós								d (m)	θ (°)	l _{biela} (m)	β_s	f _{cu} (MPa)	σ_{atu} (MPa)	Verif.	Armadura Calc. (cm ²)
				Nó 1	x (m)	y (m)	z (m)	Nó 2	x (m)	y (m)	z (m)								
1	41	311,27	TIRANTE	1	0,000	0,000	0,000	1	0,000	0,000	0,000	0,00	90,00	-	-	-	-	-	7,16
	42	698,31	TIRANTE	1	0,000	0,000	0,000	1	0,000	0,000	0,000	0,00	90,00	-	-	-	-	-	16,06
	43	-736,10	BIELA	1	0,000	0,000	0,000	1	0,000	0,000	0,000	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	5,86	OK	-
	1	-87,33	BIELA	1	0,000	0,000	0,000	2	0,529	2,840	0,000	2,89	0,00	0,12	1,00	18,21	1,82	OK	-
	16	241,01	TIRANTE	1	0,000	0,000	0,000	12	1,587	0,000	0,000	1,59	0,00	-	-	-	-	-	5,54
	17	-1103,70	BIELA	1	0,000	0,000	0,000	13	1,015	1,190	1,400	2,10	41,83	0,36	0,75	13,66	9,86	OK	-
2	44	-244,19	BIELA	2	0,529	2,840	0,000	2	0,529	2,840	0,000	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	1,94	OK	-
	45	0,00	BIELA	2	0,529	2,840	0,000	2	0,529	2,840	0,000	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	0,00	OK	-
	46	-787,52	BIELA	2	0,529	2,840	0,000	2	0,529	2,840	0,000	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	6,27	OK	-
	1	-87,33	BIELA	2	0,529	2,840	0,000	1	0,000	0,00	0,00	2,89	0,00	0,12	1,00	18,21	1,82	OK	-
	2	66,44	TIRANTE	2	0,529	2,840	0,000	3	1,170	6,275	0,000	3,49	0,00	-	-	-	-	-	1,53
	14	690,35	TIRANTE	2	0,529	2,840	0,000	11	2,116	2,840	0,000	1,59	0,00	-	-	-	-	-	15,88
	18	-522,22	BIELA	2	0,529	2,840	0,000	13	1,015	1,190	1,400	2,22	39,15	0,35	0,75	13,66	4,81	OK	-
	21	-793,98	BIELA	2	0,529	2,840	0,000	14	1,630	4,490	1,400	2,43	35,21	0,33	0,75	13,66	7,69	OK	-
3	47	0,00	BIELA	3	1,170	6,275	0,000	3	1,170	6,275	0,000	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	0,00	OK	-
	48	0,00	BIELA	3	1,170	6,275	0,000	3	1,170	6,275	0,000	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	0,00	OK	-
	49	-665,52	BIELA	3	1,170	6,275	0,000	3	1,170	6,275	0,000	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	5,30	OK	-
	2	66,44	TIRANTE	3	1,170	6,275	0,000	2	0,529	2,840	0,000	3,49	0,00	-	-	-	-	-	1,53
	3	219,46	TIRANTE	3	1,170	6,275	0,000	4	1,843	9,590	0,000	3,38	0,00	-	-	-	-	-	5,05
	12	373,26	TIRANTE	3	1,170	6,275	0,000	10	2,757	6,275	0,000	1,59	0,00	-	-	-	-	-	8,58
	22	-458,26	BIELA	3	1,170	6,275	0,000	14	1,630	4,490	1,400	2,31	37,22	0,34	0,75	13,66	4,32	OK	-
	26	-708,57	BIELA	3	1,170	6,275	0,000	15	2,301	8,090	1,400	2,56	33,21	0,32	0,75	13,66	7,06	OK	-
4	50	0,00	BIELA	4	1,843	9,590	0,000	4	1,843	9,590	0,000	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	0,00	OK	-
	51	0,00	BIELA	4	1,843	9,590	0,000	4	1,843	9,590	0,000	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	0,00	OK	-
	52	-770,87	BIELA	4	1,843	9,590	0,000	4	1,843	9,590	0,000	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	6,13	OK	-
	3	219,46	TIRANTE	4	1,843	9,590	0,000	3	1,170	6,275	0,000	3,38	0,00	-	-	-	-	-	5,05
	4	196,34	TIRANTE	4	1,843	9,590	0,000	5	2,486	13,040	0,000	3,51	0,00	-	-	-	-	-	4,52
	10	409,61	TIRANTE	4	1,843	9,590	0,000	9	3,430	9,590	0,000	1,59	0,00	-	-	-	-	-	9,42

4	27	-688,14	BIELA	4	1,843	9,590	0,000	15	2,301	8,090	1,400	2,10	41,76	0,36	0,75	13,66	6,15	OK	-	
	31	-617,31	BIELA	4	1,843	9,590	0,000	16	2,972	11,690	1,400	2,77	30,42	0,31	0,75	13,66	6,42	OK	-	
5	53	-188,48	BIELA	5	2,486	13,040	0,000	5	2,486	13,040	0,000	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	1,50	OK	-	
	54	0,00	BIELA	5	2,486	13,040	0,000	5	2,486	13,040	0,000	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	0,00	OK	-	
	55	-868,87	BIELA	5	2,486	13,040	0,000	5	2,486	13,040	0,000	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	6,91	OK	-	
	4	196,34	TIRANTE	5	2,486	13,040	0,000	4	1,843	9,590	0,000	3,51	0,00	-	-	-	-	-	-	4,52
	5	292,57	TIRANTE	5	2,486	13,040	0,000	6	3,016	15,879	0,000	2,89	0,00	-	-	-	-	-	-	6,73
	8	646,08	TIRANTE	5	2,486	13,040	0,000	8	4,073	13,040	0,000	1,59	0,00	-	-	-	-	-	-	14,86
	32	-677,73	BIELA	5	2,486	13,040	0,000	16	2,972	11,690	1,400	2,00	44,30	0,37	0,75	13,66	5,91	OK	-	
6	36	-746,11	BIELA	5	2,486	13,040	0,000	17	3,587	14,990	1,400	2,64	32,01	0,31	0,75	13,66	7,57	OK	-	
	56	0,00	BIELA	6	3,016	15,879	0,000	6	3,016	15,879	0,000	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	0,00	OK	-	
	57	0,00	BIELA	6	3,016	15,879	0,000	6	3,016	15,879	0,000	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	0,00	OK	-	
	58	-452,73	BIELA	6	3,016	15,879	0,000	6	3,016	15,879	0,000	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	3,60	OK	-	
	5	292,57	TIRANTE	6	3,016	15,879	0,000	5	2,486	13,040	0,000	2,89	0,00	-	-	-	-	-	-	6,73
	6	238,42	TIRANTE	6	3,016	15,879	0,000	7	4,603	15,879	0,000	1,59	0,00	-	-	-	-	-	-	5,48
7	37	-567,31	BIELA	6	3,016	15,879	0,000	17	3,587	14,990	1,400	1,75	52,94	0,39	0,75	13,66	4,61	OK	-	
	59	-498,58	BIELA	7	4,603	15,879	0,000	7	4,603	15,879	0,000	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	3,97	OK	-	
	60	-751,23	BIELA	7	4,603	15,879	0,000	7	4,603	15,879	0,000	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	5,98	OK	-	
	61	-983,58	BIELA	7	4,603	15,879	0,000	7	4,603	15,879	0,000	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	7,83	OK	-	
	6	238,42	TIRANTE	7	4,603	15,879	0,000	6	3,016	15,879	0,000	1,59	0,00	-	-	-	-	-	-	5,48
	7	-128,55	BIELA	7	4,603	15,879	0,000	8	4,073	13,040	0,000	2,89	0,00	0,12	1,00	18,21	2,68	OK	-	
8	39	-1366,30	BIELA	7	4,603	15,879	0,000	17	3,587	14,990	1,400	1,94	46,04	0,37	0,75	13,66	11,71	OK	-	
	62	0,00	BIELA	8	4,073	13,040	0,000	8	4,073	13,040	0,000	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	0,00	OK	-	
	63	0,00	BIELA	8	4,073	13,040	0,000	8	4,073	13,040	0,000	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	0,00	OK	-	
	64	-1064,60	BIELA	8	4,073	13,040	0,000	8	4,073	13,040	0,000	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	8,47	OK	-	
	8	646,08	TIRANTE	8	4,073	13,040	0,000	5	2,486	13,040	0,000	1,59	0,00	-	-	-	-	-	-	14,86
	9	147,54	TIRANTE	8	4,073	13,040	0,000	9	3,430	9,590	0,000	3,51	0,00	-	-	-	-	-	-	3,39
	34	-1188,10	BIELA	8	4,073	13,040	0,000	16	2,972	11,690	1,400	2,23	38,79	0,34	0,75	13,66	10,99	OK	-	
9	38	-560,34	BIELA	8	4,073	13,040	0,000	17	3,587	14,990	1,400	2,45	34,86	0,33	0,75	13,66	5,45	OK	-	
	65	-347,10	BIELA	9	3,430	9,590	0,000	9	3,430	9,590	0,000	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	2,76	OK	-	
	66	0,00	BIELA	9	3,430	9,590	0,000	9	3,430	9,590	0,000	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	0,00	OK	-	
	67	-1252,70	BIELA	9	3,430	9,590	0,000	9	3,430	9,590	0,000	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	9,97	OK	-	
	9	147,54	TIRANTE	9	3,430	9,590	0,000	8	4,073	13,040	0,000	3,51	0,00	-	-	-	-	-	-	3,39

9	10	409,61	TIRANTE	9	3,430	9,590	0,000	4	1,843	9,590	0,000	1,59	0,00	-	-	-	-	-	9,42
	11	214,92	TIRANTE	9	3,430	9,590	0,000	10	2,757	6,275	0,000	3,38	0,00	-	-	-	-	-	4,94
	29	-1265,10	BIELA	9	3,430	9,590	0,000	15	2,301	8,090	1,400	2,34	36,71	0,34	0,75	13,66	12,01	OK	-
	33	-909,51	BIELA	9	3,430	9,590	0,000	16	2,972	11,690	1,400				1,00		2,27		
10	68	-393,74	BIELA	10	2,757	6,275	0,000	10	2,757	6,275	0,000	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	3,13	OK	-
	69	0,00	BIELA	10	2,757	6,275	0,000	10	2,757	6,275	0,000	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	0,00	OK	-
	70	-1346,40	BIELA	10	2,757	6,275	0,000	10	2,757	6,275	0,000	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	10,71	OK	-
	11	214,92	TIRANTE	10	2,757	6,275	0,000	9	3,430	9,590	0,000	3,38	0,00	-	-	-	-	-	4,94
	12	373,26	TIRANTE	10	2,757	6,275	0,000	3	1,170	6,275	0,000	1,59	0,00	-	-	-	-	-	8,58
	13	351,51	TIRANTE	10	2,757	6,275	0,000	11	2,116	2,840	0,000	3,49	0,00	-	-	-	-	-	8,08
	24	-1323,10	BIELA	10	2,757	6,275	0,000	14	1,630	4,490	1,400	2,53	33,56	0,32	0,75	13,66	13,12	OK	-
	28	-1026,80	BIELA	10	2,757	6,275	0,000	15	2,301	8,090	1,400	2,34	36,80	0,34	0,75	13,66	9,74	OK	-
11	71	0,00	BIELA	11	2,116	2,840	0,000	11	2,116	2,840	0,000	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	0,00	OK	-
	72	0,00	BIELA	11	2,116	2,840	0,000	11	2,116	2,840	0,000	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	0,00	OK	-
	73	-1217,50	BIELA	11	2,116	2,840	0,000	11	2,116	2,840	0,000	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	9,69	OK	-
	13	351,51	TIRANTE	11	2,116	2,840	0,000	10	2,757	6,275	0,000	3,49	0,00	-	-	-	-	-	8,08
	14	690,35	TIRANTE	11	2,116	2,840	0,000	2	0,529	2,840	0,000	1,59	0,00	-	-	-	-	-	15,88
	15	361,78	TIRANTE	11	2,116	2,840	0,000	12	1,587	0,000	0,000	2,89	0,00	-	-	-	-	-	8,32
	20	-1063,30	BIELA	11	2,116	2,840	0,000	13	1,015	1,190	1,400	2,43	35,21	0,33	0,75	13,66	10,30	OK	-
	23	-957,50	BIELA	11	2,116	2,840	0,000	14	1,630	4,490	1,400	2,22	39,14	0,35	0,75	13,66	8,82	OK	-
12	74	0,00	BIELA	12	1,587	0,000	0,000	12	1,587	0,000	0,000	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	0,00	OK	-
	75	0,00	BIELA	12	1,587	0,000	0,000	12	1,587	0,000	0,000	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	0,00	OK	-
	76	-433,99	BIELA	12	1,587	0,000	0,000	12	1,587	0,000	0,000	0,00	90,00	0,40	0,75	13,66	3,45	OK	-
	15	361,78	TIRANTE	12	1,587	0,000	0,000	11	2,116	2,840	0,000	2,89	0,00	-	-	-	-	-	8,32
	16	241,01	TIRANTE	12	1,587	0,000	0,000	1	0,000	0,00	0,00	1,59	0,00	-	-	-	-	-	5,54
	19	-596,54	BIELA	12	1,587	0,000	0,000	13	1,015	1,190	1,400	1,92	46,68	0,37	0,75	13,66	5,09	OK	-

ARMADURA HORIZONTAL INFERIOR

Armadura principal inferior do Bloco B2	
Tirantes da base em x (transv. ao bloco)	Carga (kN)
6	238,42
8	646,08
10	409,61
12	351,51
14	361,78
Máximo	646,08
Dimensionamento	
Armadura calculada (cm ²)	14,86
ϕ (mm)	25,00
$A\phi$ (cm ²)	4,91
nº de barras	3,03
nº de barras adotado	5
Armadura adotada (cm ²)	24,54
Verificação da armadura adotada	OK
Largura de distribuição (cm)	52,00
Espaçamento (cm)	10,40
Espaçamento adotado (cm)	10,00
Armadura efetiva (cm ²)	25,53
Verificação da armadura efetiva	OK
Ancoragem	
f_{bd} (MPa)	3,24
l_b (mm)	838,64
$l_{b,min}$ (mm)	251,59
Cobrimento (cm)	5,00
α_1	0,70
$l_{b,nec}$ (m)	0,27
$l_{b,adotado}$ (m)	0,40
Gancho (m)	0,33
Tirantes da base em y (long. ao bloco)	
Tirantes da base em y (long. ao bloco)	Carga (kN)
2	66,44
3	219,46

4	196,34
5	292,57
9	147,54
11	373,26
13	690,35
15	241,01
Máximo	690,35
Dimensionamento	
Armadura calculada (cm ²)	15,88
ϕ (mm)	20,00
$A\phi$ (cm ²)	3,14
nº de barras	5,05
nº de barras adotado	6
Armadura adotada (cm ²)	18,85
Verificação da armadura adotada	OK
Largura de distribuição (cm)	52,00
Espaçamento (cm)	8,67
Espaçamento adotado (cm)	10,00
Armadura efetiva (cm ²)	16,34
Verificação da armadura efetiva	OK
Ancoragem	
f_{bd} (MPa)	3,24
l_b (mm)	670,91
$l_{b,min}$ (mm)	201,27
Cobrimento (cm)	5,00
α_1	0,70
$l_{b,nec}$ (m)	0,37
$l_{b,adotado}$ (m)	0,40
Gancho (m)	0,26

Armadura secundária inferior do Bloco B2 (entre as principais)	
Dimensionamento Armadura em x (transv. ao bloco)	
Armadura calculada (cm ²)	6,38
ϕ (mm)	12,50

Armadura secundária inferior do Bloco B2 (entre as principais)	
Dimensionamento Armadura em x (transv. ao bloco)	
$A\phi$ (cm ²)	1,23
nº de barras	5,20
nº de barras adotado	6
Armadura adotada (cm ²)	7,36
Verificação da armadura adotada	OK
Comprimento útil (m)	4,13
Número de estacas	2
Largura de distribuição (cm)	309
Espaçamento (cm)	51,51
Espaçamento adotado (cm)	25,00
Armadura efetiva (cm ²)	15,17
Verificação da armadura efetiva	OK
Dimensionamento Armadura em y (long. ao bloco)	
Armadura calculada (cm ²)	4,08
ϕ (mm)	12,50
$A\phi$ (cm ²)	1,23
nº de barras	3,33
nº de barras adotado	5
Armadura adotada (cm ²)	6,14
Verificação da armadura adotada	OK
Comprimento do útil (m)	2,80
Número de estacas na direção	2
Largura de distribuição (cm)	248
Espaçamento (cm)	49,65
Espaçamento adotado (cm)	35,00
Armadura efetiva (cm ²)	8,70
Verificação da armadura efetiva	OK

ARMADURA HORIZONTAL SUPERIOR

Armadura Horizontal Superior do Bloco B2 (principal)	
Tirantes da base em x (transv. ao bloco)	
Dimensionamento	
Armadura calculada (cm ²)	2,55
ϕ (mm)	12,50
$A\phi$ (cm ²)	1,23
nº de barras	2,08
nº de barras adotado	3
Armadura adotada (cm ²)	3,68
Verificação da armadura adotada	OK
Largura de distribuição (cm)	69,00
Espaçamento (cm)	23,00
Espaçamento adotado (cm)	20,00
Armadura efetiva (cm ²)	4,23
Verificação da armadura efetiva	OK
Ancoragem	
f_{bd} (MPa)	3,24
l_b (mm)	419,32
$l_{b,min}$ (mm)	125,80
Cobrimento (cm)	5,00
α_1	1,00
$l_{b,nec}$ (m)	0,20
$l_{b,adotado}$ (m)	0,40
Gancho (m)	0,15
Tirantes da base em y (transv. ao bloco)	Carga (kN)
25	91,51
30	125,80
35	126,38
40	86,09
Máximo	126,38
Dimensionamento	
Armadura calculada (cm ²)	2,91
ϕ (mm)	12,50

$A\phi$ (cm ²)	1,23
nº de barras	2,37
nº de barras adotado	3
Armadura mínima (cm ²)	0,87
Armadura adotada (cm ²)	3,68
Verificação da armadura adotada	OK
Largura de distribuição (cm)	51,75
Espaçamento (cm)	17,25
Espaçamento adotado (cm)	15,00
Armadura efetiva (cm ²)	4,23
Verificação da armadura efetiva	OK
Ancoragem	
f_{bd} (MPa)	3,24
l_b (mm)	419,32
$l_{b,min}$ (mm)	125,80
Cobrimento (cm)	5,00
α_1	1,00
$l_{b,nec}$ (m)	0,23
$l_{b,adotado}$ (m)	0,40
Gancho (m)	0,15

ARMADURA VERTICAL TRANSVERSAL (estribo)

Armadura Vertical Transversal do Bloco B2 (Suspensão)	
Dimensionamento Armadura Vertical Transversal	
Reação em Z da estaca mais solicitada (kN)	1346,40
nº total de estacas	6
Carga de cálculo (kN)	149,60
Armadura calculada (cm ²)	3,44
Distância entre estacas em x (m)	1,59
Distância entre estacas em y (m)	2,84
Zona de influência de cada estaca (m)	0,72
Armadura (cm ² /m)	4,75
Altura de distribuição (m)	1,60
Armadura disposta (cm ²)	7,60

ϕ (mm)	8,00
$A\phi$ (cm ²)	0,50
nº de barras	15,13
nº de barras adotado	16
Armadura adotada (cm ²)	8,04
Verificação da armadura disposta	OK
Espaçamento (cm)	10,00
Espaçamento adotado (cm)	10,00
Armadura efetiva (cm ²)	8,04
Verificação da armadura efetiva	OK
Gancho (m)	0,10

ARMADURA HORIZONTAL TRANSVERSAL (estribo que amarra o vertical)

Armadura Horizontal Transversal do Bloco B2	
Dimensionamento Armadura Horizontal Transversal	
Largura do bloco (cm)	280,00
Altura do bloco (cm)	150,00
Espaçamento dos estribos (cm)	20,00
Área mínima (cm ²)	3,00
ϕ (mm)	8,00
$A\phi$ (cm ²)	0,50
nº de barras	5,97
nº de barras adotado	6
Armadura adotada (cm ²)	3,02
Verificação da armadura disposta	OK
Espaçamento (cm)	25,00
Espaçamento adotado (cm)	25,00
Armadura efetiva (cm ²)	3,02
Verificação da armadura efetiva	OK
Gancho (m)	0,10

ARMADURA DE FRETAGEM

Armadura de Fretagem do Bloco B2	
Maior Carga nos Ap. Apoio em Z (kN)	2217,77
Dimensionamento em x (transv. ao bloco)	
a (m)	4,13
a_0 (m)	0,45
F_{Tx} (kN)	553,33
Armadura calculada (cm ²)	12,73
nº de camadas de fretagem	5
Armadura/camada (cm ² /camada)	2,55
Espaçamento adotado (cm)	15,00
Largura de distribuição em y (m)	0,90
Ferros por camada	6,00
Ferros adotados por camada	6
Armadura unitária necessária (cm ²)	0,42
ϕ (mm)	8,00
$A\phi$ (cm ²)	0,50
Verificação da armadura adotada	OK
Armadura efetiva (cm ²)	15,08
Verificação da armadura efetiva	OK
Raio de curvatura do ferro (cm)	6,00
Gancho (m)	0,10
Dimensionamento em y (long. ao bloco)	
b (m)	2,86
b_0 (m)	0,60
F_{Ty} (kN)	490,70
Armadura calculada (cm ²)	11,29
nº de camadas de fretagem	5
Armadura/camada (cm ² /camada)	2,26
Espaçamento adotado (cm)	15,00
Largura de distribuição em x (m)	0,75
Ferros por camada	5,00
Ferros adotados por camada	5
Armadura unitária necessária (cm ²)	0,45

ϕ (mm)	8,00
$A\phi$ (cm ²)	0,50
Verificação da armadura adotada	OK
Armadura efetiva (cm ²)	12,57
Verificação da armadura efetiva	OK
Raio de curvatura do ferro (cm)	6,00
Gancho (m)	0,10

APÊNDICE U – Capacidade de Carga do Solo

Estaca 130 + 15,00 LE

Método Aoki e Velloso		
Tipos de Estacas	<i>F1</i>	<i>F2</i>
Franki	2,50	5,00
Pré-moldadas	1,75	3,50
Escavadas	3,00	6,00

Método Monteiro		
Tipos de Estacas	<i>F1</i>	<i>F2</i>
Franki de Fuste apilado	2,30	3,00
Franki de Fuste vibrado	2,30	3,20
Metálica	1,75	3,50
Pré-moldada de concreto cravada a percussão	2,50	3,50
Pré-moldada de concreto cravada por prensagem	1,20	2,30
Escavada com lama bentonítica	3,50	4,50
Raiz	2,20	2,40
Strauss	4,20	3,90
Hélice contínua	3,00	3,80

Prof.(m)	N(SPT)	Material	Método Aoki e Velloso				Monteiro				Prof.(m)
			k (kgf/cm ²)	α (%)	q_c (kgf/cm ²)	τ (kgf/cm ²)	k (kgf/cm ²)	α (%)	q_c (kgf/cm ²)	τ (kgf/cm ²)	
1,00	4	Provável Aterro de Argila Siltosa, pouco Arenosa, com detritos vegetais, cinza	3,30	3,00	13,20	39,60	3,30	4,10	13,20	54,12	1,00
2,00	3				9,90	29,70			9,90	40,59	2,00
2,60	1				3,30	9,90			3,30	13,53	2,60
3,00	-	Argila Siltosa, com Areia Fina e poucos detritos vegetais, com matéria orgânica, mole a muito mole, cinza.	3,30	3,00	3,30	9,90	3,30	4,10	3,30	13,53	3,00
4,00	-				3,30	9,90			3,30	13,53	4,00
4,51	-				3,30	9,90			3,30	13,53	4,51
5,00	-	Argila Siltosa, pouco Arenosa com fragmentos de conchas, cinza escuro, muito mole.	3,30	3,00	3,30	9,90	3,30	4,10	3,30	13,53	5,00
6,00	-				3,30	9,90			3,30	13,53	6,00
7,00	2				6,60	19,80			6,60	27,06	7,00
8,00	3				3,30	9,90			3,30	13,53	8,00
9,00	-				3,30	9,90			3,30	13,53	9,00
10,00	-				3,30	9,90			3,30	13,53	10,00
11,00	-				3,30	9,90			3,30	13,53	11,00
12,00	-				3,30	9,90			3,30	13,53	12,00
13,00	-				3,30	9,90			3,30	13,53	13,00
14,00	-				3,30	9,90			3,30	13,53	14,00
15,00	-				3,30	9,90			3,30	13,53	15,00
16,00	2				6,60	19,80			6,60	27,06	16,00
17,00	-				3,30	9,90			3,30	13,53	17,00
17,11	-				3,30	9,90			3,30	13,53	17,11

18,00	2	Argila Orgânica Siltosa, pouco Arenosa, com fragmentos de conchas pouco Micácea, cinza escuro, mole a muito mole.	3,30	3,00	6,60	19,80	3,30	4,10	6,60	27,06	18,00
19,00	-				3,30	9,90			3,30	13,53	19,00
20,00	-				3,30	9,90			3,30	13,53	20,00
21,00	3				3,30	9,90			3,30	13,53	21,00
22,00	7				23,10	69,30			23,10	94,71	22,00
22,36	7				23,10	69,30			23,10	94,71	22,36
23,00	8	Areia Fina, Média e Grossa, com pedregulhos finos, cinza medianamente compacta a compacta.	10,00	1,40	80,00	112,00	7,30	2,10	58,40	122,64	23,00
24,00	12				120,00	168,00			87,60	183,96	24,00
25,00	10				100,00	140,00			73,00	153,30	25,00
26,00	11				110,00	154,00			80,30	168,63	26,00
27,00	11				110,00	154,00			80,30	168,63	27,00
28,00	10				100,00	140,00			73,00	153,30	28,00
29,00	12				120,00	168,00			87,60	183,96	29,00
30,00	10				100,00	140,00			73,00	153,30	30,00
31,00	9				90,00	126,00			65,70	137,97	31,00
32,00	12				120,00	168,00			87,60	183,96	32,00
33,00	15				150,00	210,00			109,50	229,95	33,00
34,00	15				150,00	210,00			109,50	229,95	34,00
35,00	19				190,00	266,00			138,70	291,27	35,00
35,20	19	190,00	266,00	138,70	291,27	35,20					

36,00	19	Silte Arenoso, pouco Argiloso, Cinza, medianamente compacto.	4,50	2,80	85,50	239,40	4,50	3,20	85,50	273,60	36,00
37,00	17				76,50	214,20			76,50	244,80	37,00
38,00	15				67,50	189,00			67,50	216,00	38,00
39,00	18				81,00	226,80			81,00	259,20	39,00
40,00	21				94,50	264,60			94,50	302,40	40,00
41,00	33				148,50	415,80			148,50	475,20	41,00
42,00	33				148,50	415,80			148,50	475,20	42,00
42,21	35				157,50	441,00			157,50	504,00	42,21
43,00	41	Silte Arenoso, pouco Argiloso, Variegado, muito compacto (solo residual).	4,50	2,80	184,50	516,60	4,50	3,20	184,50	590,40	43,00
44,00	35/15				4,50	12,60			4,50	14,40	44,00
45,00	-				4,50	12,60			4,50	14,40	45,00
46,00	-				4,50	12,60			4,50	14,40	46,00
47,00	-				4,50	12,60			4,50	14,40	47,00

Pré-moldada (Aoki e Velloso)						
Diâmetro (m)	Área (m ²)	Perímetro	Resistência de Ponta (kgf)	Resistência Lateral (kgf)	Capacidade de Carga (kgf)	Carga Admissível (kgf)
0,3	0,071	0,942	59981,98	109386,67	169368,65	84684,32
0,4	0,126	1,257	106634,63	145848,89	252483,52	126241,76
0,5	0,196	1,571	166616,61	182311,11	348927,72	174463,86
Profundidade Adotada (m)		41,00	q_c (kgf/cm ²)	τ (kgf/cm ²)		
Δl (m)		1,00	148,50	4062,20		

Pré-moldada (Monteiro)													
Diâm. (m)	Área (m ²)	Perím. (m)	7B (m)	3,5B (m)	Prof. q_{pi} (m)	Prof. q_{ps} (m)	q_{pi} (kgf/cm ²)	q_{ps} (kgf/cm ²)	q_c (kgf/cm ²)	Res. Ponta (kgf)	Res. Lateral (kgf)	Capac.de Carga (kgf)	Carga Adm. (kgf)
0,3	0,071	0,942	2,10	1,05	38,90	42,05	97,88	151,50	124,69	35254,56	110095,41	145349,97	72674,98
0,4	0,126	1,257	2,80	1,40	38,20	42,40	97,88	159,75	128,81	64748,22	146793,88	211542,10	105771,05
0,5	0,196	1,571	3,50	1,75	37,50	42,75	93,60	159,75	126,68	99490,31	183492,35	282982,66	141491,33
Profund. Adotada (m)		41,00	τ (kgf/cm ²)										
Δl (m)		1,00	4088,52										

APÊNDICE V – Solicitações das Estacas

Bloco B1=B3		Solicitações						Resultantes			α	Profund.	Projeção	α	Profund.	Projeção
Nó	Estaca	Elem. x	Rx (kN)	Elem. y	Ry (kN)	Elem. z	Rz (kN)	Fxy (kN)	Fxz (kN)	Fyz (kN)	xz (°)	em z (m)	em x (m)	yz (°)	em z (m)	em y (m)
3	E1A	242	55,80	243	466,91	244	-646,16	470,23	648,56	797,20	30	-25,00	-12,50	10	-25,00	-4,34
60	E1B	272	0,00	273	0,00	274	-463,82	-	-	-	30	-25,00	12,50	10	-25,00	4,34
14	E2A	248	-671,28	249	0,00	250	-566,50	-	878,37	-	30	-25,00	-12,50	0	-25,00	0,00
59	E2B	269	0,00	270	0,00	271	-1181,40	-	-	-	30	-25,00	12,50	0	-25,00	0,00
12	E3A	245	-826,78	246	0,00	247	-440,74	-	936,92	-	30	-25,00	-12,50	0	-25,00	0,00
58	E3B	266	0,00	267	0,00	268	-1286,20	-	-	-	30	-25,00	12,50	0	-25,00	0,00
22	E4A	251	-846,93	252	0,00	253	-489,40	-	978,16	-	30	-25,00	-12,50	0	-25,00	0,00
57	E4B	263	0,00	264	0,00	265	-1281,10	-	-	-	30	-25,00	12,50	0	-25,00	0,00
31	E5A	254	-748,86	255	0,00	256	-538,42	-	922,33	-	30	-25,00	-12,50	0	-25,00	0,00
56	E5B	260	0,00	261	0,00	262	-1167,40	-	-	-	30	-25,00	12,50	0	-25,00	0,00
1	E6A	239	147,02	240	0,00	241	-389,18	-	416,02	-	30	-25,00	-12,50	10	-25,00	-4,34
55	E6B	257	-774,42	258	-526,36	259	-883,10	936,37	1174,56	1028,07	30	-25,00	12,50	10	-25,00	4,34
Máx.								936,37	1174,56	1028,07						

Cota de assentamento = 25m

Capacidade de carga = 120kgf/cm²

ESTACA MAIS SOLICITADA EM XZ

Estaca	Rx (kN)	Rz (kN)	x_2 (m)	z_2 (m)	CC (kPa)	K_h (kN/m)	M_{max} (kNm)	Q_{max} (kN)	N_{max} (kN)	Carga de ponta (kN)
E6B	-774,42	-883,10	12,50	-25,00	12000,00	20000,00	332,87	297,73	1136,20	883,10

Bloco Extremo B1=B3		Efeito Tschebotarioff no plano xz				
Nó	Estaca	B (m)	K	γ_s (kN/m ³)	H (m)	p_h (kN/m)
3	E1A	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
60	E1B	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
14	E2A	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
59	E2B	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
12	E3A	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
58	E3B	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
22	E4A	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
57	E4B	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
31	E5A	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
56	E5B	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
1	E6A	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
55	E6B	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
Momento fletor max.=		1613,00	kNm			
Cortante máximo =		173,13	kN			
Normal máximo =		86,56	kN			
Carga de ponta =		0,00	kN			

ESTACA MAIS SOLICITADA EM YZ

Estaca	Ry (kN)	Rz (kN)	y ₂ (m)	z ₂ (m)	CC (kPa)	K _h (kN/m)	M _{max} (kNm)	Q _{max} (kN)	N _{max} (kN)	Carga de ponta (kN)
E6B	-526,36	-883,10	4,34	-25,00	12000,00	20000,00	373,06	367,68	960,12	883,10

Bloco Extremo B1=B3		Efeito Tschebotarioff no plano yz				
Nó	Estaca	B (m)	K	γ _s (kN/m ³)	H (m)	p _h (kN/m)
3	E1A	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
60	E1B	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
14	E2A	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
59	E2B	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
12	E3A	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
58	E3B	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
22	E4A	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
57	E4B	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
31	E5A	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
56	E5B	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
1	E6A	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
55	E6B	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
Momento fletor max.=		1464,29	kNm			
Cortante máximo =		173,13	kN			
Normal máximo =		30,05	kN			
Carga de ponta =		0,00	kN			

ESTACA MAIS SOLICITADA A COMPRESSÃO NO PLANO XZ

Estaca	Rx (kN)	Rz (kN)	x_2 (m)	z_2 (m)	CC (kPa)	K_h (kN/m)	M_{max} (kNm)	Q_{max} (kN)	N_{max} (kN)	Carga de ponta (kN)
E3B	0,00	-1286,20	12,50	-25,00	12000,00	20000,00	643,1	375,21	1556,64	1286,20

Bloco Extremo B1=B3		Efeito Tschebotarioff no plano xz				
Nó	Estaca	B (m)	K	γ_s (kN/m ³)	H (m)	p_h (kN/m)
3	E1A	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
60	E1B	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
14	E2A	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
59	E2B	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
12	E3A	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
58	E3B	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
22	E4A	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
57	E4B	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
31	E5A	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
56	E5B	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
1	E6A	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
55	E6B	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
Momento fletor max.=		1613,00	kNm			
Cortante máximo =		173,13	kN			
Normal máximo =		86,56	kN			
Carga de ponta =		0,00	kN			

ESTACA MAIS SOLICITADA A COMPRESSÃO NO PLANO YZ

Estaca	Rx (kN)	Rz (kN)	y ₂ (m)	z ₂ (m)	CC (kPa)	K _h (kN/m)	M _{max} (kNm)	Q _{max} (kN)	N _{max} (kN)	Carga de ponta (kN)
E3B	0,00	-1286,20	0,00	-25,00	12000,00	20000,00	0,00	0,00	1286,20	1286,20

Bloco Extremo B1=B3		Efeito Tschebotarioff no plano yz				
Nó	Estaca	B (m)	K	γ _s (kN/m ³)	H (m)	p _h (kN/m)
3	E1A	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
60	E1B	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
14	E2A	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
59	E2B	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
12	E3A	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
58	E3B	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
22	E4A	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
57	E4B	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
31	E5A	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
56	E5B	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
1	E6A	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
55	E6B	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
Momento fletor max.=		1416,67	kNm			
Cortante máximo =		170,00	kN			
Normal máximo =		0,00	kN			
Carga de ponta =		0,00	kN			

SUPERPOSIÇÃO DE EFEITOS

Momento máximo =	1613,00	kNm
Cortante máximo =	375,21	kN
Normal máximo =	1556,64	kN
Carga de ponta máxima =	1286,20	kN

CAPACIDADE DE CARGA DO SOLO

Cota de assentamento =	25	m
Capacidade de carga =	120	kgf/cm ²
Capacidade de carga =	12000	kPa
Diâmetro das estacas =	40	cm
Área da estaca =	1256,64	cm ²
Capacidade resistente p/ ponta =	1507,96	kN
Capacidade resistente p/ ponta =	150,80	tf

ESTACAS ESCOLHIDAS

Nó	Bloco B1=B3 Estaca	Tipo de estaca	Diâm. estaca (cm)	Carga Normal Mínima (kN)	Momento Fletor Mínimo (kNm)	Inclinações da estaca em relação a profundidade					
						α xz (°)	Profund. (eixo z)	Projeção em x (m)	α yz (°)	Profund. (eixo z)	Projeção em y (m)
3	E1A	pré-moldada	40	1600	1650	30	-25,00	-12,50	10	-25,00	-4,34
60	E1B	pré-moldada	40	1600	1650	30	-25,00	12,50	10	-25,00	4,34
14	E2A	pré-moldada	40	1600	1650	30	-25,00	-12,50	0	-25,00	0,00
59	E2B	pré-moldada	40	1600	1650	30	-25,00	12,50	0	-25,00	0,00

12	E3A	pré-moldada	40	1600	1650	30	-25,00	-12,50	0	-25,00	0,00
58	E3B	pré-moldada	40	1600	1650	30	-25,00	12,50	0	-25,00	0,00
22	E4A	pré-moldada	40	1600	1650	30	-25,00	-12,50	0	-25,00	0,00
57	E4B	pré-moldada	40	1600	1650	30	-25,00	12,50	0	-25,00	0,00
31	E5A	pré-moldada	40	1600	1650	30	-25,00	-12,50	0	-25,00	0,00
56	E5B	pré-moldada	40	1600	1650	30	-25,00	12,50	0	-25,00	0,00
1	E6A	pré-moldada	40	1600	1650	30	-25,00	-12,50	10	-25,00	-4,34
55	E6B	pré-moldada	40	1600	1650	30	-25,00	12,50	10	-25,00	4,34

Nó	Bloco Interm. B2 Estaca	Solicitações						Resultantes			α xz (°)	Profund. em z (m)	Projeção em x (m)	α yz (°)	Profund. em z (m)	Projeção em y (m)
		Elem. x	Rx (kN)	Elem. y	Ry (kN)	Elem. z	Rz (kN)	Fxy (kN)	Fxz (kN)	Fyz (kN)						
6	E1A	56	0,00	57	0,00	58	-452,73	-	-	-	30	-25,00	-12,50	10	-25,00	-4,34
7	E1B	59	-498,58	60	-751,23	61	-983,58	901,63	1102,73	1237,65	30	-25,00	12,50	10	-25,00	4,34
5	E2A	53	-188,48	54	0,00	55	-868,87	-	889,08	-	30	-25,00	-12,50	0	-25,00	0,00
8	E2B	62	0,00	63	0,00	64	-1064,60	-	-	-	30	-25,00	12,50	0	-25,00	0,00
4	E3A	50	0,00	51	0,00	52	-770,87	-	-	-	30	-25,00	-12,50	0	-25,00	0,00
9	E3B	65	-347,10	66	0,00	67	-1252,70	-	1299,90	-	30	-25,00	12,50	0	-25,00	0,00
3	E4A	47	0,00	48	0,00	49	-665,52	-	-	-	30	-25,00	-12,50	0	-25,00	0,00
10	E4B	68	-393,74	69	0,00	70	-1346,40	-	1402,79	-	30	-25,00	12,50	0	-25,00	0,00
2	E5A	44	-244,19	45	0,00	46	-787,52	-	824,51	-	30	-25,00	-12,50	0	-25,00	0,00
11	E5B	71	0,00	72	0,00	73	-1217,50	-	-	-	30	-25,00	12,50	0	-25,00	0,00
1	E6A	41	311,27	42	698,31	43	-736,10	764,54	799,21	1014,63	30	-25,00	-12,50	10	-25,00	-4,34
12	E6B	74	0,00	75	0,00	76	-433,99	-	-	-	30	-25,00	12,50	10	-25,00	4,34
								Máx.	901,63	1402,79	1237,65					

Cota de assentamento = 25m

Capacidade de carga = 120kgf/cm²

ESTACA MAIS SOLICITADA EM XZ

Estaca	Rx (kN)	Rz (kN)	x ₂ (m)	z ₂ (m)	CC (kPa)	K _h (kN/m)	M _{max} (kNm)	Q _{max} (kN)	N _{max} (kN)	Carga de ponta (kN)
E1B	-498,58	-983,58	12,50	-25,00	12000,00	20000,00	134,15	119,99	1102,71	983,58

Bloco B2		Efeito Tschebotarioff no plano xz				
Nó	Estaca	B (m)	K	γ _s (kN/m ³)	H (m)	p _n (kN/m)
6	E1A	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
7	E1B	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
5	E2A	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
8	E2B	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
4	E3A	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
9	E3B	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
3	E4A	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
10	E4B	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
2	E5A	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
11	E5B	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
1	E6A	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
12	E6B	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
Momento fletor max. =		1613,00	kNm			
Cortante máximo =		173,13	kN			
Normal máximo =		86,56	kN			
Carga de ponta =		0,00	kN			

ESTACA MAIS SOLICITADA EM YZ

Estaca	Ry (kN)	Rz (kN)	y ₂ (m)	z ₂ (m)	CC (kPa)	K _h (kN/m)	M _{max} (kNm)	Q _{max} (kN)	N _{max} (kN)	Carga de ponta (kN)
E1B	-751,23	-983,58	4,34	-25,00	12000,00	20000,00	580,48	571,83	1097,58	983,58

Bloco Interm. B2		Efeito Tschebotarioff no plano yz				
Nó	Estaca	B (m)	K	γ _s (kN/m ³)	H (m)	p _h (kN/m)
6	E1A	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
7	E1B	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
5	E2A	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
8	E2B	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
4	E3A	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
9	E3B	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
3	E4A	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
10	E4B	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
2	E5A	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
11	E5B	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
1	E6A	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
12	E6B	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
Momento fletor máx. =		1464,29	kNm			
Cortante máximo =		173,13	kN			
Normal máximo =		30,05	kN			
Carga de ponta =		0,00	kN			

ESTACA MAIS SOLICITADA A COMPRESSÃO NO PLANO XZ

Estaca	Rx (kN)	Rz (kN)	x ₂ (m)	z ₂ (m)	CC (kPa)	K _h (kN/m)	M _{max} (kNm)	Q _{max} (kN)	N _{max} (kN)	Carga de ponta (kN)
E4B	-393,74	-1346,40	12,50	-25,00	12000,00	20000,00	279,46	249,96	1542,49	1346,40

Bloco Extremo B1=B3		Efeito Tschebotarioff no plano xz				
Nó	Estaca	B (m)	K	γ _s (kN/m ³)	H (m)	p _h (kN/m)
6	E1A	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
7	E1B	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
5	E2A	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
8	E2B	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
4	E3A	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
9	E3B	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
3	E4A	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
10	E4B	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
2	E5A	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
11	E5B	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
1	E6A	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
12	E6B	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
Momento fletor max. =		1613,00	kNm			
Cortante máximo =		173,13	kN			
Normal máximo =		86,56	kN			
Carga de ponta =		0,00	kN			

ESTACA MAIS SOLICITADA A COMPRESSÃO NO PLANO YZ

Estaca	R _x (kN)	R _z (kN)	y ₂ (m)	z ₂ (m)	CC (kPa)	K _h (kN/m)	M _{max} (kNm)	Q _{max} (kN)	N _{max} (kN)	Carga de ponta (kN)
E4B	0,00	-1346,40	0,00	-25,00	12000,00	20000,00	0,00	0,00	1346,40	1346,40

Bloco Interm. B2		Efeito Tschebotarioff no plano yz				
Nó	Estaca	B (m)	K	γ _s (kN/m ³)	H (m)	p _h (kN/m)
6	E1A	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
7	E1B	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
5	E2A	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
8	E2B	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
4	E3A	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
9	E3B	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
3	E4A	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
10	E4B	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
2	E5A	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
11	E5B	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
1	E6A	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
12	E6B	0,40	0,40	17,00	20,00	27,2
Momento fletor max. =		1416,67	kNm			
Cortante máximo =		170,00	kN			
Normal máximo =		0,00	kN			
Carga de ponta =		0,00	kN			

SUPERPOSIÇÃO DE EFEITOS

Momento máximo =	1613,00kNm
Cortante máximo =	571,83kN
Normal máximo =	1542,49kN
Carga de ponta máxima =	1346,40kN

CAPACIDADE DE CARGA DO SOLO

Cota de assentamento =	25m
Capacidade de carga =	120kgf/cm ²
Capacidade de carga =	12000kPa
Diâmetro das estacas =	40cm
Área da estaca =	1256,64cm ²
Capacidade resistente p/ ponta =	1507,96kN
Capacidade resistente p/ ponta =	150,80tf

ESTACAS ESCOLHIDAS

						Inclinações da estaca em relação a profundidade					
Nó	Bloco B2	Tipo de estaca	Diâm. da estaca (cm)	Carga Normal Mínima (kN)	Momento Fletor Mínimo (kNm)	α xz (°)	Profund. (eixo z)	Projeção em x (m)	α yz (°)	Profund. (eixo z)	Projeção em y (m)
	Estaca										
6	E1A	pré-moldada	40	1600	1650	30	-25,00	-12,50	10	-25,00	-4,34
7	E1B	pré-moldada	40	1600	1650	30	-25,00	12,50	10	-25,00	4,34
5	E2A	pré-moldada	40	1600	1650	30	-25,00	-12,50	0	-25,00	0,00
8	E2B	pré-moldada	40	1600	1650	30	-25,00	12,50	0	-25,00	0,00

4	E3A	pré-moldada	40	1600	1650	30	-25,00	-12,50	0	-25,00	0,00
9	E3B	pré-moldada	40	1600	1650	30	-25,00	12,50	0	-25,00	0,00
3	E4A	pré-moldada	40	1600	1650	30	-25,00	-12,50	0	-25,00	0,00
10	E4B	pré-moldada	40	1600	1650	30	-25,00	12,50	0	-25,00	0,00
2	E5A	pré-moldada	40	1600	1650	30	-25,00	-12,50	0	-25,00	0,00
11	E5B	pré-moldada	40	1600	1650	30	-25,00	12,50	0	-25,00	0,00
1	E6A	pré-moldada	40	1600	1650	30	-25,00	-12,50	10	-25,00	-4,34
12	E6B	pré-moldada	40	1600	1650	30	-25,00	12,50	10	-25,00	4,34

ANEXO A1 –Entrada/Saída do Software SALT 9.0 devido ao Carregamento Permanente

DADOS DE ENTRADA

portico plano Ponte sobre o Canal Virgem Santa - Macae/RJ

UNIDADES kN m
 coordenadas dos nos
 1 0.0000 0.0000 50 1 1 0

0

condicoes de contorno

 1 110

 26 010

 51 110

0

tipos de material

 1 26071590.0000 0.2000 0.0001000000 0.0000

0

tipos de secao

 1 7.310E+0000 0.000E+0000 2.800E-000

0

propriedades dos elementos

 1 1 2 1 1 49 1 1

0

numero de carregamentos 1

carregamento 1

cargas nos elementos

1 U 0.000 1.000 WYA -250.090 g 49 1

0

fim

DADOS DE SAIDA

SALT - Marca Registrada da UFRJ

SALTE - análise estática linear - versão 9.00

TÍTULO : Ponte sobre o Canal Virgem Santa - Macae/RJ

 DATA : 3/6/2005(sexta-feira)

HORA : 20:57:04

ARQUIVO DE DADOS : carga permanente.slt

TIPO DA ESTRUTURA : pórtico plano

U n i d a d e s U t i l i z a d a s
 força : quiloNewton.
 comprimento : metro.

nó	c o o r d e n a d a s			n o d a i s
	sistema	coordenada x	coordenada y	coordenada z
1	global	0.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
2	global	1.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
3	global	2.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
4	global	3.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
5	global	4.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
6	global	5.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
7	global	6.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
8	global	7.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
9	global	8.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
10	global	9.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
11	global	1.00E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
12	global	1.10E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
13	global	1.20E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
14	global	1.30E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
15	global	1.40E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
16	global	1.50E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
17	global	1.60E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
18	global	1.70E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
19	global	1.80E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
20	global	1.90E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
21	global	2.00E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
22	global	2.10E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
23	global	2.20E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
24	global	2.30E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
25	global	2.40E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
26	global	2.50E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
27	global	2.60E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
28	global	2.70E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
29	global	2.80E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
30	global	2.90E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
31	global	3.00E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
32	global	3.10E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
33	global	3.20E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
34	global	3.30E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
35	global	3.40E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
36	global	3.50E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
37	global	3.60E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
38	global	3.70E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
39	global	3.80E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
40	global	3.90E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
41	global	4.00E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
42	global	4.10E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
43	global	4.20E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
44	global	4.30E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
45	global	4.40E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
46	global	4.50E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
47	global	4.60E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
48	global	4.70E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
49	global	4.80E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
50	global	4.90E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
51	global	5.00E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000

```

      r e s t r i ç õ e s   n o d a i s
      constante de mola
nó   código transl. x transl. y rotação z
  1   110 0.0E+0000 0.0E+0000 0.0E+0000
 26   010 0.0E+0000 0.0E+0000 0.0E+0000
 51   110 0.0E+0000 0.0E+0000 0.0E+0000

```

número de nós com restrição 3

```

      p r o p r i e d a d e s   d o s   e l e m e n t o s
barra material   seção nó inicial   nó final   comprimento
  1         1         1         1         2   1.00E+0000
  2         1         1         2         3   1.00E+0000
  3         1         1         3         4   1.00E+0000
  4         1         1         4         5   1.00E+0000
  5         1         1         5         6   1.00E+0000
  6         1         1         6         7   1.00E+0000
  7         1         1         7         8   1.00E+0000
  8         1         1         8         9   1.00E+0000
  9         1         1         9        10   1.00E+0000
 10        1         1        10        11   1.00E+0000
 11        1         1        11        12   1.00E+0000
 12        1         1        12        13   1.00E+0000
 13        1         1        13        14   1.00E+0000
 14        1         1        14        15   1.00E+0000
 15        1         1        15        16   1.00E+0000
 16        1         1        16        17   1.00E+0000
 17        1         1        17        18   1.00E+0000
 18        1         1        18        19   1.00E+0000
 19        1         1        19        20   1.00E+0000
 20        1         1        20        21   1.00E+0000
 21        1         1        21        22   1.00E+0000
 22        1         1        22        23   1.00E+0000
 23        1         1        23        24   1.00E+0000
 24        1         1        24        25   1.00E+0000
 25        1         1        25        26   1.00E+0000
 26        1         1        26        27   1.00E+0000
 27        1         1        27        28   1.00E+0000
 28        1         1        28        29   1.00E+0000
 29        1         1        29        30   1.00E+0000
 30        1         1        30        31   1.00E+0000
 31        1         1        31        32   1.00E+0000
 32        1         1        32        33   1.00E+0000
 33        1         1        33        34   1.00E+0000
 34        1         1        34        35   1.00E+0000
 35        1         1        35        36   1.00E+0000
 36        1         1        36        37   1.00E+0000
 37        1         1        37        38   1.00E+0000
 38        1         1        38        39   1.00E+0000
 39        1         1        39        40   1.00E+0000
 40        1         1        40        41   1.00E+0000
 41        1         1        41        42   1.00E+0000
 42        1         1        42        43   1.00E+0000
 43        1         1        43        44   1.00E+0000
 44        1         1        44        45   1.00E+0000
 45        1         1        45        46   1.00E+0000
 46        1         1        46        47   1.00E+0000

```

47	1	1	47	48	1.00E+0000
48	1	1	48	49	1.00E+0000
49	1	1	49	50	1.00E+0000
50	1	1	50	51	1.00E+0000

número de elementos 50

propriedades dos materiais

material : 1

M. Elasticidade	2.607E+0007
M. E. Transversal ...	1.086E+0007
C. Poisson	2.000E-0001
C. D. Térmica	1.000E-0004
P. Específico	0.000E+0000

número de tipos de material 1

propriedades das seções

tipo	área x	área y	inércia z
1	7.31E+0000	0.00E+0000	2.80E+0000

módulos de flexão

tipo	wz
1	1.00E+0000

número de tipos seções 1

carregamento 1

cargas aplicadas nas barras

barra	sistema	tipo	la	lb	px	py	mz	
			t		wxa	wxb	wya	wyb
			f1	f2	f3	p		
1	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000		-2.5E+0002	
2	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000		-2.5E+0002	
3	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000		-2.5E+0002	
4	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000		-2.5E+0002	
5	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000		-2.5E+0002	
6	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000		-2.5E+0002	
7	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000		-2.5E+0002	
8	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000		-2.5E+0002	
9	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000		-2.5E+0002	
10	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000		-2.5E+0002	
11	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000		-2.5E+0002	
12	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000		-2.5E+0002	
13	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000		-2.5E+0002	
14	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000		-2.5E+0002	
15	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000		-2.5E+0002	
16	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000		-2.5E+0002	
17	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000		-2.5E+0002	
18	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000		-2.5E+0002	
19	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000		-2.5E+0002	

20	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-2.5E+0002
21	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-2.5E+0002
22	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-2.5E+0002
23	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-2.5E+0002
24	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-2.5E+0002
25	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-2.5E+0002
26	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-2.5E+0002
27	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-2.5E+0002
28	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-2.5E+0002
29	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-2.5E+0002
30	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-2.5E+0002
31	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-2.5E+0002
32	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-2.5E+0002
33	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-2.5E+0002
34	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-2.5E+0002
35	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-2.5E+0002
36	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-2.5E+0002
37	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-2.5E+0002
38	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-2.5E+0002
39	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-2.5E+0002
40	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-2.5E+0002
41	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-2.5E+0002
42	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-2.5E+0002
43	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-2.5E+0002
44	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-2.5E+0002
45	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-2.5E+0002
46	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-2.5E+0002
47	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-2.5E+0002
48	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-2.5E+0002
49	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-2.5E+0002
50	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-2.5E+0002

fim do carregamento 1
número de carregamentos 1

r e s u l t a d o d a r e n u m e r a ç ã o n o d a l

perfil antes da renumeração : 101
perfil após a renumeração : 101

*** M A T R I Z D E R I G I D E Z ***

matriz mbloco

=====

bloco 1 1 153 1

VETOR APONTADOR

=====

p(1)=	1 p(2)=	3 p(3)=	6
p(4)=	10 p(5)=	15 p(6)=	21
p(7)=	25 p(8)=	30 p(9)=	36
p(10)=	40 p(11)=	45 p(12)=	51

p(13)=	55	p(14)=	60	p(15)=	66
p(16)=	70	p(17)=	75	p(18)=	81
p(19)=	85	p(20)=	90	p(21)=	96
p(22)=	100	p(23)=	105	p(24)=	111
p(25)=	115	p(26)=	120	p(27)=	126
p(28)=	130	p(29)=	135	p(30)=	141
p(31)=	145	p(32)=	150	p(33)=	156
p(34)=	160	p(35)=	165	p(36)=	171
p(37)=	175	p(38)=	180	p(39)=	186
p(40)=	190	p(41)=	195	p(42)=	201
p(43)=	205	p(44)=	210	p(45)=	216
p(46)=	220	p(47)=	225	p(48)=	231
p(49)=	235	p(50)=	240	p(51)=	246
p(52)=	250	p(53)=	255	p(54)=	261
p(55)=	265	p(56)=	270	p(57)=	276
p(58)=	280	p(59)=	285	p(60)=	291
p(61)=	295	p(62)=	300	p(63)=	306
p(64)=	310	p(65)=	315	p(66)=	321
p(67)=	325	p(68)=	330	p(69)=	336
p(70)=	340	p(71)=	345	p(72)=	351
p(73)=	355	p(74)=	360	p(75)=	366
p(76)=	370	p(77)=	375	p(78)=	381
p(79)=	385	p(80)=	390	p(81)=	396
p(82)=	400	p(83)=	405	p(84)=	411
p(85)=	415	p(86)=	420	p(87)=	426
p(88)=	430	p(89)=	435	p(90)=	441
p(91)=	445	p(92)=	450	p(93)=	456
p(94)=	460	p(95)=	465	p(96)=	471
p(97)=	475	p(98)=	480	p(99)=	486
p(100)=	490	p(101)=	495	p(102)=	501
p(103)=	505	p(104)=	510	p(105)=	516
p(106)=	520	p(107)=	525	p(108)=	531
p(109)=	535	p(110)=	540	p(111)=	546
p(112)=	550	p(113)=	555	p(114)=	561
p(115)=	565	p(116)=	570	p(117)=	576
p(118)=	580	p(119)=	585	p(120)=	591
p(121)=	595	p(122)=	600	p(123)=	606
p(124)=	610	p(125)=	615	p(126)=	621
p(127)=	625	p(128)=	630	p(129)=	636
p(130)=	640	p(131)=	645	p(132)=	651
p(133)=	655	p(134)=	660	p(135)=	666
p(136)=	670	p(137)=	675	p(138)=	681
p(139)=	685	p(140)=	690	p(141)=	696
p(142)=	700	p(143)=	705	p(144)=	711
p(145)=	715	p(146)=	720	p(147)=	726
p(148)=	730	p(149)=	735	p(150)=	741
p(151)=	745	p(152)=	750	p(153)=	756

MATRIZ DE RIGIDEZ

===== == =====

bloco 1 :

a(1)=	8.9E+0033	a(2)=	0.0E+0000	a(3)=	8.9E+0033
a(4)=	0.0E+0000	a(5)=	4.4E+0008	a(6)=	2.9E+0008
a(7)=	-1.9E+0008	a(8)=	0.0E+0000	a(9)=	0.0E+0000
a(10)=	3.8E+0008	a(11)=	0.0E+0000	a(12)=	-8.8E+0008
a(13)=	-4.4E+0008	a(14)=	0.0E+0000	a(15)=	1.8E+0009
a(16)=	0.0E+0000	a(17)=	4.4E+0008	a(18)=	1.5E+0008

```

a (    19)=  0.0E+0000 a (    20)=  0.0E+0000 a (    21)=  5.8E+0008
a (    22)= -1.9E+0008 a (    23)=  0.0E+0000 a (    24)=  0.0E+0000
a (    25)=  3.8E+0008 a (    26)=  0.0E+0000 a (    27)= -8.8E+0008
a (    28)= -4.4E+0008 a (    29)=  0.0E+0000 a (    30)=  1.8E+0009
a (    31)=  0.0E+0000 a (    32)=  4.4E+0008 a (    33)=  1.5E+0008
a (    34)=  0.0E+0000 a (    35)=  0.0E+0000 a (    36)=  5.8E+0008
a (    37)= -1.9E+0008 a (    38)=  0.0E+0000 a (    39)=  0.0E+0000
a (    40)=  3.8E+0008 a (    41)=  0.0E+0000 a (    42)= -8.8E+0008
a (    43)= -4.4E+0008 a (    44)=  0.0E+0000 a (    45)=  1.8E+0009
a (    46)=  0.0E+0000 a (    47)=  4.4E+0008 a (    48)=  1.5E+0008
a (    49)=  0.0E+0000 a (    50)=  0.0E+0000 a (    51)=  5.8E+0008
a (    52)= -1.9E+0008 a (    53)=  0.0E+0000 a (    54)=  0.0E+0000
a (    55)=  3.8E+0008 a (    56)=  0.0E+0000 a (    57)= -8.8E+0008
a (    58)= -4.4E+0008 a (    59)=  0.0E+0000 a (    60)=  1.8E+0009
a (    61)=  0.0E+0000 a (    62)=  4.4E+0008 a (    63)=  1.5E+0008
a (    64)=  0.0E+0000 a (    65)=  0.0E+0000 a (    66)=  5.8E+0008
a (    67)= -1.9E+0008 a (    68)=  0.0E+0000 a (    69)=  0.0E+0000
a (    70)=  3.8E+0008 a (    71)=  0.0E+0000 a (    72)= -8.8E+0008
a (    73)= -4.4E+0008 a (    74)=  0.0E+0000 a (    75)=  1.8E+0009
a (    76)=  0.0E+0000 a (    77)=  4.4E+0008 a (    78)=  1.5E+0008
a (    79)=  0.0E+0000 a (    80)=  0.0E+0000 a (    81)=  5.8E+0008
a (    82)= -1.9E+0008 a (    83)=  0.0E+0000 a (    84)=  0.0E+0000
a (    85)=  3.8E+0008 a (    86)=  0.0E+0000 a (    87)= -8.8E+0008
a (    88)= -4.4E+0008 a (    89)=  0.0E+0000 a (    90)=  1.8E+0009
a (    91)=  0.0E+0000 a (    92)=  4.4E+0008 a (    93)=  1.5E+0008
a (    94)=  0.0E+0000 a (    95)=  0.0E+0000 a (    96)=  5.8E+0008
a (    97)= -1.9E+0008 a (    98)=  0.0E+0000 a (    99)=  0.0E+0000
a (   100)=  3.8E+0008 a (   101)=  0.0E+0000 a (   102)= -8.8E+0008
a (   103)= -4.4E+0008 a (   104)=  0.0E+0000 a (   105)=  1.8E+0009
a (   106)=  0.0E+0000 a (   107)=  4.4E+0008 a (   108)=  1.5E+0008
a (   109)=  0.0E+0000 a (   110)=  0.0E+0000 a (   111)=  5.8E+0008
a (   112)= -1.9E+0008 a (   113)=  0.0E+0000 a (   114)=  0.0E+0000
a (   115)=  3.8E+0008 a (   116)=  0.0E+0000 a (   117)= -8.8E+0008
a (   118)= -4.4E+0008 a (   119)=  0.0E+0000 a (   120)=  1.8E+0009
a (   121)=  0.0E+0000 a (   122)=  4.4E+0008 a (   123)=  1.5E+0008
a (   124)=  0.0E+0000 a (   125)=  0.0E+0000 a (   126)=  5.8E+0008
a (   127)= -1.9E+0008 a (   128)=  0.0E+0000 a (   129)=  0.0E+0000
a (   130)=  3.8E+0008 a (   131)=  0.0E+0000 a (   132)= -8.8E+0008
a (   133)= -4.4E+0008 a (   134)=  0.0E+0000 a (   135)=  1.8E+0009
a (   136)=  0.0E+0000 a (   137)=  4.4E+0008 a (   138)=  1.5E+0008
a (   139)=  0.0E+0000 a (   140)=  0.0E+0000 a (   141)=  5.8E+0008
a (   142)= -1.9E+0008 a (   143)=  0.0E+0000 a (   144)=  0.0E+0000
a (   145)=  3.8E+0008 a (   146)=  0.0E+0000 a (   147)= -8.8E+0008
a (   148)= -4.4E+0008 a (   149)=  0.0E+0000 a (   150)=  1.8E+0009
a (   151)=  0.0E+0000 a (   152)=  4.4E+0008 a (   153)=  1.5E+0008
a (   154)=  0.0E+0000 a (   155)=  0.0E+0000 a (   156)=  5.8E+0008
a (   157)= -1.9E+0008 a (   158)=  0.0E+0000 a (   159)=  0.0E+0000
a (   160)=  3.8E+0008 a (   161)=  0.0E+0000 a (   162)= -8.8E+0008
a (   163)= -4.4E+0008 a (   164)=  0.0E+0000 a (   165)=  1.8E+0009
a (   166)=  0.0E+0000 a (   167)=  4.4E+0008 a (   168)=  1.5E+0008
a (   169)=  0.0E+0000 a (   170)=  0.0E+0000 a (   171)=  5.8E+0008
a (   172)= -1.9E+0008 a (   173)=  0.0E+0000 a (   174)=  0.0E+0000
a (   175)=  3.8E+0008 a (   176)=  0.0E+0000 a (   177)= -8.8E+0008
a (   178)= -4.4E+0008 a (   179)=  0.0E+0000 a (   180)=  1.8E+0009
a (   181)=  0.0E+0000 a (   182)=  4.4E+0008 a (   183)=  1.5E+0008
a (   184)=  0.0E+0000 a (   185)=  0.0E+0000 a (   186)=  5.8E+0008
a (   187)= -1.9E+0008 a (   188)=  0.0E+0000 a (   189)=  0.0E+0000

```

a (190)= 3.8E+0008 a (191)= 0.0E+0000 a (192)= -8.8E+0008
a (193)= -4.4E+0008 a (194)= 0.0E+0000 a (195)= 1.8E+0009
a (196)= 0.0E+0000 a (197)= 4.4E+0008 a (198)= 1.5E+0008
a (199)= 0.0E+0000 a (200)= 0.0E+0000 a (201)= 5.8E+0008
a (202)= -1.9E+0008 a (203)= 0.0E+0000 a (204)= 0.0E+0000
a (205)= 3.8E+0008 a (206)= 0.0E+0000 a (207)= -8.8E+0008
a (208)= -4.4E+0008 a (209)= 0.0E+0000 a (210)= 1.8E+0009
a (211)= 0.0E+0000 a (212)= 4.4E+0008 a (213)= 1.5E+0008
a (214)= 0.0E+0000 a (215)= 0.0E+0000 a (216)= 5.8E+0008
a (217)= -1.9E+0008 a (218)= 0.0E+0000 a (219)= 0.0E+0000
a (220)= 3.8E+0008 a (221)= 0.0E+0000 a (222)= -8.8E+0008
a (223)= -4.4E+0008 a (224)= 0.0E+0000 a (225)= 1.8E+0009
a (226)= 0.0E+0000 a (227)= 4.4E+0008 a (228)= 1.5E+0008
a (229)= 0.0E+0000 a (230)= 0.0E+0000 a (231)= 5.8E+0008
a (232)= -1.9E+0008 a (233)= 0.0E+0000 a (234)= 0.0E+0000
a (235)= 3.8E+0008 a (236)= 0.0E+0000 a (237)= -8.8E+0008
a (238)= -4.4E+0008 a (239)= 0.0E+0000 a (240)= 1.8E+0009
a (241)= 0.0E+0000 a (242)= 4.4E+0008 a (243)= 1.5E+0008
a (244)= 0.0E+0000 a (245)= 0.0E+0000 a (246)= 5.8E+0008
a (247)= -1.9E+0008 a (248)= 0.0E+0000 a (249)= 0.0E+0000
a (250)= 3.8E+0008 a (251)= 0.0E+0000 a (252)= -8.8E+0008
a (253)= -4.4E+0008 a (254)= 0.0E+0000 a (255)= 1.8E+0009
a (256)= 0.0E+0000 a (257)= 4.4E+0008 a (258)= 1.5E+0008
a (259)= 0.0E+0000 a (260)= 0.0E+0000 a (261)= 5.8E+0008
a (262)= -1.9E+0008 a (263)= 0.0E+0000 a (264)= 0.0E+0000
a (265)= 3.8E+0008 a (266)= 0.0E+0000 a (267)= -8.8E+0008
a (268)= -4.4E+0008 a (269)= 0.0E+0000 a (270)= 1.8E+0009
a (271)= 0.0E+0000 a (272)= 4.4E+0008 a (273)= 1.5E+0008
a (274)= 0.0E+0000 a (275)= 0.0E+0000 a (276)= 5.8E+0008
a (277)= -1.9E+0008 a (278)= 0.0E+0000 a (279)= 0.0E+0000
a (280)= 3.8E+0008 a (281)= 0.0E+0000 a (282)= -8.8E+0008
a (283)= -4.4E+0008 a (284)= 0.0E+0000 a (285)= 1.8E+0009
a (286)= 0.0E+0000 a (287)= 4.4E+0008 a (288)= 1.5E+0008
a (289)= 0.0E+0000 a (290)= 0.0E+0000 a (291)= 5.8E+0008
a (292)= -1.9E+0008 a (293)= 0.0E+0000 a (294)= 0.0E+0000
a (295)= 3.8E+0008 a (296)= 0.0E+0000 a (297)= -8.8E+0008
a (298)= -4.4E+0008 a (299)= 0.0E+0000 a (300)= 1.8E+0009
a (301)= 0.0E+0000 a (302)= 4.4E+0008 a (303)= 1.5E+0008
a (304)= 0.0E+0000 a (305)= 0.0E+0000 a (306)= 5.8E+0008
a (307)= -1.9E+0008 a (308)= 0.0E+0000 a (309)= 0.0E+0000
a (310)= 3.8E+0008 a (311)= 0.0E+0000 a (312)= -8.8E+0008
a (313)= -4.4E+0008 a (314)= 0.0E+0000 a (315)= 1.8E+0009
a (316)= 0.0E+0000 a (317)= 4.4E+0008 a (318)= 1.5E+0008
a (319)= 0.0E+0000 a (320)= 0.0E+0000 a (321)= 5.8E+0008
a (322)= -1.9E+0008 a (323)= 0.0E+0000 a (324)= 0.0E+0000
a (325)= 3.8E+0008 a (326)= 0.0E+0000 a (327)= -8.8E+0008
a (328)= -4.4E+0008 a (329)= 0.0E+0000 a (330)= 1.8E+0009
a (331)= 0.0E+0000 a (332)= 4.4E+0008 a (333)= 1.5E+0008
a (334)= 0.0E+0000 a (335)= 0.0E+0000 a (336)= 5.8E+0008
a (337)= -1.9E+0008 a (338)= 0.0E+0000 a (339)= 0.0E+0000
a (340)= 3.8E+0008 a (341)= 0.0E+0000 a (342)= -8.8E+0008
a (343)= -4.4E+0008 a (344)= 0.0E+0000 a (345)= 1.8E+0009
a (346)= 0.0E+0000 a (347)= 4.4E+0008 a (348)= 1.5E+0008
a (349)= 0.0E+0000 a (350)= 0.0E+0000 a (351)= 5.8E+0008
a (352)= -1.9E+0008 a (353)= 0.0E+0000 a (354)= 0.0E+0000
a (355)= 3.8E+0008 a (356)= 0.0E+0000 a (357)= -8.8E+0008
a (358)= -4.4E+0008 a (359)= 0.0E+0000 a (360)= 1.8E+0009

```

a( 361)= 0.0E+0000 a( 362)= 4.4E+0008 a( 363)= 1.5E+0008
a( 364)= 0.0E+0000 a( 365)= 0.0E+0000 a( 366)= 5.8E+0008
a( 367)= -1.9E+0008 a( 368)= 0.0E+0000 a( 369)= 0.0E+0000
a( 370)= 3.8E+0008 a( 371)= 0.0E+0000 a( 372)= -8.8E+0008
a( 373)= -4.4E+0008 a( 374)= 0.0E+0000 a( 375)= 8.9E+0033
a( 376)= 0.0E+0000 a( 377)= 4.4E+0008 a( 378)= 1.5E+0008
a( 379)= 0.0E+0000 a( 380)= 0.0E+0000 a( 381)= 5.8E+0008
a( 382)= -1.9E+0008 a( 383)= 0.0E+0000 a( 384)= 0.0E+0000
a( 385)= 3.8E+0008 a( 386)= 0.0E+0000 a( 387)= -8.8E+0008
a( 388)= -4.4E+0008 a( 389)= 0.0E+0000 a( 390)= 1.8E+0009
a( 391)= 0.0E+0000 a( 392)= 4.4E+0008 a( 393)= 1.5E+0008
a( 394)= 0.0E+0000 a( 395)= 0.0E+0000 a( 396)= 5.8E+0008
a( 397)= -1.9E+0008 a( 398)= 0.0E+0000 a( 399)= 0.0E+0000
a( 400)= 3.8E+0008 a( 401)= 0.0E+0000 a( 402)= -8.8E+0008
a( 403)= -4.4E+0008 a( 404)= 0.0E+0000 a( 405)= 1.8E+0009
a( 406)= 0.0E+0000 a( 407)= 4.4E+0008 a( 408)= 1.5E+0008
a( 409)= 0.0E+0000 a( 410)= 0.0E+0000 a( 411)= 5.8E+0008
a( 412)= -1.9E+0008 a( 413)= 0.0E+0000 a( 414)= 0.0E+0000
a( 415)= 3.8E+0008 a( 416)= 0.0E+0000 a( 417)= -8.8E+0008
a( 418)= -4.4E+0008 a( 419)= 0.0E+0000 a( 420)= 1.8E+0009
a( 421)= 0.0E+0000 a( 422)= 4.4E+0008 a( 423)= 1.5E+0008
a( 424)= 0.0E+0000 a( 425)= 0.0E+0000 a( 426)= 5.8E+0008
a( 427)= -1.9E+0008 a( 428)= 0.0E+0000 a( 429)= 0.0E+0000
a( 430)= 3.8E+0008 a( 431)= 0.0E+0000 a( 432)= -8.8E+0008
a( 433)= -4.4E+0008 a( 434)= 0.0E+0000 a( 435)= 1.8E+0009
a( 436)= 0.0E+0000 a( 437)= 4.4E+0008 a( 438)= 1.5E+0008
a( 439)= 0.0E+0000 a( 440)= 0.0E+0000 a( 441)= 5.8E+0008
a( 442)= -1.9E+0008 a( 443)= 0.0E+0000 a( 444)= 0.0E+0000
a( 445)= 3.8E+0008 a( 446)= 0.0E+0000 a( 447)= -8.8E+0008
a( 448)= -4.4E+0008 a( 449)= 0.0E+0000 a( 450)= 1.8E+0009
a( 451)= 0.0E+0000 a( 452)= 4.4E+0008 a( 453)= 1.5E+0008
a( 454)= 0.0E+0000 a( 455)= 0.0E+0000 a( 456)= 5.8E+0008
a( 457)= -1.9E+0008 a( 458)= 0.0E+0000 a( 459)= 0.0E+0000
a( 460)= 3.8E+0008 a( 461)= 0.0E+0000 a( 462)= -8.8E+0008
a( 463)= -4.4E+0008 a( 464)= 0.0E+0000 a( 465)= 1.8E+0009
a( 466)= 0.0E+0000 a( 467)= 4.4E+0008 a( 468)= 1.5E+0008
a( 469)= 0.0E+0000 a( 470)= 0.0E+0000 a( 471)= 5.8E+0008
a( 472)= -1.9E+0008 a( 473)= 0.0E+0000 a( 474)= 0.0E+0000
a( 475)= 3.8E+0008 a( 476)= 0.0E+0000 a( 477)= -8.8E+0008
a( 478)= -4.4E+0008 a( 479)= 0.0E+0000 a( 480)= 1.8E+0009
a( 481)= 0.0E+0000 a( 482)= 4.4E+0008 a( 483)= 1.5E+0008
a( 484)= 0.0E+0000 a( 485)= 0.0E+0000 a( 486)= 5.8E+0008
a( 487)= -1.9E+0008 a( 488)= 0.0E+0000 a( 489)= 0.0E+0000
a( 490)= 3.8E+0008 a( 491)= 0.0E+0000 a( 492)= -8.8E+0008
a( 493)= -4.4E+0008 a( 494)= 0.0E+0000 a( 495)= 1.8E+0009
a( 496)= 0.0E+0000 a( 497)= 4.4E+0008 a( 498)= 1.5E+0008
a( 499)= 0.0E+0000 a( 500)= 0.0E+0000 a( 501)= 5.8E+0008
a( 502)= -1.9E+0008 a( 503)= 0.0E+0000 a( 504)= 0.0E+0000
a( 505)= 3.8E+0008 a( 506)= 0.0E+0000 a( 507)= -8.8E+0008
a( 508)= -4.4E+0008 a( 509)= 0.0E+0000 a( 510)= 1.8E+0009
a( 511)= 0.0E+0000 a( 512)= 4.4E+0008 a( 513)= 1.5E+0008
a( 514)= 0.0E+0000 a( 515)= 0.0E+0000 a( 516)= 5.8E+0008
a( 517)= -1.9E+0008 a( 518)= 0.0E+0000 a( 519)= 0.0E+0000
a( 520)= 3.8E+0008 a( 521)= 0.0E+0000 a( 522)= -8.8E+0008
a( 523)= -4.4E+0008 a( 524)= 0.0E+0000 a( 525)= 1.8E+0009
a( 526)= 0.0E+0000 a( 527)= 4.4E+0008 a( 528)= 1.5E+0008
a( 529)= 0.0E+0000 a( 530)= 0.0E+0000 a( 531)= 5.8E+0008

```

```

a ( 532)= -1.9E+0008 a ( 533)= 0.0E+0000 a ( 534)= 0.0E+0000
a ( 535)= 3.8E+0008 a ( 536)= 0.0E+0000 a ( 537)= -8.8E+0008
a ( 538)= -4.4E+0008 a ( 539)= 0.0E+0000 a ( 540)= 1.8E+0009
a ( 541)= 0.0E+0000 a ( 542)= 4.4E+0008 a ( 543)= 1.5E+0008
a ( 544)= 0.0E+0000 a ( 545)= 0.0E+0000 a ( 546)= 5.8E+0008
a ( 547)= -1.9E+0008 a ( 548)= 0.0E+0000 a ( 549)= 0.0E+0000
a ( 550)= 3.8E+0008 a ( 551)= 0.0E+0000 a ( 552)= -8.8E+0008
a ( 553)= -4.4E+0008 a ( 554)= 0.0E+0000 a ( 555)= 1.8E+0009
a ( 556)= 0.0E+0000 a ( 557)= 4.4E+0008 a ( 558)= 1.5E+0008
a ( 559)= 0.0E+0000 a ( 560)= 0.0E+0000 a ( 561)= 5.8E+0008
a ( 562)= -1.9E+0008 a ( 563)= 0.0E+0000 a ( 564)= 0.0E+0000
a ( 565)= 3.8E+0008 a ( 566)= 0.0E+0000 a ( 567)= -8.8E+0008
a ( 568)= -4.4E+0008 a ( 569)= 0.0E+0000 a ( 570)= 1.8E+0009
a ( 571)= 0.0E+0000 a ( 572)= 4.4E+0008 a ( 573)= 1.5E+0008
a ( 574)= 0.0E+0000 a ( 575)= 0.0E+0000 a ( 576)= 5.8E+0008
a ( 577)= -1.9E+0008 a ( 578)= 0.0E+0000 a ( 579)= 0.0E+0000
a ( 580)= 3.8E+0008 a ( 581)= 0.0E+0000 a ( 582)= -8.8E+0008
a ( 583)= -4.4E+0008 a ( 584)= 0.0E+0000 a ( 585)= 1.8E+0009
a ( 586)= 0.0E+0000 a ( 587)= 4.4E+0008 a ( 588)= 1.5E+0008
a ( 589)= 0.0E+0000 a ( 590)= 0.0E+0000 a ( 591)= 5.8E+0008
a ( 592)= -1.9E+0008 a ( 593)= 0.0E+0000 a ( 594)= 0.0E+0000
a ( 595)= 3.8E+0008 a ( 596)= 0.0E+0000 a ( 597)= -8.8E+0008
a ( 598)= -4.4E+0008 a ( 599)= 0.0E+0000 a ( 600)= 1.8E+0009
a ( 601)= 0.0E+0000 a ( 602)= 4.4E+0008 a ( 603)= 1.5E+0008
a ( 604)= 0.0E+0000 a ( 605)= 0.0E+0000 a ( 606)= 5.8E+0008
a ( 607)= -1.9E+0008 a ( 608)= 0.0E+0000 a ( 609)= 0.0E+0000
a ( 610)= 3.8E+0008 a ( 611)= 0.0E+0000 a ( 612)= -8.8E+0008
a ( 613)= -4.4E+0008 a ( 614)= 0.0E+0000 a ( 615)= 1.8E+0009
a ( 616)= 0.0E+0000 a ( 617)= 4.4E+0008 a ( 618)= 1.5E+0008
a ( 619)= 0.0E+0000 a ( 620)= 0.0E+0000 a ( 621)= 5.8E+0008
a ( 622)= -1.9E+0008 a ( 623)= 0.0E+0000 a ( 624)= 0.0E+0000
a ( 625)= 3.8E+0008 a ( 626)= 0.0E+0000 a ( 627)= -8.8E+0008
a ( 628)= -4.4E+0008 a ( 629)= 0.0E+0000 a ( 630)= 1.8E+0009
a ( 631)= 0.0E+0000 a ( 632)= 4.4E+0008 a ( 633)= 1.5E+0008
a ( 634)= 0.0E+0000 a ( 635)= 0.0E+0000 a ( 636)= 5.8E+0008
a ( 637)= -1.9E+0008 a ( 638)= 0.0E+0000 a ( 639)= 0.0E+0000
a ( 640)= 3.8E+0008 a ( 641)= 0.0E+0000 a ( 642)= -8.8E+0008
a ( 643)= -4.4E+0008 a ( 644)= 0.0E+0000 a ( 645)= 1.8E+0009
a ( 646)= 0.0E+0000 a ( 647)= 4.4E+0008 a ( 648)= 1.5E+0008
a ( 649)= 0.0E+0000 a ( 650)= 0.0E+0000 a ( 651)= 5.8E+0008
a ( 652)= -1.9E+0008 a ( 653)= 0.0E+0000 a ( 654)= 0.0E+0000
a ( 655)= 3.8E+0008 a ( 656)= 0.0E+0000 a ( 657)= -8.8E+0008
a ( 658)= -4.4E+0008 a ( 659)= 0.0E+0000 a ( 660)= 1.8E+0009
a ( 661)= 0.0E+0000 a ( 662)= 4.4E+0008 a ( 663)= 1.5E+0008
a ( 664)= 0.0E+0000 a ( 665)= 0.0E+0000 a ( 666)= 5.8E+0008
a ( 667)= -1.9E+0008 a ( 668)= 0.0E+0000 a ( 669)= 0.0E+0000
a ( 670)= 3.8E+0008 a ( 671)= 0.0E+0000 a ( 672)= -8.8E+0008
a ( 673)= -4.4E+0008 a ( 674)= 0.0E+0000 a ( 675)= 1.8E+0009
a ( 676)= 0.0E+0000 a ( 677)= 4.4E+0008 a ( 678)= 1.5E+0008
a ( 679)= 0.0E+0000 a ( 680)= 0.0E+0000 a ( 681)= 5.8E+0008
a ( 682)= -1.9E+0008 a ( 683)= 0.0E+0000 a ( 684)= 0.0E+0000
a ( 685)= 3.8E+0008 a ( 686)= 0.0E+0000 a ( 687)= -8.8E+0008
a ( 688)= -4.4E+0008 a ( 689)= 0.0E+0000 a ( 690)= 1.8E+0009
a ( 691)= 0.0E+0000 a ( 692)= 4.4E+0008 a ( 693)= 1.5E+0008
a ( 694)= 0.0E+0000 a ( 695)= 0.0E+0000 a ( 696)= 5.8E+0008
a ( 697)= -1.9E+0008 a ( 698)= 0.0E+0000 a ( 699)= 0.0E+0000
a ( 700)= 3.8E+0008 a ( 701)= 0.0E+0000 a ( 702)= -8.8E+0008

```

```

a( 703)= -4.4E+0008 a( 704)= 0.0E+0000 a( 705)= 1.8E+0009
a( 706)= 0.0E+0000 a( 707)= 4.4E+0008 a( 708)= 1.5E+0008
a( 709)= 0.0E+0000 a( 710)= 0.0E+0000 a( 711)= 5.8E+0008
a( 712)= -1.9E+0008 a( 713)= 0.0E+0000 a( 714)= 0.0E+0000
a( 715)= 3.8E+0008 a( 716)= 0.0E+0000 a( 717)= -8.8E+0008
a( 718)= -4.4E+0008 a( 719)= 0.0E+0000 a( 720)= 1.8E+0009
a( 721)= 0.0E+0000 a( 722)= 4.4E+0008 a( 723)= 1.5E+0008
a( 724)= 0.0E+0000 a( 725)= 0.0E+0000 a( 726)= 5.8E+0008
a( 727)= -1.9E+0008 a( 728)= 0.0E+0000 a( 729)= 0.0E+0000
a( 730)= 3.8E+0008 a( 731)= 0.0E+0000 a( 732)= -8.8E+0008
a( 733)= -4.4E+0008 a( 734)= 0.0E+0000 a( 735)= 1.8E+0009
a( 736)= 0.0E+0000 a( 737)= 4.4E+0008 a( 738)= 1.5E+0008
a( 739)= 0.0E+0000 a( 740)= 0.0E+0000 a( 741)= 5.8E+0008
a( 742)= -1.9E+0008 a( 743)= 0.0E+0000 a( 744)= 0.0E+0000
a( 745)= 8.9E+0033 a( 746)= 0.0E+0000 a( 747)= -8.8E+0008
a( 748)= -4.4E+0008 a( 749)= 0.0E+0000 a( 750)= 8.9E+0033
a( 751)= 0.0E+0000 a( 752)= 4.4E+0008 a( 753)= 1.5E+0008
a( 754)= 0.0E+0000 a( 755)= -4.4E+0008 a( 756)= 2.9E+0008

```

```

-----
*** F I M M A T R I Z D E R I G I D E Z ***
-----

```

```

-----
DECAIMENTO MÁXIMO DOS ELEM. DA DIAGONAL: 2.9E+0001
Existe probabilidade de que o número de algarismos
corretos nos deslocamentos calculados seja 9
-----

```

```

c a r r e g a m e n t o 1
=====
=

```

Título :

```

          d e s l o c a m e n t o s   n o d a i s
no sistema  deslocamento  deslocamento  rotacao
                x                y                z
1  global  0.00000E+0000 -2.64040E-0031 -1.11519E-0003
2  global  0.00000E+0000 -1.10998E-0003 -1.09970E-0003
3  global  0.00000E+0000 -2.18984E-0003 -1.05552E-0003
4  global  0.00000E+0000 -3.21261E-0003 -9.86079E-0004
5  global  0.00000E+0000 -4.15472E-0003 -8.94794E-0004
6  global  0.00000E+0000 -4.99606E-0003 -7.85095E-0004
7  global  0.00000E+0000 -5.71992E-0003 -6.60408E-0004
8  global  0.00000E+0000 -6.31302E-0003 -5.24158E-0004
9  global  0.00000E+0000 -6.76552E-0003 -3.79772E-0004
10 global  0.00000E+0000 -7.07099E-0003 -2.30675E-0004
11 global  0.00000E+0000 -7.22644E-0003 -8.02938E-0005
12 global  0.00000E+0000 -7.23230E-0003 6.79464E-0005
13 global  0.00000E+0000 -7.09241E-0003 2.10620E-0004
14 global  0.00000E+0000 -6.81405E-0003 3.44300E-0004
15 global  0.00000E+0000 -6.40795E-0003 4.65561E-0004
16 global  0.00000E+0000 -5.88821E-0003 5.70978E-0004
17 global  0.00000E+0000 -5.27241E-0003 6.57125E-0004

```

18	global	0.00000E+0000	-4.58153E-0003	7.20574E-0004
19	global	0.00000E+0000	-3.83997E-0003	7.57902E-0004
20	global	0.00000E+0000	-3.07557E-0003	7.65682E-0004
21	global	0.00000E+0000	-2.31960E-0003	7.40487E-0004
22	global	0.00000E+0000	-1.60673E-0003	6.78893E-0004
23	global	0.00000E+0000	-9.75088E-0004	5.77473E-0004
24	global	0.00000E+0000	-4.66204E-0004	4.32801E-0004
25	global	0.00000E+0000	-1.25044E-0004	2.41452E-0004
26	global	0.00000E+0000	-8.80135E-0031	-8.58203E-0016
27	global	0.00000E+0000	-1.25044E-0004	-2.41452E-0004
28	global	0.00000E+0000	-4.66204E-0004	-4.32801E-0004
29	global	0.00000E+0000	-9.75088E-0004	-5.77473E-0004
30	global	0.00000E+0000	-1.60673E-0003	-6.78893E-0004
31	global	0.00000E+0000	-2.31960E-0003	-7.40487E-0004
32	global	0.00000E+0000	-3.07557E-0003	-7.65682E-0004
33	global	0.00000E+0000	-3.83997E-0003	-7.57902E-0004
34	global	0.00000E+0000	-4.58153E-0003	-7.20574E-0004
35	global	0.00000E+0000	-5.27241E-0003	-6.57125E-0004
36	global	0.00000E+0000	-5.88821E-0003	-5.70978E-0004
37	global	0.00000E+0000	-6.40795E-0003	-4.65561E-0004
38	global	0.00000E+0000	-6.81405E-0003	-3.44300E-0004
39	global	0.00000E+0000	-7.09241E-0003	-2.10620E-0004
40	global	0.00000E+0000	-7.23230E-0003	-6.79464E-0005
41	global	0.00000E+0000	-7.22644E-0003	8.02938E-0005
42	global	0.00000E+0000	-7.07099E-0003	2.30675E-0004
43	global	0.00000E+0000	-6.76552E-0003	3.79772E-0004
44	global	0.00000E+0000	-6.31302E-0003	5.24158E-0004
45	global	0.00000E+0000	-5.71992E-0003	6.60408E-0004
46	global	0.00000E+0000	-4.99606E-0003	7.85095E-0004
47	global	0.00000E+0000	-4.15472E-0003	8.94794E-0004
48	global	0.00000E+0000	-3.21261E-0003	9.86079E-0004
49	global	0.00000E+0000	-2.18984E-0003	1.05552E-0003
50	global	0.00000E+0000	-1.10998E-0003	1.09970E-0003
51	global	0.00000E+0000	-2.64040E-0031	1.11519E-0003

r e a ç õ e s n o s a p o i o s				
nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
1	global	-0.00	2344.59	0.00
26	global	-0.00	7815.31	0.00
51	global	-0.00	2344.59	-0.00

Resultante	0.00	12504.50	312612.50
------------	------	----------	-----------

NOTA:

O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

d i f e r e n ç a d e e q u i l í b r i o			
(o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)			
	força	força	momento
	x	y	z
	0.000	0.000	0.000

barra	e s f sistema	o r ç o s nó	n a s força normal	b a r r a s força cortante	momeno fletor
1	local	1	0.00	2344.59	-0.00
		2	0.00	-2094.50	2219.55
2	local	2	0.00	2094.50	-2219.55
		3	0.00	-1844.41	4189.01
3	local	3	0.00	1844.41	-4189.01
		4	0.00	-1594.32	5908.38
4	local	4	0.00	1594.32	-5908.38
		5	0.00	-1344.23	7377.65
5	local	5	0.00	1344.23	-7377.65
		6	0.00	-1094.14	8596.84
6	local	6	0.00	1094.14	-8596.84
		7	0.00	-844.05	9565.94
7	local	7	0.00	844.05	-9565.94
		8	0.00	-593.96	10284.95
8	local	8	0.00	593.96	-10284.95
		9	0.00	-343.87	10753.87
9	local	9	0.00	343.87	-10753.87
		10	0.00	-93.78	10972.70
10	local	10	0.00	93.78	-10972.70
		11	0.00	156.31	10941.44
11	local	11	0.00	-156.31	-10941.44
		12	0.00	406.40	10660.09
12	local	12	0.00	-406.40	-10660.09
		13	0.00	656.49	10128.64
13	local	13	0.00	-656.49	-10128.64
		14	0.00	906.58	9347.11
14	local	14	0.00	-906.58	-9347.11
		15	0.00	1156.67	8315.49
15	local	15	0.00	-1156.67	-8315.49
		16	0.00	1406.76	7033.78
16	local	16	0.00	-1406.76	-7033.78
		17	0.00	1656.85	5501.98
17	local	17	0.00	-1656.85	-5501.98
		18	0.00	1906.94	3720.09
18	local	18	0.00	-1906.94	-3720.09
		19	0.00	2157.03	1688.11
19	local	19	0.00	-2157.03	-1688.11
		20	0.00	2407.12	-593.96
20	local	20	0.00	-2407.12	593.96
		21	0.00	2657.21	-3126.13
21	local	21	0.00	-2657.21	3126.13
		22	0.00	2907.30	-5908.38
22	local	22	0.00	-2907.30	5908.38
		23	0.00	3157.39	-8940.72
23	local	23	0.00	-3157.39	8940.72
		24	0.00	3407.48	-12223.15
24	local	24	0.00	-3407.48	12223.15
		25	0.00	3657.57	-15755.67
25	local	25	0.00	-3657.57	15755.67
		26	0.00	3907.66	-19538.28
26	local	26	0.00	-3907.66	19538.28
		27	0.00	3657.57	-15755.67
27	local	27	0.00	3657.57	15755.67
		28	0.00	-3407.48	-12223.15

28	local	28	0.00	3407.48	12223.15
		29	0.00	-3157.39	-8940.72
29	local	29	0.00	3157.39	8940.72
		30	0.00	-2907.30	-5908.38
30	local	30	0.00	2907.30	5908.38
		31	0.00	-2657.21	-3126.12
31	local	31	0.00	2657.21	3126.12
		32	0.00	-2407.12	-593.96
32	local	32	0.00	2407.12	593.96
		33	0.00	-2157.03	1688.11
33	local	33	0.00	2157.03	-1688.11
		34	0.00	-1906.94	3720.09
34	local	34	0.00	1906.94	-3720.09
		35	0.00	-1656.85	5501.98
35	local	35	0.00	1656.85	-5501.98
		36	0.00	-1406.76	7033.78
36	local	36	0.00	1406.76	-7033.78
		37	0.00	-1156.67	8315.49
37	local	37	0.00	1156.67	-8315.49
		38	0.00	-906.58	9347.11
38	local	38	0.00	906.58	-9347.11
		39	0.00	-656.49	10128.65
39	local	39	0.00	656.49	-10128.65
		40	0.00	-406.40	10660.09
40	local	40	0.00	406.40	-10660.09
		41	0.00	-156.31	10941.44
41	local	41	0.00	156.31	-10941.44
		42	0.00	93.78	10972.70
42	local	42	0.00	-93.78	-10972.70
		43	0.00	343.87	10753.87
43	local	43	0.00	-343.87	-10753.87
		44	0.00	593.96	10284.95
44	local	44	0.00	-593.96	-10284.95
		45	0.00	844.05	9565.94
45	local	45	0.00	-844.05	-9565.94
		46	0.00	1094.14	8596.84
46	local	46	0.00	-1094.14	-8596.84
		47	0.00	1344.23	7377.66
47	local	47	0.00	-1344.23	-7377.66
		48	0.00	1594.32	5908.38
48	local	48	0.00	-1594.32	-5908.38
		49	0.00	1844.41	4189.01
49	local	49	0.00	-1844.41	-4189.01
		50	0.00	2094.50	2219.55
50	local	50	0.00	-2094.50	-2219.55
		51	0.00	2344.59	0.00

Fim Do Programa

ANEXO A2 –Entrada/Saída do Software SALT 9.0 devido ao Carregamento Móvel

DADOS DE ENTRADA

portico plano Ponte sobre o Canal Virgem Santa - Macae/RJ

UNIDADES	kN	m				
coordenadas dos nos						
1	0.0000	0.0000	50	1	1	0

0

condicoes de contorno

1	110
26	010
51	110

0

tipos de material

1	26071590.0000	0.2000	0.0001000000	0.0000
---	---------------	--------	--------------	--------

0

tipos de secao

1	7.310E+0000	0.000E+0000	2.800E-000
---	-------------	-------------	------------

0

propriedades dos elementos

1	1	2	1	1	49	1	1
---	---	---	---	---	----	---	---

0

direcao da carga -dy

valores maximos de esforco

1 i mz 49 1

50 f mz

0

trem tipo especial

comprimento do veiculo 6.0

cargas concentradas

147.0 1.5

147.0 3.0

147.0 4.5

0

cargas distribuidas

89.85 89.85 89.85

DADOS DE SAIDA

SALT - Marca Registrada da UFRJ

INFLU - Linhas de Influência - versão 9.00

TÍTULO : Ponte sobre o Canal Virgem Santa - Macae/RJ

DATA : 3/6/2005(sexta-feira)

HORA : 21:14:30

ARQUIVO DE DADOS : movel.slt

TIPO DA ESTRUTURA : pórtico plano

Unidades Utilizadas
 força : quiloNewton.
 comprimento : metro.

nó	sistema	c o o r d e n a d a s n o d a i s		
		coordenada x	coordenada y	coordenada z
1	global	0.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
2	global	1.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
3	global	2.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
4	global	3.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
5	global	4.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
6	global	5.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
7	global	6.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
8	global	7.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
9	global	8.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
10	global	9.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
11	global	1.00E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
12	global	1.10E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
13	global	1.20E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
14	global	1.30E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
15	global	1.40E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
16	global	1.50E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
17	global	1.60E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
18	global	1.70E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
19	global	1.80E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
20	global	1.90E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
21	global	2.00E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
22	global	2.10E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
23	global	2.20E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
24	global	2.30E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
25	global	2.40E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
26	global	2.50E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
27	global	2.60E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
28	global	2.70E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
29	global	2.80E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
30	global	2.90E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
31	global	3.00E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
32	global	3.10E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
33	global	3.20E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
34	global	3.30E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
35	global	3.40E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
36	global	3.50E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
37	global	3.60E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
38	global	3.70E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
39	global	3.80E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
40	global	3.90E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
41	global	4.00E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
42	global	4.10E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
43	global	4.20E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
44	global	4.30E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
45	global	4.40E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
46	global	4.50E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
47	global	4.60E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
48	global	4.70E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
49	global	4.80E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
50	global	4.90E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000

51 global 5.00E+0001 0.00E+0000 0.00E+0000

número de nós 51

r e s t r i ç õ e s n o d a i s

constante de mola

nó	código	transl. x	transl. y	rotação z
1	110	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000
26	010	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000
51	110	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000

número de nós com restrição 3

p r o p r i e d a d e s d o s e l e m e n t o s

barra	material	seção	nó inicial	nó final	comprimento
1	1	1	1	2	1.00E+0000
2	1	1	2	3	1.00E+0000
3	1	1	3	4	1.00E+0000
4	1	1	4	5	1.00E+0000
5	1	1	5	6	1.00E+0000
6	1	1	6	7	1.00E+0000
7	1	1	7	8	1.00E+0000
8	1	1	8	9	1.00E+0000
9	1	1	9	10	1.00E+0000
10	1	1	10	11	1.00E+0000
11	1	1	11	12	1.00E+0000
12	1	1	12	13	1.00E+0000
13	1	1	13	14	1.00E+0000
14	1	1	14	15	1.00E+0000
15	1	1	15	16	1.00E+0000
16	1	1	16	17	1.00E+0000
17	1	1	17	18	1.00E+0000
18	1	1	18	19	1.00E+0000
19	1	1	19	20	1.00E+0000
20	1	1	20	21	1.00E+0000
21	1	1	21	22	1.00E+0000
22	1	1	22	23	1.00E+0000
23	1	1	23	24	1.00E+0000
24	1	1	24	25	1.00E+0000
25	1	1	25	26	1.00E+0000
26	1	1	26	27	1.00E+0000
27	1	1	27	28	1.00E+0000
28	1	1	28	29	1.00E+0000
29	1	1	29	30	1.00E+0000
30	1	1	30	31	1.00E+0000
31	1	1	31	32	1.00E+0000
32	1	1	32	33	1.00E+0000
33	1	1	33	34	1.00E+0000
34	1	1	34	35	1.00E+0000
35	1	1	35	36	1.00E+0000
36	1	1	36	37	1.00E+0000
37	1	1	37	38	1.00E+0000
38	1	1	38	39	1.00E+0000
39	1	1	39	40	1.00E+0000
40	1	1	40	41	1.00E+0000
41	1	1	41	42	1.00E+0000
42	1	1	42	43	1.00E+0000

43	1	1	43	44	1.00E+0000
44	1	1	44	45	1.00E+0000
45	1	1	45	46	1.00E+0000
46	1	1	46	47	1.00E+0000
47	1	1	47	48	1.00E+0000
48	1	1	48	49	1.00E+0000
49	1	1	49	50	1.00E+0000
50	1	1	50	51	1.00E+0000

número de elementos 50

propriedades dos materiais

material : 1

M. Elasticidade	2.6E+0007
M. E. Transversal ...	1.0E+0007
C. Poisson	2.0E-0001
C. D. Térmica	1.0E-0004
P. Específico	0.00

número de tipos de material 1

propriedades das seções

tipo	área x	área y	inércia z
1	7.31E+0000	0.00E+0000	2.80E+0000

módulos de flexão

tipo	wz
1	1.00E+0000

número de tipos seções 1

sequência de tráfego

elemento -->	1 nó : inicial	2 nó : inicial	3 nó : inicial
	4 nó : inicial	5 nó : inicial	6 nó : inicial
	7 nó : inicial	8 nó : inicial	9 nó : inicial
	10 nó : inicial	11 nó : inicial	12 nó : inicial
	13 nó : inicial	14 nó : inicial	15 nó : inicial
	16 nó : inicial	17 nó : inicial	18 nó : inicial
	19 nó : inicial	20 nó : inicial	21 nó : inicial
	22 nó : inicial	23 nó : inicial	24 nó : inicial
	25 nó : inicial	26 nó : inicial	27 nó : inicial
	28 nó : inicial	29 nó : inicial	30 nó : inicial
	31 nó : inicial	32 nó : inicial	33 nó : inicial
	34 nó : inicial	35 nó : inicial	36 nó : inicial
	37 nó : inicial	38 nó : inicial	39 nó : inicial
	40 nó : inicial	41 nó : inicial	42 nó : inicial
	43 nó : inicial	44 nó : inicial	45 nó : inicial
	46 nó : inicial	47 nó : inicial	48 nó : inicial
	49 nó : inicial	50 nó : inicial	

número de elementos com tráfego..... 50

direção da força unitária (sistema global): -y

v a l o r e s	m á x i m o s	d e	e s f o r ç o
elemento		nó	esforço
1		I	MZ
2		I	MZ
3		I	MZ
4		I	MZ
5		I	MZ
6		I	MZ
7		I	MZ
8		I	MZ
9		I	MZ
10		I	MZ
11		I	MZ
12		I	MZ
13		I	MZ
14		I	MZ
15		I	MZ
16		I	MZ
17		I	MZ
18		I	MZ
19		I	MZ
20		I	MZ
21		I	MZ
22		I	MZ
23		I	MZ
24		I	MZ
25		I	MZ
26		I	MZ
27		I	MZ
28		I	MZ
29		I	MZ
30		I	MZ
31		I	MZ
32		I	MZ
33		I	MZ
34		I	MZ
35		I	MZ
36		I	MZ
37		I	MZ
38		I	MZ
39		I	MZ
40		I	MZ
41		I	MZ
42		I	MZ
43		I	MZ
44		I	MZ
45		I	MZ
46		I	MZ
47		I	MZ
48		I	MZ
49		I	MZ
50		I	MZ
50		F	MZ

c a r g a m ó v e l

```

trem tipo especial
número de cargas concentradas : 3
comprimento do veículo :    6.000
cargas concentradas
carga      distância ao início do veículo      valor
  1                1.500                147.000
  2                3.000                147.000
  3                4.500                147.000
cargas distribuidas
      mínima      máxima      no trecho do veículo
      89.850      89.850      89.850

```

r e s u l t a d o d a r e n u m e r a ç ã o n o d a l

```

perfil antes da renumeração : 101
perfil após a renumeração : 101

```

```

-----
*** M A T R I Z   D E   R I G I D E Z   ***
-----

```

matriz mbloco

```

=====

```

```

bloco     1             1             153             1

```

VETOR APONTADOR

```

=====

```

```

p(            1)=            1 p(            2)=            3 p(            3)=            6
p(            4)=            10 p(            5)=            15 p(            6)=            21
p(            7)=            25 p(            8)=            30 p(            9)=            36
p(           10)=            40 p(           11)=            45 p(           12)=            51
p(           13)=            55 p(           14)=            60 p(           15)=            66
p(           16)=            70 p(           17)=            75 p(           18)=            81
p(           19)=            85 p(           20)=            90 p(           21)=            96
p(           22)=           100 p(           23)=           105 p(           24)=           111
p(           25)=           115 p(           26)=           120 p(           27)=           126
p(           28)=           130 p(           29)=           135 p(           30)=           141
p(           31)=           145 p(           32)=           150 p(           33)=           156
p(           34)=           160 p(           35)=           165 p(           36)=           171
p(           37)=           175 p(           38)=           180 p(           39)=           186
p(           40)=           190 p(           41)=           195 p(           42)=           201
p(           43)=           205 p(           44)=           210 p(           45)=           216
p(           46)=           220 p(           47)=           225 p(           48)=           231
p(           49)=           235 p(           50)=           240 p(           51)=           246
p(           52)=           250 p(           53)=           255 p(           54)=           261
p(           55)=           265 p(           56)=           270 p(           57)=           276
p(           58)=           280 p(           59)=           285 p(           60)=           291
p(           61)=           295 p(           62)=           300 p(           63)=           306
p(           64)=           310 p(           65)=           315 p(           66)=           321
p(           67)=           325 p(           68)=           330 p(           69)=           336
p(           70)=           340 p(           71)=           345 p(           72)=           351
p(           73)=           355 p(           74)=           360 p(           75)=           366
p(           76)=           370 p(           77)=           375 p(           78)=           381

```


p(79)=	385	p(80)=	390	p(81)=	396
p(82)=	400	p(83)=	405	p(84)=	411
p(85)=	415	p(86)=	420	p(87)=	426
p(88)=	430	p(89)=	435	p(90)=	441
p(91)=	445	p(92)=	450	p(93)=	456
p(94)=	460	p(95)=	465	p(96)=	471
p(97)=	475	p(98)=	480	p(99)=	486
p(100)=	490	p(101)=	495	p(102)=	501
p(103)=	505	p(104)=	510	p(105)=	516
p(106)=	520	p(107)=	525	p(108)=	531
p(109)=	535	p(110)=	540	p(111)=	546
p(112)=	550	p(113)=	555	p(114)=	561
p(115)=	565	p(116)=	570	p(117)=	576
p(118)=	580	p(119)=	585	p(120)=	591
p(121)=	595	p(122)=	600	p(123)=	606
p(124)=	610	p(125)=	615	p(126)=	621
p(127)=	625	p(128)=	630	p(129)=	636
p(130)=	640	p(131)=	645	p(132)=	651
p(133)=	655	p(134)=	660	p(135)=	666
p(136)=	670	p(137)=	675	p(138)=	681
p(139)=	685	p(140)=	690	p(141)=	696
p(142)=	700	p(143)=	705	p(144)=	711
p(145)=	715	p(146)=	720	p(147)=	726
p(148)=	730	p(149)=	735	p(150)=	741
p(151)=	745	p(152)=	750	p(153)=	756

MATRIZ DE RIGIDEZ

=====

bloco 1 :

a(1)=	8.9E+0033	a(2)=	0.0E+0000	a(3)=	8.9E+0033
a(4)=	0.0E+0000	a(5)=	4.4E+0008	a(6)=	2.9E+0008
a(7)=	-1.9E+0008	a(8)=	0.0E+0000	a(9)=	0.0E+0000
a(10)=	3.8E+0008	a(11)=	0.0E+0000	a(12)=	-8.8E+0008
a(13)=	-4.4E+0008	a(14)=	0.0E+0000	a(15)=	1.8E+0009
a(16)=	0.0E+0000	a(17)=	4.4E+0008	a(18)=	1.5E+0008
a(19)=	0.0E+0000	a(20)=	0.0E+0000	a(21)=	5.8E+0008
a(22)=	-1.9E+0008	a(23)=	0.0E+0000	a(24)=	0.0E+0000
a(25)=	3.8E+0008	a(26)=	0.0E+0000	a(27)=	-8.8E+0008
a(28)=	-4.4E+0008	a(29)=	0.0E+0000	a(30)=	1.8E+0009
a(31)=	0.0E+0000	a(32)=	4.4E+0008	a(33)=	1.5E+0008
a(34)=	0.0E+0000	a(35)=	0.0E+0000	a(36)=	5.8E+0008
a(37)=	-1.9E+0008	a(38)=	0.0E+0000	a(39)=	0.0E+0000
a(40)=	3.8E+0008	a(41)=	0.0E+0000	a(42)=	-8.8E+0008
a(43)=	-4.4E+0008	a(44)=	0.0E+0000	a(45)=	1.8E+0009
a(46)=	0.0E+0000	a(47)=	4.4E+0008	a(48)=	1.5E+0008
a(49)=	0.0E+0000	a(50)=	0.0E+0000	a(51)=	5.8E+0008
a(52)=	-1.9E+0008	a(53)=	0.0E+0000	a(54)=	0.0E+0000
a(55)=	3.8E+0008	a(56)=	0.0E+0000	a(57)=	-8.8E+0008
a(58)=	-4.4E+0008	a(59)=	0.0E+0000	a(60)=	1.8E+0009
a(61)=	0.0E+0000	a(62)=	4.4E+0008	a(63)=	1.5E+0008
a(64)=	0.0E+0000	a(65)=	0.0E+0000	a(66)=	5.8E+0008
a(67)=	-1.9E+0008	a(68)=	0.0E+0000	a(69)=	0.0E+0000
a(70)=	3.8E+0008	a(71)=	0.0E+0000	a(72)=	-8.8E+0008
a(73)=	-4.4E+0008	a(74)=	0.0E+0000	a(75)=	1.8E+0009
a(76)=	0.0E+0000	a(77)=	4.4E+0008	a(78)=	1.5E+0008
a(79)=	0.0E+0000	a(80)=	0.0E+0000	a(81)=	5.8E+0008
a(82)=	-1.9E+0008	a(83)=	0.0E+0000	a(84)=	0.0E+0000

a (85)= 3.8E+0008 a (86)= 0.0E+0000 a (87)= -8.8E+0008
a (88)= -4.4E+0008 a (89)= 0.0E+0000 a (90)= 1.8E+0009
a (91)= 0.0E+0000 a (92)= 4.4E+0008 a (93)= 1.5E+0008
a (94)= 0.0E+0000 a (95)= 0.0E+0000 a (96)= 5.8E+0008
a (97)= -1.9E+0008 a (98)= 0.0E+0000 a (99)= 0.0E+0000
a (100)= 3.8E+0008 a (101)= 0.0E+0000 a (102)= -8.8E+0008
a (103)= -4.4E+0008 a (104)= 0.0E+0000 a (105)= 1.8E+0009
a (106)= 0.0E+0000 a (107)= 4.4E+0008 a (108)= 1.5E+0008
a (109)= 0.0E+0000 a (110)= 0.0E+0000 a (111)= 5.8E+0008
a (112)= -1.9E+0008 a (113)= 0.0E+0000 a (114)= 0.0E+0000
a (115)= 3.8E+0008 a (116)= 0.0E+0000 a (117)= -8.8E+0008
a (118)= -4.4E+0008 a (119)= 0.0E+0000 a (120)= 1.8E+0009
a (121)= 0.0E+0000 a (122)= 4.4E+0008 a (123)= 1.5E+0008
a (124)= 0.0E+0000 a (125)= 0.0E+0000 a (126)= 5.8E+0008
a (127)= -1.9E+0008 a (128)= 0.0E+0000 a (129)= 0.0E+0000
a (130)= 3.8E+0008 a (131)= 0.0E+0000 a (132)= -8.8E+0008
a (133)= -4.4E+0008 a (134)= 0.0E+0000 a (135)= 1.8E+0009
a (136)= 0.0E+0000 a (137)= 4.4E+0008 a (138)= 1.5E+0008
a (139)= 0.0E+0000 a (140)= 0.0E+0000 a (141)= 5.8E+0008
a (142)= -1.9E+0008 a (143)= 0.0E+0000 a (144)= 0.0E+0000
a (145)= 3.8E+0008 a (146)= 0.0E+0000 a (147)= -8.8E+0008
a (148)= -4.4E+0008 a (149)= 0.0E+0000 a (150)= 1.8E+0009
a (151)= 0.0E+0000 a (152)= 4.4E+0008 a (153)= 1.5E+0008
a (154)= 0.0E+0000 a (155)= 0.0E+0000 a (156)= 5.8E+0008
a (157)= -1.9E+0008 a (158)= 0.0E+0000 a (159)= 0.0E+0000
a (160)= 3.8E+0008 a (161)= 0.0E+0000 a (162)= -8.8E+0008
a (163)= -4.4E+0008 a (164)= 0.0E+0000 a (165)= 1.8E+0009
a (166)= 0.0E+0000 a (167)= 4.4E+0008 a (168)= 1.5E+0008
a (169)= 0.0E+0000 a (170)= 0.0E+0000 a (171)= 5.8E+0008
a (172)= -1.9E+0008 a (173)= 0.0E+0000 a (174)= 0.0E+0000
a (175)= 3.8E+0008 a (176)= 0.0E+0000 a (177)= -8.8E+0008
a (178)= -4.4E+0008 a (179)= 0.0E+0000 a (180)= 1.8E+0009
a (181)= 0.0E+0000 a (182)= 4.4E+0008 a (183)= 1.5E+0008
a (184)= 0.0E+0000 a (185)= 0.0E+0000 a (186)= 5.8E+0008
a (187)= -1.9E+0008 a (188)= 0.0E+0000 a (189)= 0.0E+0000
a (190)= 3.8E+0008 a (191)= 0.0E+0000 a (192)= -8.8E+0008
a (193)= -4.4E+0008 a (194)= 0.0E+0000 a (195)= 1.8E+0009
a (196)= 0.0E+0000 a (197)= 4.4E+0008 a (198)= 1.5E+0008
a (199)= 0.0E+0000 a (200)= 0.0E+0000 a (201)= 5.8E+0008
a (202)= -1.9E+0008 a (203)= 0.0E+0000 a (204)= 0.0E+0000
a (205)= 3.8E+0008 a (206)= 0.0E+0000 a (207)= -8.8E+0008
a (208)= -4.4E+0008 a (209)= 0.0E+0000 a (210)= 1.8E+0009
a (211)= 0.0E+0000 a (212)= 4.4E+0008 a (213)= 1.5E+0008
a (214)= 0.0E+0000 a (215)= 0.0E+0000 a (216)= 5.8E+0008
a (217)= -1.9E+0008 a (218)= 0.0E+0000 a (219)= 0.0E+0000
a (220)= 3.8E+0008 a (221)= 0.0E+0000 a (222)= -8.8E+0008
a (223)= -4.4E+0008 a (224)= 0.0E+0000 a (225)= 1.8E+0009
a (226)= 0.0E+0000 a (227)= 4.4E+0008 a (228)= 1.5E+0008
a (229)= 0.0E+0000 a (230)= 0.0E+0000 a (231)= 5.8E+0008
a (232)= -1.9E+0008 a (233)= 0.0E+0000 a (234)= 0.0E+0000
a (235)= 3.8E+0008 a (236)= 0.0E+0000 a (237)= -8.8E+0008
a (238)= -4.4E+0008 a (239)= 0.0E+0000 a (240)= 1.8E+0009
a (241)= 0.0E+0000 a (242)= 4.4E+0008 a (243)= 1.5E+0008
a (244)= 0.0E+0000 a (245)= 0.0E+0000 a (246)= 5.8E+0008
a (247)= -1.9E+0008 a (248)= 0.0E+0000 a (249)= 0.0E+0000
a (250)= 3.8E+0008 a (251)= 0.0E+0000 a (252)= -8.8E+0008
a (253)= -4.4E+0008 a (254)= 0.0E+0000 a (255)= 1.8E+0009

a (256)= 0.0E+0000 a (257)= 4.4E+0008 a (258)= 1.5E+0008
a (259)= 0.0E+0000 a (260)= 0.0E+0000 a (261)= 5.8E+0008
a (262)= -1.9E+0008 a (263)= 0.0E+0000 a (264)= 0.0E+0000
a (265)= 3.8E+0008 a (266)= 0.0E+0000 a (267)= -8.8E+0008
a (268)= -4.4E+0008 a (269)= 0.0E+0000 a (270)= 1.8E+0009
a (271)= 0.0E+0000 a (272)= 4.4E+0008 a (273)= 1.5E+0008
a (274)= 0.0E+0000 a (275)= 0.0E+0000 a (276)= 5.8E+0008
a (277)= -1.9E+0008 a (278)= 0.0E+0000 a (279)= 0.0E+0000
a (280)= 3.8E+0008 a (281)= 0.0E+0000 a (282)= -8.8E+0008
a (283)= -4.4E+0008 a (284)= 0.0E+0000 a (285)= 1.8E+0009
a (286)= 0.0E+0000 a (287)= 4.4E+0008 a (288)= 1.5E+0008
a (289)= 0.0E+0000 a (290)= 0.0E+0000 a (291)= 5.8E+0008
a (292)= -1.9E+0008 a (293)= 0.0E+0000 a (294)= 0.0E+0000
a (295)= 3.8E+0008 a (296)= 0.0E+0000 a (297)= -8.8E+0008
a (298)= -4.4E+0008 a (299)= 0.0E+0000 a (300)= 1.8E+0009
a (301)= 0.0E+0000 a (302)= 4.4E+0008 a (303)= 1.5E+0008
a (304)= 0.0E+0000 a (305)= 0.0E+0000 a (306)= 5.8E+0008
a (307)= -1.9E+0008 a (308)= 0.0E+0000 a (309)= 0.0E+0000
a (310)= 3.8E+0008 a (311)= 0.0E+0000 a (312)= -8.8E+0008
a (313)= -4.4E+0008 a (314)= 0.0E+0000 a (315)= 1.8E+0009
a (316)= 0.0E+0000 a (317)= 4.4E+0008 a (318)= 1.5E+0008
a (319)= 0.0E+0000 a (320)= 0.0E+0000 a (321)= 5.8E+0008
a (322)= -1.9E+0008 a (323)= 0.0E+0000 a (324)= 0.0E+0000
a (325)= 3.8E+0008 a (326)= 0.0E+0000 a (327)= -8.8E+0008
a (328)= -4.4E+0008 a (329)= 0.0E+0000 a (330)= 1.8E+0009
a (331)= 0.0E+0000 a (332)= 4.4E+0008 a (333)= 1.5E+0008
a (334)= 0.0E+0000 a (335)= 0.0E+0000 a (336)= 5.8E+0008
a (337)= -1.9E+0008 a (338)= 0.0E+0000 a (339)= 0.0E+0000
a (340)= 3.8E+0008 a (341)= 0.0E+0000 a (342)= -8.8E+0008
a (343)= -4.4E+0008 a (344)= 0.0E+0000 a (345)= 1.8E+0009
a (346)= 0.0E+0000 a (347)= 4.4E+0008 a (348)= 1.5E+0008
a (349)= 0.0E+0000 a (350)= 0.0E+0000 a (351)= 5.8E+0008
a (352)= -1.9E+0008 a (353)= 0.0E+0000 a (354)= 0.0E+0000
a (355)= 3.8E+0008 a (356)= 0.0E+0000 a (357)= -8.8E+0008
a (358)= -4.4E+0008 a (359)= 0.0E+0000 a (360)= 1.8E+0009
a (361)= 0.0E+0000 a (362)= 4.4E+0008 a (363)= 1.5E+0008
a (364)= 0.0E+0000 a (365)= 0.0E+0000 a (366)= 5.8E+0008
a (367)= -1.9E+0008 a (368)= 0.0E+0000 a (369)= 0.0E+0000
a (370)= 3.8E+0008 a (371)= 0.0E+0000 a (372)= -8.8E+0008
a (373)= -4.4E+0008 a (374)= 0.0E+0000 a (375)= 8.9E+0033
a (376)= 0.0E+0000 a (377)= 4.4E+0008 a (378)= 1.5E+0008
a (379)= 0.0E+0000 a (380)= 0.0E+0000 a (381)= 5.8E+0008
a (382)= -1.9E+0008 a (383)= 0.0E+0000 a (384)= 0.0E+0000
a (385)= 3.8E+0008 a (386)= 0.0E+0000 a (387)= -8.8E+0008
a (388)= -4.4E+0008 a (389)= 0.0E+0000 a (390)= 1.8E+0009
a (391)= 0.0E+0000 a (392)= 4.4E+0008 a (393)= 1.5E+0008
a (394)= 0.0E+0000 a (395)= 0.0E+0000 a (396)= 5.8E+0008
a (397)= -1.9E+0008 a (398)= 0.0E+0000 a (399)= 0.0E+0000
a (400)= 3.8E+0008 a (401)= 0.0E+0000 a (402)= -8.8E+0008
a (403)= -4.4E+0008 a (404)= 0.0E+0000 a (405)= 1.8E+0009
a (406)= 0.0E+0000 a (407)= 4.4E+0008 a (408)= 1.5E+0008
a (409)= 0.0E+0000 a (410)= 0.0E+0000 a (411)= 5.8E+0008
a (412)= -1.9E+0008 a (413)= 0.0E+0000 a (414)= 0.0E+0000
a (415)= 3.8E+0008 a (416)= 0.0E+0000 a (417)= -8.8E+0008
a (418)= -4.4E+0008 a (419)= 0.0E+0000 a (420)= 1.8E+0009
a (421)= 0.0E+0000 a (422)= 4.4E+0008 a (423)= 1.5E+0008
a (424)= 0.0E+0000 a (425)= 0.0E+0000 a (426)= 5.8E+0008

a (427) = -1.9E+0008 a (428) = 0.0E+0000 a (429) = 0.0E+0000
a (430) = 3.8E+0008 a (431) = 0.0E+0000 a (432) = -8.8E+0008
a (433) = -4.4E+0008 a (434) = 0.0E+0000 a (435) = 1.8E+0009
a (436) = 0.0E+0000 a (437) = 4.4E+0008 a (438) = 1.5E+0008
a (439) = 0.0E+0000 a (440) = 0.0E+0000 a (441) = 5.8E+0008
a (442) = -1.9E+0008 a (443) = 0.0E+0000 a (444) = 0.0E+0000
a (445) = 3.8E+0008 a (446) = 0.0E+0000 a (447) = -8.8E+0008
a (448) = -4.4E+0008 a (449) = 0.0E+0000 a (450) = 1.8E+0009
a (451) = 0.0E+0000 a (452) = 4.4E+0008 a (453) = 1.5E+0008
a (454) = 0.0E+0000 a (455) = 0.0E+0000 a (456) = 5.8E+0008
a (457) = -1.9E+0008 a (458) = 0.0E+0000 a (459) = 0.0E+0000
a (460) = 3.8E+0008 a (461) = 0.0E+0000 a (462) = -8.8E+0008
a (463) = -4.4E+0008 a (464) = 0.0E+0000 a (465) = 1.8E+0009
a (466) = 0.0E+0000 a (467) = 4.4E+0008 a (468) = 1.5E+0008
a (469) = 0.0E+0000 a (470) = 0.0E+0000 a (471) = 5.8E+0008
a (472) = -1.9E+0008 a (473) = 0.0E+0000 a (474) = 0.0E+0000
a (475) = 3.8E+0008 a (476) = 0.0E+0000 a (477) = -8.8E+0008
a (478) = -4.4E+0008 a (479) = 0.0E+0000 a (480) = 1.8E+0009
a (481) = 0.0E+0000 a (482) = 4.4E+0008 a (483) = 1.5E+0008
a (484) = 0.0E+0000 a (485) = 0.0E+0000 a (486) = 5.8E+0008
a (487) = -1.9E+0008 a (488) = 0.0E+0000 a (489) = 0.0E+0000
a (490) = 3.8E+0008 a (491) = 0.0E+0000 a (492) = -8.8E+0008
a (493) = -4.4E+0008 a (494) = 0.0E+0000 a (495) = 1.8E+0009
a (496) = 0.0E+0000 a (497) = 4.4E+0008 a (498) = 1.5E+0008
a (499) = 0.0E+0000 a (500) = 0.0E+0000 a (501) = 5.8E+0008
a (502) = -1.9E+0008 a (503) = 0.0E+0000 a (504) = 0.0E+0000
a (505) = 3.8E+0008 a (506) = 0.0E+0000 a (507) = -8.8E+0008
a (508) = -4.4E+0008 a (509) = 0.0E+0000 a (510) = 1.8E+0009
a (511) = 0.0E+0000 a (512) = 4.4E+0008 a (513) = 1.5E+0008
a (514) = 0.0E+0000 a (515) = 0.0E+0000 a (516) = 5.8E+0008
a (517) = -1.9E+0008 a (518) = 0.0E+0000 a (519) = 0.0E+0000
a (520) = 3.8E+0008 a (521) = 0.0E+0000 a (522) = -8.8E+0008
a (523) = -4.4E+0008 a (524) = 0.0E+0000 a (525) = 1.8E+0009
a (526) = 0.0E+0000 a (527) = 4.4E+0008 a (528) = 1.5E+0008
a (529) = 0.0E+0000 a (530) = 0.0E+0000 a (531) = 5.8E+0008
a (532) = -1.9E+0008 a (533) = 0.0E+0000 a (534) = 0.0E+0000
a (535) = 3.8E+0008 a (536) = 0.0E+0000 a (537) = -8.8E+0008
a (538) = -4.4E+0008 a (539) = 0.0E+0000 a (540) = 1.8E+0009
a (541) = 0.0E+0000 a (542) = 4.4E+0008 a (543) = 1.5E+0008
a (544) = 0.0E+0000 a (545) = 0.0E+0000 a (546) = 5.8E+0008
a (547) = -1.9E+0008 a (548) = 0.0E+0000 a (549) = 0.0E+0000
a (550) = 3.8E+0008 a (551) = 0.0E+0000 a (552) = -8.8E+0008
a (553) = -4.4E+0008 a (554) = 0.0E+0000 a (555) = 1.8E+0009
a (556) = 0.0E+0000 a (557) = 4.4E+0008 a (558) = 1.5E+0008
a (559) = 0.0E+0000 a (560) = 0.0E+0000 a (561) = 5.8E+0008
a (562) = -1.9E+0008 a (563) = 0.0E+0000 a (564) = 0.0E+0000
a (565) = 3.8E+0008 a (566) = 0.0E+0000 a (567) = -8.8E+0008
a (568) = -4.4E+0008 a (569) = 0.0E+0000 a (570) = 1.8E+0009
a (571) = 0.0E+0000 a (572) = 4.4E+0008 a (573) = 1.5E+0008
a (574) = 0.0E+0000 a (575) = 0.0E+0000 a (576) = 5.8E+0008
a (577) = -1.9E+0008 a (578) = 0.0E+0000 a (579) = 0.0E+0000
a (580) = 3.8E+0008 a (581) = 0.0E+0000 a (582) = -8.8E+0008
a (583) = -4.4E+0008 a (584) = 0.0E+0000 a (585) = 1.8E+0009
a (586) = 0.0E+0000 a (587) = 4.4E+0008 a (588) = 1.5E+0008
a (589) = 0.0E+0000 a (590) = 0.0E+0000 a (591) = 5.8E+0008
a (592) = -1.9E+0008 a (593) = 0.0E+0000 a (594) = 0.0E+0000
a (595) = 3.8E+0008 a (596) = 0.0E+0000 a (597) = -8.8E+0008

```

a( 598)= -4.4E+0008 a( 599)= 0.0E+0000 a( 600)= 1.8E+0009
a( 601)= 0.0E+0000 a( 602)= 4.4E+0008 a( 603)= 1.5E+0008
a( 604)= 0.0E+0000 a( 605)= 0.0E+0000 a( 606)= 5.8E+0008
a( 607)= -1.9E+0008 a( 608)= 0.0E+0000 a( 609)= 0.0E+0000
a( 610)= 3.8E+0008 a( 611)= 0.0E+0000 a( 612)= -8.8E+0008
a( 613)= -4.4E+0008 a( 614)= 0.0E+0000 a( 615)= 1.8E+0009
a( 616)= 0.0E+0000 a( 617)= 4.4E+0008 a( 618)= 1.5E+0008
a( 619)= 0.0E+0000 a( 620)= 0.0E+0000 a( 621)= 5.8E+0008
a( 622)= -1.9E+0008 a( 623)= 0.0E+0000 a( 624)= 0.0E+0000
a( 625)= 3.8E+0008 a( 626)= 0.0E+0000 a( 627)= -8.8E+0008
a( 628)= -4.4E+0008 a( 629)= 0.0E+0000 a( 630)= 1.8E+0009
a( 631)= 0.0E+0000 a( 632)= 4.4E+0008 a( 633)= 1.5E+0008
a( 634)= 0.0E+0000 a( 635)= 0.0E+0000 a( 636)= 5.8E+0008
a( 637)= -1.9E+0008 a( 638)= 0.0E+0000 a( 639)= 0.0E+0000
a( 640)= 3.8E+0008 a( 641)= 0.0E+0000 a( 642)= -8.8E+0008
a( 643)= -4.4E+0008 a( 644)= 0.0E+0000 a( 645)= 1.8E+0009
a( 646)= 0.0E+0000 a( 647)= 4.4E+0008 a( 648)= 1.5E+0008
a( 649)= 0.0E+0000 a( 650)= 0.0E+0000 a( 651)= 5.8E+0008
a( 652)= -1.9E+0008 a( 653)= 0.0E+0000 a( 654)= 0.0E+0000
a( 655)= 3.8E+0008 a( 656)= 0.0E+0000 a( 657)= -8.8E+0008
a( 658)= -4.4E+0008 a( 659)= 0.0E+0000 a( 660)= 1.8E+0009
a( 661)= 0.0E+0000 a( 662)= 4.4E+0008 a( 663)= 1.5E+0008
a( 664)= 0.0E+0000 a( 665)= 0.0E+0000 a( 666)= 5.8E+0008
a( 667)= -1.9E+0008 a( 668)= 0.0E+0000 a( 669)= 0.0E+0000
a( 670)= 3.8E+0008 a( 671)= 0.0E+0000 a( 672)= -8.8E+0008
a( 673)= -4.4E+0008 a( 674)= 0.0E+0000 a( 675)= 1.8E+0009
a( 676)= 0.0E+0000 a( 677)= 4.4E+0008 a( 678)= 1.5E+0008
a( 679)= 0.0E+0000 a( 680)= 0.0E+0000 a( 681)= 5.8E+0008
a( 682)= -1.9E+0008 a( 683)= 0.0E+0000 a( 684)= 0.0E+0000
a( 685)= 3.8E+0008 a( 686)= 0.0E+0000 a( 687)= -8.8E+0008
a( 688)= -4.4E+0008 a( 689)= 0.0E+0000 a( 690)= 1.8E+0009
a( 691)= 0.0E+0000 a( 692)= 4.4E+0008 a( 693)= 1.5E+0008
a( 694)= 0.0E+0000 a( 695)= 0.0E+0000 a( 696)= 5.8E+0008
a( 697)= -1.9E+0008 a( 698)= 0.0E+0000 a( 699)= 0.0E+0000
a( 700)= 3.8E+0008 a( 701)= 0.0E+0000 a( 702)= -8.8E+0008
a( 703)= -4.4E+0008 a( 704)= 0.0E+0000 a( 705)= 1.8E+0009
a( 706)= 0.0E+0000 a( 707)= 4.4E+0008 a( 708)= 1.5E+0008
a( 709)= 0.0E+0000 a( 710)= 0.0E+0000 a( 711)= 5.8E+0008
a( 712)= -1.9E+0008 a( 713)= 0.0E+0000 a( 714)= 0.0E+0000
a( 715)= 3.8E+0008 a( 716)= 0.0E+0000 a( 717)= -8.8E+0008
a( 718)= -4.4E+0008 a( 719)= 0.0E+0000 a( 720)= 1.8E+0009
a( 721)= 0.0E+0000 a( 722)= 4.4E+0008 a( 723)= 1.5E+0008
a( 724)= 0.0E+0000 a( 725)= 0.0E+0000 a( 726)= 5.8E+0008
a( 727)= -1.9E+0008 a( 728)= 0.0E+0000 a( 729)= 0.0E+0000
a( 730)= 3.8E+0008 a( 731)= 0.0E+0000 a( 732)= -8.8E+0008
a( 733)= -4.4E+0008 a( 734)= 0.0E+0000 a( 735)= 1.8E+0009
a( 736)= 0.0E+0000 a( 737)= 4.4E+0008 a( 738)= 1.5E+0008
a( 739)= 0.0E+0000 a( 740)= 0.0E+0000 a( 741)= 5.8E+0008
a( 742)= -1.9E+0008 a( 743)= 0.0E+0000 a( 744)= 0.0E+0000
a( 745)= 8.9E+0033 a( 746)= 0.0E+0000 a( 747)= -8.8E+0008
a( 748)= -4.4E+0008 a( 749)= 0.0E+0000 a( 750)= 8.9E+0033
a( 751)= 0.0E+0000 a( 752)= 4.4E+0008 a( 753)= 1.5E+0008
a( 754)= 0.0E+0000 a( 755)= -4.4E+0008 a( 756)= 2.9E+0008

```

*** F I M M A T R I Z D E R I G I D E Z ***

v a l o r e s m á x i m o s

metodologia : INCREMENTAL número de divisões por barra: 100

v a l o r e s m á x i m o s d e e s f o r ç o								
(no sistema local do elemento)								
barra	esforço	nó	força normal	cortante y	cortante z	momento de torção	momento fletor y	momento fletor z
z								
1	MZ	I	0.00	-41.95	0.00	0.00	0.00	-0.00
			0.00	237.89	0.00	0.00	0.00	-0.00
2	MZ	I	0.00	711.00	0.00	0.00	0.00	-755.92
			0.00	992.01	0.00	0.00	0.00	-1183.94
3	MZ	I	0.00	621.15	0.00	0.00	0.00	-1421.99
			0.00	880.34	0.00	0.00	0.00	-2234.38
4	MZ	I	0.00	531.30	0.00	0.00	0.00	-1998.21
			0.00	768.81	0.00	0.00	0.00	-3151.76
5	MZ	I	0.00	441.45	0.00	0.00	0.00	-2484.58
			0.00	657.48	0.00	0.00	0.00	-3936.71
6	MZ	I	0.00	351.60	0.00	0.00	0.00	-2881.10
			0.00	546.37	0.00	0.00	0.00	-4589.99
7	MZ	I	0.00	261.75	0.00	0.00	0.00	-3187.77
			0.00	435.55	0.00	0.00	0.00	-5112.58
8	MZ	I	0.00	171.90	0.00	0.00	0.00	-3404.59
			0.00	325.04	0.00	0.00	0.00	-5505.58
9	MZ	I	0.00	82.05	0.00	0.00	0.00	-3531.56
			0.00	98.49	0.00	0.00	0.00	-5794.60
10	MZ	I	0.00	-7.80	0.00	0.00	0.00	-3568.68
			0.00	-11.85	0.00	0.00	0.00	-5957.81
11	MZ	I	0.00	-97.65	0.00	0.00	0.00	-3515.95
			0.00	-121.80	0.00	0.00	0.00	-5994.02
12	MZ	I	0.00	-187.50	0.00	0.00	0.00	-3373.37
			0.00	-231.33	0.00	0.00	0.00	-5904.82
13	MZ	I	0.00	-277.35	0.00	0.00	0.00	-3140.94
			0.00	-340.39	0.00	0.00	0.00	-5692.01
14	MZ	I	0.00	-367.20	0.00	0.00	0.00	-2818.66
			0.00	-448.95	0.00	0.00	0.00	-5357.52
15	MZ	I	0.00	-457.05	0.00	0.00	0.00	-2406.53
			0.00	-556.95	0.00	0.00	0.00	-4903.48
16	MZ	I	0.00	-546.90	0.00	0.00	0.00	-1904.55
			0.00	-664.36	0.00	0.00	0.00	-4332.17
17	MZ	I	0.00	-636.75	0.00	0.00	0.00	-1312.72
			0.00	-771.14	0.00	0.00	0.00	-3646.04
18	MZ	I	0.00	-726.60	0.00	0.00	0.00	-631.04
			0.00	-877.24	0.00	0.00	0.00	-2847.73
19	MZ	I	0.00	-816.45	0.00	0.00	0.00	140.49
			0.00	-982.62	0.00	0.00	0.00	-1940.02
20	MZ	I	0.00	-906.30	0.00	0.00	0.00	1001.87
			0.00	-1087.24	0.00	0.00	0.00	-925.87
21	MZ	I	0.00	-996.15	0.00	0.00	0.00	1953.10
			0.00	-1191.05	0.00	0.00	0.00	191.57
22	MZ	I	0.00	-1086.00	0.00	0.00	0.00	2994.18
			0.00	-1294.02	0.00	0.00	0.00	1409.01
23	MZ	I	0.00	-1175.85	0.00	0.00	0.00	4125.11
			0.00	-1396.10	0.00	0.00	0.00	2722.97
24	MZ	I	0.00	-1265.70	0.00	0.00	0.00	5345.89
			0.00	-1497.25	0.00	0.00	0.00	4129.81

25	MZ	I	0.00	-1355.55	0.00	0.00	0.00	6656.52
			0.00	-1597.42	0.00	0.00	0.00	5625.79
26	MZ	I	0.00	1701.18	0.00	0.00	0.00	8057.00
			0.00	1403.46	0.00	0.00	0.00	7008.30
27	MZ	I	0.00	1355.55	0.00	0.00	0.00	6656.52
			0.00	1597.42	0.00	0.00	0.00	5625.79
28	MZ	I	0.00	1265.70	0.00	0.00	0.00	5345.89
			0.00	1497.25	0.00	0.00	0.00	4129.81
29	MZ	I	0.00	1175.85	0.00	0.00	0.00	4125.11
			0.00	1396.10	0.00	0.00	0.00	2722.97
30	MZ	I	0.00	1086.00	0.00	0.00	0.00	2994.18
			0.00	1294.02	0.00	0.00	0.00	1409.01
31	MZ	I	0.00	996.15	0.00	0.00	0.00	1953.10
			0.00	1191.05	0.00	0.00	0.00	191.57
32	MZ	I	0.00	906.30	0.00	0.00	0.00	1001.87
			0.00	1087.24	0.00	0.00	0.00	-925.87
33	MZ	I	0.00	816.45	0.00	0.00	0.00	140.49
			0.00	982.62	0.00	0.00	0.00	-1940.02
34	MZ	I	0.00	726.60	0.00	0.00	0.00	-631.04
			0.00	877.24	0.00	0.00	0.00	-2847.73
35	MZ	I	0.00	636.75	0.00	0.00	0.00	-1312.72
			0.00	771.14	0.00	0.00	0.00	-3646.04
36	MZ	I	0.00	546.90	0.00	0.00	0.00	-1904.55
			0.00	664.36	0.00	0.00	0.00	-4332.17
37	MZ	I	0.00	457.05	0.00	0.00	0.00	-2406.53
			0.00	556.95	0.00	0.00	0.00	-4903.48
38	MZ	I	0.00	367.20	0.00	0.00	0.00	-2818.66
			0.00	301.95	0.00	0.00	0.00	-5357.52
39	MZ	I	0.00	277.35	0.00	0.00	0.00	-3140.94
			0.00	193.39	0.00	0.00	0.00	-5692.01
40	MZ	I	0.00	187.50	0.00	0.00	0.00	-3373.37
			0.00	84.33	0.00	0.00	0.00	-5904.82
41	MZ	I	0.00	97.65	0.00	0.00	0.00	-3515.95
			0.00	-25.20	0.00	0.00	0.00	-5994.02
42	MZ	I	0.00	7.80	0.00	0.00	0.00	-3568.68
			0.00	-135.15	0.00	0.00	0.00	-5957.81
43	MZ	I	0.00	-82.05	0.00	0.00	0.00	-3531.56
			0.00	-245.49	0.00	0.00	0.00	-5794.60
44	MZ	I	0.00	-171.90	0.00	0.00	0.00	-3404.59
			0.00	-472.04	0.00	0.00	0.00	-5505.58
45	MZ	I	0.00	-261.75	0.00	0.00	0.00	-3187.77
			0.00	-582.55	0.00	0.00	0.00	-5112.58
46	MZ	I	0.00	-351.60	0.00	0.00	0.00	-2881.10
			0.00	-693.37	0.00	0.00	0.00	-4589.99
47	MZ	I	0.00	-441.45	0.00	0.00	0.00	-2484.58
			0.00	-804.48	0.00	0.00	0.00	-3936.71
48	MZ	I	0.00	-531.30	0.00	0.00	0.00	-1998.21
			0.00	-915.81	0.00	0.00	0.00	-3151.76
49	MZ	I	0.00	-621.15	0.00	0.00	0.00	-1421.99
			0.00	-1027.34	0.00	0.00	0.00	-2234.38
50	MZ	I	0.00	-711.00	0.00	0.00	0.00	-755.92
			0.00	-1139.01	0.00	0.00	0.00	-1183.94
50	MZ	F	0.00	237.89	0.00	0.00	0.00	0.00
			0.00	-41.95	0.00	0.00	0.00	0.00

Fim Do Programa

ANEXO A3 –Entrada/Saída do Software SALT 9.0 devido ao Carregamento de Vento de Sobrepressão

DADOS DE ENTRADA

portico plano Ponte sobre o Canal Virgem Santa - Macae/RJ

UNIDADES kN m
 coordenadas dos nos
 1 0.0000 0.0000 50 1 1 0

0

condicoes de contorno

 1 110

 26 010

 51 110

0

tipos de material

 1 26071590.0000 0.2000 0.0001000000 0.0000

0

tipos de secao

 1 7.310E+0000 0.000E+0000 2.800E-000

0

propriedades dos elementos

 1 1 2 1 1 49 1 1

0

numero de carregamentos 1

carregamento 1

cargas nos elementos

1 U 0.000 1.000 WYA -3.46 g 49 1

0

fim

DADOS DE SAIDA

SALT - Marca Registrada da UFRJ

SALTE - análise estática linear - versão 9.00

TÍTULO : Ponte sobre o Canal Virgem Santa - Macae/RJ

 DATA : 3/6/2005(sexta-feira)

HORA : 21:51:12

ARQUIVO DE DADOS : carga de vento de sobrepressão (iap-1998).slt

TIPO DA ESTRUTURA : pórtico plano

U n i d a d e s U t i l i z a d a s
 força : quiloNewton.
 comprimento : metro.

nó	c o o r d e n a d a s			n o d a i s
	sistema	coordenada x	coordenada y	coordenada z
1	global	0.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
2	global	1.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
3	global	2.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
4	global	3.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
5	global	4.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
6	global	5.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
7	global	6.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
8	global	7.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
9	global	8.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
10	global	9.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
11	global	1.00E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
12	global	1.10E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
13	global	1.20E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
14	global	1.30E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
15	global	1.40E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
16	global	1.50E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
17	global	1.60E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
18	global	1.70E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
19	global	1.80E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
20	global	1.90E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
21	global	2.00E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
22	global	2.10E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
23	global	2.20E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
24	global	2.30E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
25	global	2.40E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
26	global	2.50E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
27	global	2.60E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
28	global	2.70E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
29	global	2.80E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
30	global	2.90E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
31	global	3.00E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
32	global	3.10E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
33	global	3.20E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
34	global	3.30E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
35	global	3.40E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
36	global	3.50E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
37	global	3.60E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
38	global	3.70E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
39	global	3.80E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
40	global	3.90E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
41	global	4.00E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
42	global	4.10E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
43	global	4.20E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
44	global	4.30E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
45	global	4.40E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
46	global	4.50E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
47	global	4.60E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
48	global	4.70E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
49	global	4.80E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
50	global	4.90E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
51	global	5.00E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000

r e s t r i ç õ e s n o d a i s

constante de mola

nó	código	transl. x	transl. y	rotação z
1	110	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000
26	010	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000
51	110	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000

número de nós com restrição 3

p r o p r i e d a d e s d o s e l e m e n t o s

barra	material	seção	nó inicial	nó final	comprimento
1	1	1	1	2	1.00E+0000
2	1	1	2	3	1.00E+0000
3	1	1	3	4	1.00E+0000
4	1	1	4	5	1.00E+0000
5	1	1	5	6	1.00E+0000
6	1	1	6	7	1.00E+0000
7	1	1	7	8	1.00E+0000
8	1	1	8	9	1.00E+0000
9	1	1	9	10	1.00E+0000
10	1	1	10	11	1.00E+0000
11	1	1	11	12	1.00E+0000
12	1	1	12	13	1.00E+0000
13	1	1	13	14	1.00E+0000
14	1	1	14	15	1.00E+0000
15	1	1	15	16	1.00E+0000
16	1	1	16	17	1.00E+0000
17	1	1	17	18	1.00E+0000
18	1	1	18	19	1.00E+0000
19	1	1	19	20	1.00E+0000
20	1	1	20	21	1.00E+0000
21	1	1	21	22	1.00E+0000
22	1	1	22	23	1.00E+0000
23	1	1	23	24	1.00E+0000
24	1	1	24	25	1.00E+0000
25	1	1	25	26	1.00E+0000
26	1	1	26	27	1.00E+0000
27	1	1	27	28	1.00E+0000
28	1	1	28	29	1.00E+0000
29	1	1	29	30	1.00E+0000
30	1	1	30	31	1.00E+0000
31	1	1	31	32	1.00E+0000
32	1	1	32	33	1.00E+0000
33	1	1	33	34	1.00E+0000
34	1	1	34	35	1.00E+0000
35	1	1	35	36	1.00E+0000
36	1	1	36	37	1.00E+0000
37	1	1	37	38	1.00E+0000
38	1	1	38	39	1.00E+0000
39	1	1	39	40	1.00E+0000
40	1	1	40	41	1.00E+0000
41	1	1	41	42	1.00E+0000
42	1	1	42	43	1.00E+0000
43	1	1	43	44	1.00E+0000
44	1	1	44	45	1.00E+0000
45	1	1	45	46	1.00E+0000
46	1	1	46	47	1.00E+0000

47	1	1	47	48	1.00E+0000
48	1	1	48	49	1.00E+0000
49	1	1	49	50	1.00E+0000
50	1	1	50	51	1.00E+0000

número de elementos 50

propriedades dos materiais

material : 1

M. Elasticidade	2.607E+0007
M. E. Transversal ...	1.086E+0007
C. Poisson	2.000E-0001
C. D. Térmica	1.000E-0004
P. Específico	0.000E+0000

número de tipos de material 1

propriedades das seções

tipo	área x	área y	inércia z
1	7.31E+0000	0.00E+0000	2.80E+0000

módulos de flexão

tipo	wz
1	1.00E+0000

número de tipos seções 1

carregamento 1

cargas aplicadas nas barras

barra	sistema	tipo	la	lb	px	py	mz	
			t		wxa	wxb	wya	wyb
			f1	f2	f3	p		
1	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000		-3.5E+0000	
2	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000		-3.5E+0000	
3	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000		-3.5E+0000	
4	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000		-3.5E+0000	
5	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000		-3.5E+0000	
6	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000		-3.5E+0000	
7	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000		-3.5E+0000	
8	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000		-3.5E+0000	
9	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000		-3.5E+0000	
10	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000		-3.5E+0000	
11	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000		-3.5E+0000	
12	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000		-3.5E+0000	
13	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000		-3.5E+0000	
14	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000		-3.5E+0000	
15	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000		-3.5E+0000	
16	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000		-3.5E+0000	
17	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000		-3.5E+0000	
18	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000		-3.5E+0000	
19	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000		-3.5E+0000	

20	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-3.5E+0000
21	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-3.5E+0000
22	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-3.5E+0000
23	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-3.5E+0000
24	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-3.5E+0000
25	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-3.5E+0000
26	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-3.5E+0000
27	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-3.5E+0000
28	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-3.5E+0000
29	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-3.5E+0000
30	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-3.5E+0000
31	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-3.5E+0000
32	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-3.5E+0000
33	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-3.5E+0000
34	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-3.5E+0000
35	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-3.5E+0000
36	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-3.5E+0000
37	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-3.5E+0000
38	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-3.5E+0000
39	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-3.5E+0000
40	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-3.5E+0000
41	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-3.5E+0000
42	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-3.5E+0000
43	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-3.5E+0000
44	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-3.5E+0000
45	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-3.5E+0000
46	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-3.5E+0000
47	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-3.5E+0000
48	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-3.5E+0000
49	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-3.5E+0000
50	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	-3.5E+0000

fim do carregamento 1
número de carregamentos 1

r e s u l t a d o d a r e n u m e r a ç ã o n o d a l

perfil antes da renumeração : 101
perfil após a renumeração : 101

*** M A T R I Z D E R I G I D E Z ***

matriz mbloco

=====

bloco 1 1 153 1

VETOR APONTADOR

=====

p(1)=	1 p(2)=	3 p(3)=	6
p(4)=	10 p(5)=	15 p(6)=	21
p(7)=	25 p(8)=	30 p(9)=	36
p(10)=	40 p(11)=	45 p(12)=	51

p(13)=	55	p(14)=	60	p(15)=	66
p(16)=	70	p(17)=	75	p(18)=	81
p(19)=	85	p(20)=	90	p(21)=	96
p(22)=	100	p(23)=	105	p(24)=	111
p(25)=	115	p(26)=	120	p(27)=	126
p(28)=	130	p(29)=	135	p(30)=	141
p(31)=	145	p(32)=	150	p(33)=	156
p(34)=	160	p(35)=	165	p(36)=	171
p(37)=	175	p(38)=	180	p(39)=	186
p(40)=	190	p(41)=	195	p(42)=	201
p(43)=	205	p(44)=	210	p(45)=	216
p(46)=	220	p(47)=	225	p(48)=	231
p(49)=	235	p(50)=	240	p(51)=	246
p(52)=	250	p(53)=	255	p(54)=	261
p(55)=	265	p(56)=	270	p(57)=	276
p(58)=	280	p(59)=	285	p(60)=	291
p(61)=	295	p(62)=	300	p(63)=	306
p(64)=	310	p(65)=	315	p(66)=	321
p(67)=	325	p(68)=	330	p(69)=	336
p(70)=	340	p(71)=	345	p(72)=	351
p(73)=	355	p(74)=	360	p(75)=	366
p(76)=	370	p(77)=	375	p(78)=	381
p(79)=	385	p(80)=	390	p(81)=	396
p(82)=	400	p(83)=	405	p(84)=	411
p(85)=	415	p(86)=	420	p(87)=	426
p(88)=	430	p(89)=	435	p(90)=	441
p(91)=	445	p(92)=	450	p(93)=	456
p(94)=	460	p(95)=	465	p(96)=	471
p(97)=	475	p(98)=	480	p(99)=	486
p(100)=	490	p(101)=	495	p(102)=	501
p(103)=	505	p(104)=	510	p(105)=	516
p(106)=	520	p(107)=	525	p(108)=	531
p(109)=	535	p(110)=	540	p(111)=	546
p(112)=	550	p(113)=	555	p(114)=	561
p(115)=	565	p(116)=	570	p(117)=	576
p(118)=	580	p(119)=	585	p(120)=	591
p(121)=	595	p(122)=	600	p(123)=	606
p(124)=	610	p(125)=	615	p(126)=	621
p(127)=	625	p(128)=	630	p(129)=	636
p(130)=	640	p(131)=	645	p(132)=	651
p(133)=	655	p(134)=	660	p(135)=	666
p(136)=	670	p(137)=	675	p(138)=	681
p(139)=	685	p(140)=	690	p(141)=	696
p(142)=	700	p(143)=	705	p(144)=	711
p(145)=	715	p(146)=	720	p(147)=	726
p(148)=	730	p(149)=	735	p(150)=	741
p(151)=	745	p(152)=	750	p(153)=	756

MATRIZ DE RIGIDEZ

===== == =====

bloco 1 :

a(1)=	8.9E+0033	a(2)=	0.0E+0000	a(3)=	8.9E+0033
a(4)=	0.0E+0000	a(5)=	4.4E+0008	a(6)=	2.9E+0008
a(7)=	-1.9E+0008	a(8)=	0.0E+0000	a(9)=	0.0E+0000
a(10)=	3.8E+0008	a(11)=	0.0E+0000	a(12)=	-8.8E+0008
a(13)=	-4.4E+0008	a(14)=	0.0E+0000	a(15)=	1.8E+0009
a(16)=	0.0E+0000	a(17)=	4.4E+0008	a(18)=	1.5E+0008

a (19)= 0.0E+0000 a (20)= 0.0E+0000 a (21)= 5.8E+0008
a (22)= -1.9E+0008 a (23)= 0.0E+0000 a (24)= 0.0E+0000
a (25)= 3.8E+0008 a (26)= 0.0E+0000 a (27)= -8.8E+0008
a (28)= -4.4E+0008 a (29)= 0.0E+0000 a (30)= 1.8E+0009
a (31)= 0.0E+0000 a (32)= 4.4E+0008 a (33)= 1.5E+0008
a (34)= 0.0E+0000 a (35)= 0.0E+0000 a (36)= 5.8E+0008
a (37)= -1.9E+0008 a (38)= 0.0E+0000 a (39)= 0.0E+0000
a (40)= 3.8E+0008 a (41)= 0.0E+0000 a (42)= -8.8E+0008
a (43)= -4.4E+0008 a (44)= 0.0E+0000 a (45)= 1.8E+0009
a (46)= 0.0E+0000 a (47)= 4.4E+0008 a (48)= 1.5E+0008
a (49)= 0.0E+0000 a (50)= 0.0E+0000 a (51)= 5.8E+0008
a (52)= -1.9E+0008 a (53)= 0.0E+0000 a (54)= 0.0E+0000
a (55)= 3.8E+0008 a (56)= 0.0E+0000 a (57)= -8.8E+0008
a (58)= -4.4E+0008 a (59)= 0.0E+0000 a (60)= 1.8E+0009
a (61)= 0.0E+0000 a (62)= 4.4E+0008 a (63)= 1.5E+0008
a (64)= 0.0E+0000 a (65)= 0.0E+0000 a (66)= 5.8E+0008
a (67)= -1.9E+0008 a (68)= 0.0E+0000 a (69)= 0.0E+0000
a (70)= 3.8E+0008 a (71)= 0.0E+0000 a (72)= -8.8E+0008
a (73)= -4.4E+0008 a (74)= 0.0E+0000 a (75)= 1.8E+0009
a (76)= 0.0E+0000 a (77)= 4.4E+0008 a (78)= 1.5E+0008
a (79)= 0.0E+0000 a (80)= 0.0E+0000 a (81)= 5.8E+0008
a (82)= -1.9E+0008 a (83)= 0.0E+0000 a (84)= 0.0E+0000
a (85)= 3.8E+0008 a (86)= 0.0E+0000 a (87)= -8.8E+0008
a (88)= -4.4E+0008 a (89)= 0.0E+0000 a (90)= 1.8E+0009
a (91)= 0.0E+0000 a (92)= 4.4E+0008 a (93)= 1.5E+0008
a (94)= 0.0E+0000 a (95)= 0.0E+0000 a (96)= 5.8E+0008
a (97)= -1.9E+0008 a (98)= 0.0E+0000 a (99)= 0.0E+0000
a (100)= 3.8E+0008 a (101)= 0.0E+0000 a (102)= -8.8E+0008
a (103)= -4.4E+0008 a (104)= 0.0E+0000 a (105)= 1.8E+0009
a (106)= 0.0E+0000 a (107)= 4.4E+0008 a (108)= 1.5E+0008
a (109)= 0.0E+0000 a (110)= 0.0E+0000 a (111)= 5.8E+0008
a (112)= -1.9E+0008 a (113)= 0.0E+0000 a (114)= 0.0E+0000
a (115)= 3.8E+0008 a (116)= 0.0E+0000 a (117)= -8.8E+0008
a (118)= -4.4E+0008 a (119)= 0.0E+0000 a (120)= 1.8E+0009
a (121)= 0.0E+0000 a (122)= 4.4E+0008 a (123)= 1.5E+0008
a (124)= 0.0E+0000 a (125)= 0.0E+0000 a (126)= 5.8E+0008
a (127)= -1.9E+0008 a (128)= 0.0E+0000 a (129)= 0.0E+0000
a (130)= 3.8E+0008 a (131)= 0.0E+0000 a (132)= -8.8E+0008
a (133)= -4.4E+0008 a (134)= 0.0E+0000 a (135)= 1.8E+0009
a (136)= 0.0E+0000 a (137)= 4.4E+0008 a (138)= 1.5E+0008
a (139)= 0.0E+0000 a (140)= 0.0E+0000 a (141)= 5.8E+0008
a (142)= -1.9E+0008 a (143)= 0.0E+0000 a (144)= 0.0E+0000
a (145)= 3.8E+0008 a (146)= 0.0E+0000 a (147)= -8.8E+0008
a (148)= -4.4E+0008 a (149)= 0.0E+0000 a (150)= 1.8E+0009
a (151)= 0.0E+0000 a (152)= 4.4E+0008 a (153)= 1.5E+0008
a (154)= 0.0E+0000 a (155)= 0.0E+0000 a (156)= 5.8E+0008
a (157)= -1.9E+0008 a (158)= 0.0E+0000 a (159)= 0.0E+0000
a (160)= 3.8E+0008 a (161)= 0.0E+0000 a (162)= -8.8E+0008
a (163)= -4.4E+0008 a (164)= 0.0E+0000 a (165)= 1.8E+0009
a (166)= 0.0E+0000 a (167)= 4.4E+0008 a (168)= 1.5E+0008
a (169)= 0.0E+0000 a (170)= 0.0E+0000 a (171)= 5.8E+0008
a (172)= -1.9E+0008 a (173)= 0.0E+0000 a (174)= 0.0E+0000
a (175)= 3.8E+0008 a (176)= 0.0E+0000 a (177)= -8.8E+0008
a (178)= -4.4E+0008 a (179)= 0.0E+0000 a (180)= 1.8E+0009
a (181)= 0.0E+0000 a (182)= 4.4E+0008 a (183)= 1.5E+0008
a (184)= 0.0E+0000 a (185)= 0.0E+0000 a (186)= 5.8E+0008
a (187)= -1.9E+0008 a (188)= 0.0E+0000 a (189)= 0.0E+0000

a (190)= 3.8E+0008 a (191)= 0.0E+0000 a (192)= -8.8E+0008
a (193)= -4.4E+0008 a (194)= 0.0E+0000 a (195)= 1.8E+0009
a (196)= 0.0E+0000 a (197)= 4.4E+0008 a (198)= 1.5E+0008
a (199)= 0.0E+0000 a (200)= 0.0E+0000 a (201)= 5.8E+0008
a (202)= -1.9E+0008 a (203)= 0.0E+0000 a (204)= 0.0E+0000
a (205)= 3.8E+0008 a (206)= 0.0E+0000 a (207)= -8.8E+0008
a (208)= -4.4E+0008 a (209)= 0.0E+0000 a (210)= 1.8E+0009
a (211)= 0.0E+0000 a (212)= 4.4E+0008 a (213)= 1.5E+0008
a (214)= 0.0E+0000 a (215)= 0.0E+0000 a (216)= 5.8E+0008
a (217)= -1.9E+0008 a (218)= 0.0E+0000 a (219)= 0.0E+0000
a (220)= 3.8E+0008 a (221)= 0.0E+0000 a (222)= -8.8E+0008
a (223)= -4.4E+0008 a (224)= 0.0E+0000 a (225)= 1.8E+0009
a (226)= 0.0E+0000 a (227)= 4.4E+0008 a (228)= 1.5E+0008
a (229)= 0.0E+0000 a (230)= 0.0E+0000 a (231)= 5.8E+0008
a (232)= -1.9E+0008 a (233)= 0.0E+0000 a (234)= 0.0E+0000
a (235)= 3.8E+0008 a (236)= 0.0E+0000 a (237)= -8.8E+0008
a (238)= -4.4E+0008 a (239)= 0.0E+0000 a (240)= 1.8E+0009
a (241)= 0.0E+0000 a (242)= 4.4E+0008 a (243)= 1.5E+0008
a (244)= 0.0E+0000 a (245)= 0.0E+0000 a (246)= 5.8E+0008
a (247)= -1.9E+0008 a (248)= 0.0E+0000 a (249)= 0.0E+0000
a (250)= 3.8E+0008 a (251)= 0.0E+0000 a (252)= -8.8E+0008
a (253)= -4.4E+0008 a (254)= 0.0E+0000 a (255)= 1.8E+0009
a (256)= 0.0E+0000 a (257)= 4.4E+0008 a (258)= 1.5E+0008
a (259)= 0.0E+0000 a (260)= 0.0E+0000 a (261)= 5.8E+0008
a (262)= -1.9E+0008 a (263)= 0.0E+0000 a (264)= 0.0E+0000
a (265)= 3.8E+0008 a (266)= 0.0E+0000 a (267)= -8.8E+0008
a (268)= -4.4E+0008 a (269)= 0.0E+0000 a (270)= 1.8E+0009
a (271)= 0.0E+0000 a (272)= 4.4E+0008 a (273)= 1.5E+0008
a (274)= 0.0E+0000 a (275)= 0.0E+0000 a (276)= 5.8E+0008
a (277)= -1.9E+0008 a (278)= 0.0E+0000 a (279)= 0.0E+0000
a (280)= 3.8E+0008 a (281)= 0.0E+0000 a (282)= -8.8E+0008
a (283)= -4.4E+0008 a (284)= 0.0E+0000 a (285)= 1.8E+0009
a (286)= 0.0E+0000 a (287)= 4.4E+0008 a (288)= 1.5E+0008
a (289)= 0.0E+0000 a (290)= 0.0E+0000 a (291)= 5.8E+0008
a (292)= -1.9E+0008 a (293)= 0.0E+0000 a (294)= 0.0E+0000
a (295)= 3.8E+0008 a (296)= 0.0E+0000 a (297)= -8.8E+0008
a (298)= -4.4E+0008 a (299)= 0.0E+0000 a (300)= 1.8E+0009
a (301)= 0.0E+0000 a (302)= 4.4E+0008 a (303)= 1.5E+0008
a (304)= 0.0E+0000 a (305)= 0.0E+0000 a (306)= 5.8E+0008
a (307)= -1.9E+0008 a (308)= 0.0E+0000 a (309)= 0.0E+0000
a (310)= 3.8E+0008 a (311)= 0.0E+0000 a (312)= -8.8E+0008
a (313)= -4.4E+0008 a (314)= 0.0E+0000 a (315)= 1.8E+0009
a (316)= 0.0E+0000 a (317)= 4.4E+0008 a (318)= 1.5E+0008
a (319)= 0.0E+0000 a (320)= 0.0E+0000 a (321)= 5.8E+0008
a (322)= -1.9E+0008 a (323)= 0.0E+0000 a (324)= 0.0E+0000
a (325)= 3.8E+0008 a (326)= 0.0E+0000 a (327)= -8.8E+0008
a (328)= -4.4E+0008 a (329)= 0.0E+0000 a (330)= 1.8E+0009
a (331)= 0.0E+0000 a (332)= 4.4E+0008 a (333)= 1.5E+0008
a (334)= 0.0E+0000 a (335)= 0.0E+0000 a (336)= 5.8E+0008
a (337)= -1.9E+0008 a (338)= 0.0E+0000 a (339)= 0.0E+0000
a (340)= 3.8E+0008 a (341)= 0.0E+0000 a (342)= -8.8E+0008
a (343)= -4.4E+0008 a (344)= 0.0E+0000 a (345)= 1.8E+0009
a (346)= 0.0E+0000 a (347)= 4.4E+0008 a (348)= 1.5E+0008
a (349)= 0.0E+0000 a (350)= 0.0E+0000 a (351)= 5.8E+0008
a (352)= -1.9E+0008 a (353)= 0.0E+0000 a (354)= 0.0E+0000
a (355)= 3.8E+0008 a (356)= 0.0E+0000 a (357)= -8.8E+0008
a (358)= -4.4E+0008 a (359)= 0.0E+0000 a (360)= 1.8E+0009

a (361)= 0.0E+0000 a (362)= 4.4E+0008 a (363)= 1.5E+0008
a (364)= 0.0E+0000 a (365)= 0.0E+0000 a (366)= 5.8E+0008
a (367)= -1.9E+0008 a (368)= 0.0E+0000 a (369)= 0.0E+0000
a (370)= 3.8E+0008 a (371)= 0.0E+0000 a (372)= -8.8E+0008
a (373)= -4.4E+0008 a (374)= 0.0E+0000 a (375)= 8.9E+0033
a (376)= 0.0E+0000 a (377)= 4.4E+0008 a (378)= 1.5E+0008
a (379)= 0.0E+0000 a (380)= 0.0E+0000 a (381)= 5.8E+0008
a (382)= -1.9E+0008 a (383)= 0.0E+0000 a (384)= 0.0E+0000
a (385)= 3.8E+0008 a (386)= 0.0E+0000 a (387)= -8.8E+0008
a (388)= -4.4E+0008 a (389)= 0.0E+0000 a (390)= 1.8E+0009
a (391)= 0.0E+0000 a (392)= 4.4E+0008 a (393)= 1.5E+0008
a (394)= 0.0E+0000 a (395)= 0.0E+0000 a (396)= 5.8E+0008
a (397)= -1.9E+0008 a (398)= 0.0E+0000 a (399)= 0.0E+0000
a (400)= 3.8E+0008 a (401)= 0.0E+0000 a (402)= -8.8E+0008
a (403)= -4.4E+0008 a (404)= 0.0E+0000 a (405)= 1.8E+0009
a (406)= 0.0E+0000 a (407)= 4.4E+0008 a (408)= 1.5E+0008
a (409)= 0.0E+0000 a (410)= 0.0E+0000 a (411)= 5.8E+0008
a (412)= -1.9E+0008 a (413)= 0.0E+0000 a (414)= 0.0E+0000
a (415)= 3.8E+0008 a (416)= 0.0E+0000 a (417)= -8.8E+0008
a (418)= -4.4E+0008 a (419)= 0.0E+0000 a (420)= 1.8E+0009
a (421)= 0.0E+0000 a (422)= 4.4E+0008 a (423)= 1.5E+0008
a (424)= 0.0E+0000 a (425)= 0.0E+0000 a (426)= 5.8E+0008
a (427)= -1.9E+0008 a (428)= 0.0E+0000 a (429)= 0.0E+0000
a (430)= 3.8E+0008 a (431)= 0.0E+0000 a (432)= -8.8E+0008
a (433)= -4.4E+0008 a (434)= 0.0E+0000 a (435)= 1.8E+0009
a (436)= 0.0E+0000 a (437)= 4.4E+0008 a (438)= 1.5E+0008
a (439)= 0.0E+0000 a (440)= 0.0E+0000 a (441)= 5.8E+0008
a (442)= -1.9E+0008 a (443)= 0.0E+0000 a (444)= 0.0E+0000
a (445)= 3.8E+0008 a (446)= 0.0E+0000 a (447)= -8.8E+0008
a (448)= -4.4E+0008 a (449)= 0.0E+0000 a (450)= 1.8E+0009
a (451)= 0.0E+0000 a (452)= 4.4E+0008 a (453)= 1.5E+0008
a (454)= 0.0E+0000 a (455)= 0.0E+0000 a (456)= 5.8E+0008
a (457)= -1.9E+0008 a (458)= 0.0E+0000 a (459)= 0.0E+0000
a (460)= 3.8E+0008 a (461)= 0.0E+0000 a (462)= -8.8E+0008
a (463)= -4.4E+0008 a (464)= 0.0E+0000 a (465)= 1.8E+0009
a (466)= 0.0E+0000 a (467)= 4.4E+0008 a (468)= 1.5E+0008
a (469)= 0.0E+0000 a (470)= 0.0E+0000 a (471)= 5.8E+0008
a (472)= -1.9E+0008 a (473)= 0.0E+0000 a (474)= 0.0E+0000
a (475)= 3.8E+0008 a (476)= 0.0E+0000 a (477)= -8.8E+0008
a (478)= -4.4E+0008 a (479)= 0.0E+0000 a (480)= 1.8E+0009
a (481)= 0.0E+0000 a (482)= 4.4E+0008 a (483)= 1.5E+0008
a (484)= 0.0E+0000 a (485)= 0.0E+0000 a (486)= 5.8E+0008
a (487)= -1.9E+0008 a (488)= 0.0E+0000 a (489)= 0.0E+0000
a (490)= 3.8E+0008 a (491)= 0.0E+0000 a (492)= -8.8E+0008
a (493)= -4.4E+0008 a (494)= 0.0E+0000 a (495)= 1.8E+0009
a (496)= 0.0E+0000 a (497)= 4.4E+0008 a (498)= 1.5E+0008
a (499)= 0.0E+0000 a (500)= 0.0E+0000 a (501)= 5.8E+0008
a (502)= -1.9E+0008 a (503)= 0.0E+0000 a (504)= 0.0E+0000
a (505)= 3.8E+0008 a (506)= 0.0E+0000 a (507)= -8.8E+0008
a (508)= -4.4E+0008 a (509)= 0.0E+0000 a (510)= 1.8E+0009
a (511)= 0.0E+0000 a (512)= 4.4E+0008 a (513)= 1.5E+0008
a (514)= 0.0E+0000 a (515)= 0.0E+0000 a (516)= 5.8E+0008
a (517)= -1.9E+0008 a (518)= 0.0E+0000 a (519)= 0.0E+0000
a (520)= 3.8E+0008 a (521)= 0.0E+0000 a (522)= -8.8E+0008
a (523)= -4.4E+0008 a (524)= 0.0E+0000 a (525)= 1.8E+0009
a (526)= 0.0E+0000 a (527)= 4.4E+0008 a (528)= 1.5E+0008
a (529)= 0.0E+0000 a (530)= 0.0E+0000 a (531)= 5.8E+0008


```

a (    532)= -1.9E+0008 a (    533)=  0.0E+0000 a (    534)=  0.0E+0000
a (    535)=  3.8E+0008 a (    536)=  0.0E+0000 a (    537)= -8.8E+0008
a (    538)= -4.4E+0008 a (    539)=  0.0E+0000 a (    540)=  1.8E+0009
a (    541)=  0.0E+0000 a (    542)=  4.4E+0008 a (    543)=  1.5E+0008
a (    544)=  0.0E+0000 a (    545)=  0.0E+0000 a (    546)=  5.8E+0008
a (    547)= -1.9E+0008 a (    548)=  0.0E+0000 a (    549)=  0.0E+0000
a (    550)=  3.8E+0008 a (    551)=  0.0E+0000 a (    552)= -8.8E+0008
a (    553)= -4.4E+0008 a (    554)=  0.0E+0000 a (    555)=  1.8E+0009
a (    556)=  0.0E+0000 a (    557)=  4.4E+0008 a (    558)=  1.5E+0008
a (    559)=  0.0E+0000 a (    560)=  0.0E+0000 a (    561)=  5.8E+0008
a (    562)= -1.9E+0008 a (    563)=  0.0E+0000 a (    564)=  0.0E+0000
a (    565)=  3.8E+0008 a (    566)=  0.0E+0000 a (    567)= -8.8E+0008
a (    568)= -4.4E+0008 a (    569)=  0.0E+0000 a (    570)=  1.8E+0009
a (    571)=  0.0E+0000 a (    572)=  4.4E+0008 a (    573)=  1.5E+0008
a (    574)=  0.0E+0000 a (    575)=  0.0E+0000 a (    576)=  5.8E+0008
a (    577)= -1.9E+0008 a (    578)=  0.0E+0000 a (    579)=  0.0E+0000
a (    580)=  3.8E+0008 a (    581)=  0.0E+0000 a (    582)= -8.8E+0008
a (    583)= -4.4E+0008 a (    584)=  0.0E+0000 a (    585)=  1.8E+0009
a (    586)=  0.0E+0000 a (    587)=  4.4E+0008 a (    588)=  1.5E+0008
a (    589)=  0.0E+0000 a (    590)=  0.0E+0000 a (    591)=  5.8E+0008
a (    592)= -1.9E+0008 a (    593)=  0.0E+0000 a (    594)=  0.0E+0000
a (    595)=  3.8E+0008 a (    596)=  0.0E+0000 a (    597)= -8.8E+0008
a (    598)= -4.4E+0008 a (    599)=  0.0E+0000 a (    600)=  1.8E+0009
a (    601)=  0.0E+0000 a (    602)=  4.4E+0008 a (    603)=  1.5E+0008
a (    604)=  0.0E+0000 a (    605)=  0.0E+0000 a (    606)=  5.8E+0008
a (    607)= -1.9E+0008 a (    608)=  0.0E+0000 a (    609)=  0.0E+0000
a (    610)=  3.8E+0008 a (    611)=  0.0E+0000 a (    612)= -8.8E+0008
a (    613)= -4.4E+0008 a (    614)=  0.0E+0000 a (    615)=  1.8E+0009
a (    616)=  0.0E+0000 a (    617)=  4.4E+0008 a (    618)=  1.5E+0008
a (    619)=  0.0E+0000 a (    620)=  0.0E+0000 a (    621)=  5.8E+0008
a (    622)= -1.9E+0008 a (    623)=  0.0E+0000 a (    624)=  0.0E+0000
a (    625)=  3.8E+0008 a (    626)=  0.0E+0000 a (    627)= -8.8E+0008
a (    628)= -4.4E+0008 a (    629)=  0.0E+0000 a (    630)=  1.8E+0009
a (    631)=  0.0E+0000 a (    632)=  4.4E+0008 a (    633)=  1.5E+0008
a (    634)=  0.0E+0000 a (    635)=  0.0E+0000 a (    636)=  5.8E+0008
a (    637)= -1.9E+0008 a (    638)=  0.0E+0000 a (    639)=  0.0E+0000
a (    640)=  3.8E+0008 a (    641)=  0.0E+0000 a (    642)= -8.8E+0008
a (    643)= -4.4E+0008 a (    644)=  0.0E+0000 a (    645)=  1.8E+0009
a (    646)=  0.0E+0000 a (    647)=  4.4E+0008 a (    648)=  1.5E+0008
a (    649)=  0.0E+0000 a (    650)=  0.0E+0000 a (    651)=  5.8E+0008
a (    652)= -1.9E+0008 a (    653)=  0.0E+0000 a (    654)=  0.0E+0000
a (    655)=  3.8E+0008 a (    656)=  0.0E+0000 a (    657)= -8.8E+0008
a (    658)= -4.4E+0008 a (    659)=  0.0E+0000 a (    660)=  1.8E+0009
a (    661)=  0.0E+0000 a (    662)=  4.4E+0008 a (    663)=  1.5E+0008
a (    664)=  0.0E+0000 a (    665)=  0.0E+0000 a (    666)=  5.8E+0008
a (    667)= -1.9E+0008 a (    668)=  0.0E+0000 a (    669)=  0.0E+0000
a (    670)=  3.8E+0008 a (    671)=  0.0E+0000 a (    672)= -8.8E+0008
a (    673)= -4.4E+0008 a (    674)=  0.0E+0000 a (    675)=  1.8E+0009
a (    676)=  0.0E+0000 a (    677)=  4.4E+0008 a (    678)=  1.5E+0008
a (    679)=  0.0E+0000 a (    680)=  0.0E+0000 a (    681)=  5.8E+0008
a (    682)= -1.9E+0008 a (    683)=  0.0E+0000 a (    684)=  0.0E+0000
a (    685)=  3.8E+0008 a (    686)=  0.0E+0000 a (    687)= -8.8E+0008
a (    688)= -4.4E+0008 a (    689)=  0.0E+0000 a (    690)=  1.8E+0009
a (    691)=  0.0E+0000 a (    692)=  4.4E+0008 a (    693)=  1.5E+0008
a (    694)=  0.0E+0000 a (    695)=  0.0E+0000 a (    696)=  5.8E+0008
a (    697)= -1.9E+0008 a (    698)=  0.0E+0000 a (    699)=  0.0E+0000
a (    700)=  3.8E+0008 a (    701)=  0.0E+0000 a (    702)= -8.8E+0008

```

```

a( 703)= -4.4E+0008 a( 704)= 0.0E+0000 a( 705)= 1.8E+0009
a( 706)= 0.0E+0000 a( 707)= 4.4E+0008 a( 708)= 1.5E+0008
a( 709)= 0.0E+0000 a( 710)= 0.0E+0000 a( 711)= 5.8E+0008
a( 712)= -1.9E+0008 a( 713)= 0.0E+0000 a( 714)= 0.0E+0000
a( 715)= 3.8E+0008 a( 716)= 0.0E+0000 a( 717)= -8.8E+0008
a( 718)= -4.4E+0008 a( 719)= 0.0E+0000 a( 720)= 1.8E+0009
a( 721)= 0.0E+0000 a( 722)= 4.4E+0008 a( 723)= 1.5E+0008
a( 724)= 0.0E+0000 a( 725)= 0.0E+0000 a( 726)= 5.8E+0008
a( 727)= -1.9E+0008 a( 728)= 0.0E+0000 a( 729)= 0.0E+0000
a( 730)= 3.8E+0008 a( 731)= 0.0E+0000 a( 732)= -8.8E+0008
a( 733)= -4.4E+0008 a( 734)= 0.0E+0000 a( 735)= 1.8E+0009
a( 736)= 0.0E+0000 a( 737)= 4.4E+0008 a( 738)= 1.5E+0008
a( 739)= 0.0E+0000 a( 740)= 0.0E+0000 a( 741)= 5.8E+0008
a( 742)= -1.9E+0008 a( 743)= 0.0E+0000 a( 744)= 0.0E+0000
a( 745)= 8.9E+0033 a( 746)= 0.0E+0000 a( 747)= -8.8E+0008
a( 748)= -4.4E+0008 a( 749)= 0.0E+0000 a( 750)= 8.9E+0033
a( 751)= 0.0E+0000 a( 752)= 4.4E+0008 a( 753)= 1.5E+0008
a( 754)= 0.0E+0000 a( 755)= -4.4E+0008 a( 756)= 2.9E+0008

```

```

-----
*** F I M M A T R I Z D E R I G I D E Z ***
-----

```

```

-----
DECAIMENTO MÁXIMO DOS ELEM. DA DIAGONAL: 2.9E+0001
Existe probabilidade de que o número de algarismos
corretos nos deslocamentos calculados seja 9
-----

```

```

c a r r e g a m e n t o 1
=====
=

```

Título :

```

          d e s l o c a m e n t o s   n o d a i s
no sistema  deslocamento  deslocamento  rotacao
                x                y                z
1  global  0.00000E+0000 -3.65300E-0033 -1.54287E-0005
2  global  0.00000E+0000 -1.53566E-0005 -1.52144E-0005
3  global  0.00000E+0000 -3.02965E-0005 -1.46032E-0005
4  global  0.00000E+0000 -4.44465E-0005 -1.36424E-0005
5  global  0.00000E+0000 -5.74807E-0005 -1.23795E-0005
6  global  0.00000E+0000 -6.91206E-0005 -1.08618E-0005
7  global  0.00000E+0000 -7.91352E-0005 -9.13675E-0006
8  global  0.00000E+0000 -8.73408E-0005 -7.25174E-0006
9  global  0.00000E+0000 -9.36011E-0005 -5.25415E-0006
10 global  0.00000E+0000 -9.78273E-0005 -3.19140E-0006
11 global  0.00000E+0000 -9.99780E-0005 -1.11086E-0006
12 global  0.00000E+0000 -1.00058E-0004  9.40040E-0007
13 global  0.00000E+0000 -9.81236E-0005  2.91393E-0006
14 global  0.00000E+0000 -9.42726E-0005  4.76340E-0006
15 global  0.00000E+0000 -8.86541E-0005  6.44105E-0006
16 global  0.00000E+0000 -8.14635E-0005  7.89949E-0006
17 global  0.00000E+0000 -7.29439E-0005  9.09133E-0006

```

18	global	0.00000E+0000	-6.33855E-0005	9.96916E-0006
19	global	0.00000E+0000	-5.31261E-0005	1.04855E-0005
20	global	0.00000E+0000	-4.25506E-0005	1.05932E-0005
21	global	0.00000E+0000	-3.20917E-0005	1.02446E-0005
22	global	0.00000E+0000	-2.22292E-0005	9.39250E-0006
23	global	0.00000E+0000	-1.34903E-0005	7.98935E-0006
24	global	0.00000E+0000	-6.44994E-0006	5.98782E-0006
25	global	0.00000E+0000	-1.72999E-0006	3.34050E-0006
26	global	0.00000E+0000	-1.21766E-0032	-1.18722E-0017
27	global	0.00000E+0000	-1.72999E-0006	-3.34050E-0006
28	global	0.00000E+0000	-6.44994E-0006	-5.98782E-0006
29	global	0.00000E+0000	-1.34903E-0005	-7.98935E-0006
30	global	0.00000E+0000	-2.22292E-0005	-9.39250E-0006
31	global	0.00000E+0000	-3.20917E-0005	-1.02446E-0005
32	global	0.00000E+0000	-4.25506E-0005	-1.05932E-0005
33	global	0.00000E+0000	-5.31261E-0005	-1.04855E-0005
34	global	0.00000E+0000	-6.33855E-0005	-9.96916E-0006
35	global	0.00000E+0000	-7.29439E-0005	-9.09133E-0006
36	global	0.00000E+0000	-8.14635E-0005	-7.89949E-0006
37	global	0.00000E+0000	-8.86541E-0005	-6.44105E-0006
38	global	0.00000E+0000	-9.42726E-0005	-4.76340E-0006
39	global	0.00000E+0000	-9.81236E-0005	-2.91393E-0006
40	global	0.00000E+0000	-1.00058E-0004	-9.40040E-0007
41	global	0.00000E+0000	-9.99780E-0005	1.11086E-0006
42	global	0.00000E+0000	-9.78273E-0005	3.19140E-0006
43	global	0.00000E+0000	-9.36011E-0005	5.25415E-0006
44	global	0.00000E+0000	-8.73408E-0005	7.25174E-0006
45	global	0.00000E+0000	-7.91352E-0005	9.13675E-0006
46	global	0.00000E+0000	-6.91206E-0005	1.08618E-0005
47	global	0.00000E+0000	-5.74807E-0005	1.23795E-0005
48	global	0.00000E+0000	-4.44465E-0005	1.36424E-0005
49	global	0.00000E+0000	-3.02965E-0005	1.46032E-0005
50	global	0.00000E+0000	-1.53566E-0005	1.52144E-0005
51	global	0.00000E+0000	-3.65300E-0033	1.54287E-0005

nó	sistema	r e a ç õ e s n o s a p o i o s		
		força	força	momento
		x	y	z
1	global	-0.00	32.44	0.00
26	global	-0.00	108.12	0.00
51	global	-0.00	32.44	-0.00

Resultante	0.00	173.00	4325.00
------------	------	--------	---------

NOTA:

O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

d i f e r e n ç a d e e q u i l í b r i o			
(o e q u i l í b r i o d e m o m e n t o é f e i t o e m r e l a ç ã o à o r i g e m)			
	força	força	momento
	x	y	z
	0.000	0.000	0.000

barra	e s f o r ç o s	n a s	b a r r a s		
barra	sistema	nó	força normal	força cortante	momento fletor
1	local	1	0.00	32.44	-0.00
		2	0.00	-28.98	30.71
2	local	2	0.00	28.98	-30.71
		3	0.00	-25.52	57.95
3	local	3	0.00	25.52	-57.95
		4	0.00	-22.06	81.74
4	local	4	0.00	22.06	-81.74
		5	0.00	-18.60	102.07
5	local	5	0.00	18.60	-102.07
		6	0.00	-15.14	118.94
6	local	6	0.00	15.14	-118.94
		7	0.00	-11.68	132.34
7	local	7	0.00	11.68	-132.34
		8	0.00	-8.22	142.29
8	local	8	0.00	8.22	-142.29
		9	0.00	-4.76	148.78
9	local	9	0.00	4.76	-148.78
		10	0.00	-1.30	151.81
10	local	10	0.00	1.30	-151.81
		11	0.00	2.16	151.37
11	local	11	0.00	-2.16	-151.37
		12	0.00	5.62	147.48
12	local	12	0.00	-5.62	-147.48
		13	0.00	9.08	140.13
13	local	13	0.00	-9.08	-140.13
		14	0.00	12.54	129.32
14	local	14	0.00	-12.54	-129.32
		15	0.00	16.00	115.04
15	local	15	0.00	-16.00	-115.04
		16	0.00	19.46	97.31
16	local	16	0.00	-19.46	-97.31
		17	0.00	22.92	76.12
17	local	17	0.00	-22.92	-76.12
		18	0.00	26.38	51.47
18	local	18	0.00	-26.38	-51.47
		19	0.00	29.84	23.35
19	local	19	0.00	-29.84	-23.35
		20	0.00	33.30	-8.22
20	local	20	0.00	-33.30	8.22
		21	0.00	36.76	-43.25
21	local	21	0.00	-36.76	43.25
		22	0.00	40.22	-81.74
22	local	22	0.00	-40.22	81.74
		23	0.00	43.68	-123.70
23	local	23	0.00	-43.68	123.70
		24	0.00	47.14	-169.11
24	local	24	0.00	-47.14	169.11
		25	0.00	50.60	-217.98
25	local	25	0.00	-50.60	217.98
		26	0.00	54.06	-270.31
26	local	26	0.00	-54.06	270.31
		27	0.00	50.60	-217.98
27	local	27	0.00	-50.60	217.98
		28	0.00	-47.14	-169.11

28	local	28	0.00	47.14	169.11
		29	0.00	-43.68	-123.69
29	local	29	0.00	43.68	123.69
		30	0.00	-40.22	-81.74
30	local	30	0.00	40.22	81.74
		31	0.00	-36.76	-43.25
31	local	31	0.00	36.76	43.25
		32	0.00	-33.30	-8.22
32	local	32	0.00	33.30	8.22
		33	0.00	-29.84	23.36
33	local	33	0.00	29.84	-23.36
		34	0.00	-26.38	51.47
34	local	34	0.00	26.38	-51.47
		35	0.00	-22.92	76.12
35	local	35	0.00	22.92	-76.12
		36	0.00	-19.46	97.31
36	local	36	0.00	19.46	-97.31
		37	0.00	-16.00	115.05
37	local	37	0.00	16.00	-115.05
		38	0.00	-12.54	129.32
38	local	38	0.00	12.54	-129.32
		39	0.00	-9.08	140.13
39	local	39	0.00	9.08	-140.13
		40	0.00	-5.62	147.48
40	local	40	0.00	5.62	-147.48
		41	0.00	-2.16	151.38
41	local	41	0.00	2.16	-151.38
		42	0.00	1.30	151.81
42	local	42	0.00	-1.30	-151.81
		43	0.00	4.76	148.78
43	local	43	0.00	-4.76	-148.78
		44	0.00	8.22	142.29
44	local	44	0.00	-8.22	-142.29
		45	0.00	11.68	132.35
45	local	45	0.00	-11.68	-132.35
		46	0.00	15.14	118.94
46	local	46	0.00	-15.14	-118.94
		47	0.00	18.60	102.07
47	local	47	0.00	-18.60	-102.07
		48	0.00	22.06	81.74
48	local	48	0.00	-22.06	-81.74
		49	0.00	25.52	57.96
49	local	49	0.00	-25.52	-57.96
		50	0.00	28.98	30.71
50	local	50	0.00	-28.98	-30.71
		51	0.00	32.44	0.00

Fim Do Programa

ANEXO A4 –Entrada/Saída do Software SALT 9.0 devido ao Carregamento de Vento de Sucção

DADOS DE ENTRADA

portico plano Ponte sobre o Canal Virgem Santa - Macae/RJ

UNIDADES kN m
 coordenadas dos nos
 1 0.0000 0.0000 50 1 1 0

0

condicoes de contorno

 1 110

 26 010

 51 110

0

tipos de material

 1 26071590.0000 0.2000 0.0001000000 0.0000

0

tipos de secao

 1 7.310E+0000 0.000E+0000 2.800E-000

0

propriedades dos elementos

 1 1 2 1 1 49 1 1

0

numero de carregamentos 1

carregamento 1

cargas nos elementos

1 U 0.000 1.000 WYA 3.46 g 49 1

0

fim

DADOS DE SAIDA

SALT - Marca Registrada da UFRJ

SALTE - análise estática linear - versão 9.00

TÍTULO : Ponte sobre o Canal Virgem Santa - Macae/RJ

 DATA : 3/6/2005(sexta-feira)

HORA : 20:51:36

ARQUIVO DE DADOS : carga de vento de sucção (iap-1998).slt

TIPO DA ESTRUTURA : pórtico plano

U n i d a d e s U t i l i z a d a s
 força : quiloNewton.
 comprimento : metro.

nó	c o o r d e n a d a s			n o d a i s
	sistema	coordenada x	coordenada y	coordenada z
1	global	0.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
2	global	1.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
3	global	2.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
4	global	3.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
5	global	4.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
6	global	5.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
7	global	6.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
8	global	7.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
9	global	8.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
10	global	9.00E+0000	0.00E+0000	0.00E+0000
11	global	1.00E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
12	global	1.10E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
13	global	1.20E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
14	global	1.30E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
15	global	1.40E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
16	global	1.50E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
17	global	1.60E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
18	global	1.70E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
19	global	1.80E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
20	global	1.90E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
21	global	2.00E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
22	global	2.10E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
23	global	2.20E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
24	global	2.30E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
25	global	2.40E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
26	global	2.50E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
27	global	2.60E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
28	global	2.70E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
29	global	2.80E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
30	global	2.90E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
31	global	3.00E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
32	global	3.10E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
33	global	3.20E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
34	global	3.30E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
35	global	3.40E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
36	global	3.50E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
37	global	3.60E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
38	global	3.70E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
39	global	3.80E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
40	global	3.90E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
41	global	4.00E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
42	global	4.10E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
43	global	4.20E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
44	global	4.30E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
45	global	4.40E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
46	global	4.50E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
47	global	4.60E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
48	global	4.70E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
49	global	4.80E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
50	global	4.90E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000
51	global	5.00E+0001	0.00E+0000	0.00E+0000

r e s t r i ç õ e s n o d a i s
constante de mola

nó	código	transl. x	transl. y	rotação z
1	110	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000
26	010	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000
51	110	0.0E+0000	0.0E+0000	0.0E+0000

número de nós com restrição 3

barra	p r o p r i e d a d e s			d o s e l e m e n t o s		comprimento
	material	seção	nó inicial	nó final		
1	1	1	1	2	1.00E+0000	
2	1	1	2	3	1.00E+0000	
3	1	1	3	4	1.00E+0000	
4	1	1	4	5	1.00E+0000	
5	1	1	5	6	1.00E+0000	
6	1	1	6	7	1.00E+0000	
7	1	1	7	8	1.00E+0000	
8	1	1	8	9	1.00E+0000	
9	1	1	9	10	1.00E+0000	
10	1	1	10	11	1.00E+0000	
11	1	1	11	12	1.00E+0000	
12	1	1	12	13	1.00E+0000	
13	1	1	13	14	1.00E+0000	
14	1	1	14	15	1.00E+0000	
15	1	1	15	16	1.00E+0000	
16	1	1	16	17	1.00E+0000	
17	1	1	17	18	1.00E+0000	
18	1	1	18	19	1.00E+0000	
19	1	1	19	20	1.00E+0000	
20	1	1	20	21	1.00E+0000	
21	1	1	21	22	1.00E+0000	
22	1	1	22	23	1.00E+0000	
23	1	1	23	24	1.00E+0000	
24	1	1	24	25	1.00E+0000	
25	1	1	25	26	1.00E+0000	
26	1	1	26	27	1.00E+0000	
27	1	1	27	28	1.00E+0000	
28	1	1	28	29	1.00E+0000	
29	1	1	29	30	1.00E+0000	
30	1	1	30	31	1.00E+0000	
31	1	1	31	32	1.00E+0000	
32	1	1	32	33	1.00E+0000	
33	1	1	33	34	1.00E+0000	
34	1	1	34	35	1.00E+0000	
35	1	1	35	36	1.00E+0000	
36	1	1	36	37	1.00E+0000	
37	1	1	37	38	1.00E+0000	
38	1	1	38	39	1.00E+0000	
39	1	1	39	40	1.00E+0000	
40	1	1	40	41	1.00E+0000	
41	1	1	41	42	1.00E+0000	
42	1	1	42	43	1.00E+0000	
43	1	1	43	44	1.00E+0000	
44	1	1	44	45	1.00E+0000	
45	1	1	45	46	1.00E+0000	
46	1	1	46	47	1.00E+0000	

47	1	1	47	48	1.00E+0000
48	1	1	48	49	1.00E+0000
49	1	1	49	50	1.00E+0000
50	1	1	50	51	1.00E+0000

número de elementos 50

propriedades dos materiais

material : 1

M. Elasticidade	2.607E+0007
M. E. Transversal ...	1.086E+0007
C. Poisson	2.000E-0001
C. D. Térmica	1.000E-0004
P. Específico	0.000E+0000

número de tipos de material 1

propriedades das seções

tipo	área x	área y	inércia z
1	7.31E+0000	0.00E+0000	2.80E+0000

módulos de flexão

tipo	wz
1	1.00E+0000

número de tipos seções 1

carregamento 1

cargas aplicadas nas barras

barra	sistema	tipo	la	lb	px	py	mz	
			t		wxa	wxb	wya	wyb
			f1	f2	f3	p		
1	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000		3.5E+0000	
2	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000		3.5E+0000	
3	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000		3.5E+0000	
4	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000		3.5E+0000	
5	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000		3.5E+0000	
6	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000		3.5E+0000	
7	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000		3.5E+0000	
8	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000		3.5E+0000	
9	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000		3.5E+0000	
10	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000		3.5E+0000	
11	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000		3.5E+0000	
12	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000		3.5E+0000	
13	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000		3.5E+0000	
14	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000		3.5E+0000	
15	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000		3.5E+0000	
16	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000		3.5E+0000	
17	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000		3.5E+0000	
18	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000		3.5E+0000	
19	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000		3.5E+0000	

20	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	3.5E+0000
21	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	3.5E+0000
22	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	3.5E+0000
23	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	3.5E+0000
24	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	3.5E+0000
25	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	3.5E+0000
26	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	3.5E+0000
27	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	3.5E+0000
28	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	3.5E+0000
29	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	3.5E+0000
30	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	3.5E+0000
31	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	3.5E+0000
32	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	3.5E+0000
33	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	3.5E+0000
34	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	3.5E+0000
35	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	3.5E+0000
36	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	3.5E+0000
37	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	3.5E+0000
38	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	3.5E+0000
39	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	3.5E+0000
40	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	3.5E+0000
41	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	3.5E+0000
42	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	3.5E+0000
43	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	3.5E+0000
44	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	3.5E+0000
45	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	3.5E+0000
46	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	3.5E+0000
47	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	3.5E+0000
48	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	3.5E+0000
49	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	3.5E+0000
50	local	U	0.00	1.00	0.0E+0000	3.5E+0000

fim do carregamento 1
 número de carregamentos 1

r e s u l t a d o d a r e n u m e r a ç ã o n o d a l

perfil antes da renumeração : 101
 perfil após a renumeração : 101

 *** M A T R I Z D E R I G I D E Z ***

matriz mbloco

=====

bloco 1 1 153 1

VETOR APONTADOR

=====

p(1)= 1 p(2)= 3 p(3)= 6
 p(4)= 10 p(5)= 15 p(6)= 21
 p(7)= 25 p(8)= 30 p(9)= 36
 p(10)= 40 p(11)= 45 p(12)= 51

p(13)=	55	p(14)=	60	p(15)=	66
p(16)=	70	p(17)=	75	p(18)=	81
p(19)=	85	p(20)=	90	p(21)=	96
p(22)=	100	p(23)=	105	p(24)=	111
p(25)=	115	p(26)=	120	p(27)=	126
p(28)=	130	p(29)=	135	p(30)=	141
p(31)=	145	p(32)=	150	p(33)=	156
p(34)=	160	p(35)=	165	p(36)=	171
p(37)=	175	p(38)=	180	p(39)=	186
p(40)=	190	p(41)=	195	p(42)=	201
p(43)=	205	p(44)=	210	p(45)=	216
p(46)=	220	p(47)=	225	p(48)=	231
p(49)=	235	p(50)=	240	p(51)=	246
p(52)=	250	p(53)=	255	p(54)=	261
p(55)=	265	p(56)=	270	p(57)=	276
p(58)=	280	p(59)=	285	p(60)=	291
p(61)=	295	p(62)=	300	p(63)=	306
p(64)=	310	p(65)=	315	p(66)=	321
p(67)=	325	p(68)=	330	p(69)=	336
p(70)=	340	p(71)=	345	p(72)=	351
p(73)=	355	p(74)=	360	p(75)=	366
p(76)=	370	p(77)=	375	p(78)=	381
p(79)=	385	p(80)=	390	p(81)=	396
p(82)=	400	p(83)=	405	p(84)=	411
p(85)=	415	p(86)=	420	p(87)=	426
p(88)=	430	p(89)=	435	p(90)=	441
p(91)=	445	p(92)=	450	p(93)=	456
p(94)=	460	p(95)=	465	p(96)=	471
p(97)=	475	p(98)=	480	p(99)=	486
p(100)=	490	p(101)=	495	p(102)=	501
p(103)=	505	p(104)=	510	p(105)=	516
p(106)=	520	p(107)=	525	p(108)=	531
p(109)=	535	p(110)=	540	p(111)=	546
p(112)=	550	p(113)=	555	p(114)=	561
p(115)=	565	p(116)=	570	p(117)=	576
p(118)=	580	p(119)=	585	p(120)=	591
p(121)=	595	p(122)=	600	p(123)=	606
p(124)=	610	p(125)=	615	p(126)=	621
p(127)=	625	p(128)=	630	p(129)=	636
p(130)=	640	p(131)=	645	p(132)=	651
p(133)=	655	p(134)=	660	p(135)=	666
p(136)=	670	p(137)=	675	p(138)=	681
p(139)=	685	p(140)=	690	p(141)=	696
p(142)=	700	p(143)=	705	p(144)=	711
p(145)=	715	p(146)=	720	p(147)=	726
p(148)=	730	p(149)=	735	p(150)=	741
p(151)=	745	p(152)=	750	p(153)=	756

MATRIZ DE RIGIDEZ

===== == =====

bloco 1 :

a(1)=	8.9E+0033	a(2)=	0.0E+0000	a(3)=	8.9E+0033
a(4)=	0.0E+0000	a(5)=	4.4E+0008	a(6)=	2.9E+0008
a(7)=	-1.9E+0008	a(8)=	0.0E+0000	a(9)=	0.0E+0000
a(10)=	3.8E+0008	a(11)=	0.0E+0000	a(12)=	-8.8E+0008
a(13)=	-4.4E+0008	a(14)=	0.0E+0000	a(15)=	1.8E+0009
a(16)=	0.0E+0000	a(17)=	4.4E+0008	a(18)=	1.5E+0008

a (19)= 0.0E+0000 a (20)= 0.0E+0000 a (21)= 5.8E+0008
a (22)= -1.9E+0008 a (23)= 0.0E+0000 a (24)= 0.0E+0000
a (25)= 3.8E+0008 a (26)= 0.0E+0000 a (27)= -8.8E+0008
a (28)= -4.4E+0008 a (29)= 0.0E+0000 a (30)= 1.8E+0009
a (31)= 0.0E+0000 a (32)= 4.4E+0008 a (33)= 1.5E+0008
a (34)= 0.0E+0000 a (35)= 0.0E+0000 a (36)= 5.8E+0008
a (37)= -1.9E+0008 a (38)= 0.0E+0000 a (39)= 0.0E+0000
a (40)= 3.8E+0008 a (41)= 0.0E+0000 a (42)= -8.8E+0008
a (43)= -4.4E+0008 a (44)= 0.0E+0000 a (45)= 1.8E+0009
a (46)= 0.0E+0000 a (47)= 4.4E+0008 a (48)= 1.5E+0008
a (49)= 0.0E+0000 a (50)= 0.0E+0000 a (51)= 5.8E+0008
a (52)= -1.9E+0008 a (53)= 0.0E+0000 a (54)= 0.0E+0000
a (55)= 3.8E+0008 a (56)= 0.0E+0000 a (57)= -8.8E+0008
a (58)= -4.4E+0008 a (59)= 0.0E+0000 a (60)= 1.8E+0009
a (61)= 0.0E+0000 a (62)= 4.4E+0008 a (63)= 1.5E+0008
a (64)= 0.0E+0000 a (65)= 0.0E+0000 a (66)= 5.8E+0008
a (67)= -1.9E+0008 a (68)= 0.0E+0000 a (69)= 0.0E+0000
a (70)= 3.8E+0008 a (71)= 0.0E+0000 a (72)= -8.8E+0008
a (73)= -4.4E+0008 a (74)= 0.0E+0000 a (75)= 1.8E+0009
a (76)= 0.0E+0000 a (77)= 4.4E+0008 a (78)= 1.5E+0008
a (79)= 0.0E+0000 a (80)= 0.0E+0000 a (81)= 5.8E+0008
a (82)= -1.9E+0008 a (83)= 0.0E+0000 a (84)= 0.0E+0000
a (85)= 3.8E+0008 a (86)= 0.0E+0000 a (87)= -8.8E+0008
a (88)= -4.4E+0008 a (89)= 0.0E+0000 a (90)= 1.8E+0009
a (91)= 0.0E+0000 a (92)= 4.4E+0008 a (93)= 1.5E+0008
a (94)= 0.0E+0000 a (95)= 0.0E+0000 a (96)= 5.8E+0008
a (97)= -1.9E+0008 a (98)= 0.0E+0000 a (99)= 0.0E+0000
a (100)= 3.8E+0008 a (101)= 0.0E+0000 a (102)= -8.8E+0008
a (103)= -4.4E+0008 a (104)= 0.0E+0000 a (105)= 1.8E+0009
a (106)= 0.0E+0000 a (107)= 4.4E+0008 a (108)= 1.5E+0008
a (109)= 0.0E+0000 a (110)= 0.0E+0000 a (111)= 5.8E+0008
a (112)= -1.9E+0008 a (113)= 0.0E+0000 a (114)= 0.0E+0000
a (115)= 3.8E+0008 a (116)= 0.0E+0000 a (117)= -8.8E+0008
a (118)= -4.4E+0008 a (119)= 0.0E+0000 a (120)= 1.8E+0009
a (121)= 0.0E+0000 a (122)= 4.4E+0008 a (123)= 1.5E+0008
a (124)= 0.0E+0000 a (125)= 0.0E+0000 a (126)= 5.8E+0008
a (127)= -1.9E+0008 a (128)= 0.0E+0000 a (129)= 0.0E+0000
a (130)= 3.8E+0008 a (131)= 0.0E+0000 a (132)= -8.8E+0008
a (133)= -4.4E+0008 a (134)= 0.0E+0000 a (135)= 1.8E+0009
a (136)= 0.0E+0000 a (137)= 4.4E+0008 a (138)= 1.5E+0008
a (139)= 0.0E+0000 a (140)= 0.0E+0000 a (141)= 5.8E+0008
a (142)= -1.9E+0008 a (143)= 0.0E+0000 a (144)= 0.0E+0000
a (145)= 3.8E+0008 a (146)= 0.0E+0000 a (147)= -8.8E+0008
a (148)= -4.4E+0008 a (149)= 0.0E+0000 a (150)= 1.8E+0009
a (151)= 0.0E+0000 a (152)= 4.4E+0008 a (153)= 1.5E+0008
a (154)= 0.0E+0000 a (155)= 0.0E+0000 a (156)= 5.8E+0008
a (157)= -1.9E+0008 a (158)= 0.0E+0000 a (159)= 0.0E+0000
a (160)= 3.8E+0008 a (161)= 0.0E+0000 a (162)= -8.8E+0008
a (163)= -4.4E+0008 a (164)= 0.0E+0000 a (165)= 1.8E+0009
a (166)= 0.0E+0000 a (167)= 4.4E+0008 a (168)= 1.5E+0008
a (169)= 0.0E+0000 a (170)= 0.0E+0000 a (171)= 5.8E+0008
a (172)= -1.9E+0008 a (173)= 0.0E+0000 a (174)= 0.0E+0000
a (175)= 3.8E+0008 a (176)= 0.0E+0000 a (177)= -8.8E+0008
a (178)= -4.4E+0008 a (179)= 0.0E+0000 a (180)= 1.8E+0009
a (181)= 0.0E+0000 a (182)= 4.4E+0008 a (183)= 1.5E+0008
a (184)= 0.0E+0000 a (185)= 0.0E+0000 a (186)= 5.8E+0008
a (187)= -1.9E+0008 a (188)= 0.0E+0000 a (189)= 0.0E+0000

a (190)= 3.8E+0008 a (191)= 0.0E+0000 a (192)= -8.8E+0008
a (193)= -4.4E+0008 a (194)= 0.0E+0000 a (195)= 1.8E+0009
a (196)= 0.0E+0000 a (197)= 4.4E+0008 a (198)= 1.5E+0008
a (199)= 0.0E+0000 a (200)= 0.0E+0000 a (201)= 5.8E+0008
a (202)= -1.9E+0008 a (203)= 0.0E+0000 a (204)= 0.0E+0000
a (205)= 3.8E+0008 a (206)= 0.0E+0000 a (207)= -8.8E+0008
a (208)= -4.4E+0008 a (209)= 0.0E+0000 a (210)= 1.8E+0009
a (211)= 0.0E+0000 a (212)= 4.4E+0008 a (213)= 1.5E+0008
a (214)= 0.0E+0000 a (215)= 0.0E+0000 a (216)= 5.8E+0008
a (217)= -1.9E+0008 a (218)= 0.0E+0000 a (219)= 0.0E+0000
a (220)= 3.8E+0008 a (221)= 0.0E+0000 a (222)= -8.8E+0008
a (223)= -4.4E+0008 a (224)= 0.0E+0000 a (225)= 1.8E+0009
a (226)= 0.0E+0000 a (227)= 4.4E+0008 a (228)= 1.5E+0008
a (229)= 0.0E+0000 a (230)= 0.0E+0000 a (231)= 5.8E+0008
a (232)= -1.9E+0008 a (233)= 0.0E+0000 a (234)= 0.0E+0000
a (235)= 3.8E+0008 a (236)= 0.0E+0000 a (237)= -8.8E+0008
a (238)= -4.4E+0008 a (239)= 0.0E+0000 a (240)= 1.8E+0009
a (241)= 0.0E+0000 a (242)= 4.4E+0008 a (243)= 1.5E+0008
a (244)= 0.0E+0000 a (245)= 0.0E+0000 a (246)= 5.8E+0008
a (247)= -1.9E+0008 a (248)= 0.0E+0000 a (249)= 0.0E+0000
a (250)= 3.8E+0008 a (251)= 0.0E+0000 a (252)= -8.8E+0008
a (253)= -4.4E+0008 a (254)= 0.0E+0000 a (255)= 1.8E+0009
a (256)= 0.0E+0000 a (257)= 4.4E+0008 a (258)= 1.5E+0008
a (259)= 0.0E+0000 a (260)= 0.0E+0000 a (261)= 5.8E+0008
a (262)= -1.9E+0008 a (263)= 0.0E+0000 a (264)= 0.0E+0000
a (265)= 3.8E+0008 a (266)= 0.0E+0000 a (267)= -8.8E+0008
a (268)= -4.4E+0008 a (269)= 0.0E+0000 a (270)= 1.8E+0009
a (271)= 0.0E+0000 a (272)= 4.4E+0008 a (273)= 1.5E+0008
a (274)= 0.0E+0000 a (275)= 0.0E+0000 a (276)= 5.8E+0008
a (277)= -1.9E+0008 a (278)= 0.0E+0000 a (279)= 0.0E+0000
a (280)= 3.8E+0008 a (281)= 0.0E+0000 a (282)= -8.8E+0008
a (283)= -4.4E+0008 a (284)= 0.0E+0000 a (285)= 1.8E+0009
a (286)= 0.0E+0000 a (287)= 4.4E+0008 a (288)= 1.5E+0008
a (289)= 0.0E+0000 a (290)= 0.0E+0000 a (291)= 5.8E+0008
a (292)= -1.9E+0008 a (293)= 0.0E+0000 a (294)= 0.0E+0000
a (295)= 3.8E+0008 a (296)= 0.0E+0000 a (297)= -8.8E+0008
a (298)= -4.4E+0008 a (299)= 0.0E+0000 a (300)= 1.8E+0009
a (301)= 0.0E+0000 a (302)= 4.4E+0008 a (303)= 1.5E+0008
a (304)= 0.0E+0000 a (305)= 0.0E+0000 a (306)= 5.8E+0008
a (307)= -1.9E+0008 a (308)= 0.0E+0000 a (309)= 0.0E+0000
a (310)= 3.8E+0008 a (311)= 0.0E+0000 a (312)= -8.8E+0008
a (313)= -4.4E+0008 a (314)= 0.0E+0000 a (315)= 1.8E+0009
a (316)= 0.0E+0000 a (317)= 4.4E+0008 a (318)= 1.5E+0008
a (319)= 0.0E+0000 a (320)= 0.0E+0000 a (321)= 5.8E+0008
a (322)= -1.9E+0008 a (323)= 0.0E+0000 a (324)= 0.0E+0000
a (325)= 3.8E+0008 a (326)= 0.0E+0000 a (327)= -8.8E+0008
a (328)= -4.4E+0008 a (329)= 0.0E+0000 a (330)= 1.8E+0009
a (331)= 0.0E+0000 a (332)= 4.4E+0008 a (333)= 1.5E+0008
a (334)= 0.0E+0000 a (335)= 0.0E+0000 a (336)= 5.8E+0008
a (337)= -1.9E+0008 a (338)= 0.0E+0000 a (339)= 0.0E+0000
a (340)= 3.8E+0008 a (341)= 0.0E+0000 a (342)= -8.8E+0008
a (343)= -4.4E+0008 a (344)= 0.0E+0000 a (345)= 1.8E+0009
a (346)= 0.0E+0000 a (347)= 4.4E+0008 a (348)= 1.5E+0008
a (349)= 0.0E+0000 a (350)= 0.0E+0000 a (351)= 5.8E+0008
a (352)= -1.9E+0008 a (353)= 0.0E+0000 a (354)= 0.0E+0000
a (355)= 3.8E+0008 a (356)= 0.0E+0000 a (357)= -8.8E+0008
a (358)= -4.4E+0008 a (359)= 0.0E+0000 a (360)= 1.8E+0009

a (361)= 0.0E+0000 a (362)= 4.4E+0008 a (363)= 1.5E+0008
a (364)= 0.0E+0000 a (365)= 0.0E+0000 a (366)= 5.8E+0008
a (367)= -1.9E+0008 a (368)= 0.0E+0000 a (369)= 0.0E+0000
a (370)= 3.8E+0008 a (371)= 0.0E+0000 a (372)= -8.8E+0008
a (373)= -4.4E+0008 a (374)= 0.0E+0000 a (375)= 8.9E+0033
a (376)= 0.0E+0000 a (377)= 4.4E+0008 a (378)= 1.5E+0008
a (379)= 0.0E+0000 a (380)= 0.0E+0000 a (381)= 5.8E+0008
a (382)= -1.9E+0008 a (383)= 0.0E+0000 a (384)= 0.0E+0000
a (385)= 3.8E+0008 a (386)= 0.0E+0000 a (387)= -8.8E+0008
a (388)= -4.4E+0008 a (389)= 0.0E+0000 a (390)= 1.8E+0009
a (391)= 0.0E+0000 a (392)= 4.4E+0008 a (393)= 1.5E+0008
a (394)= 0.0E+0000 a (395)= 0.0E+0000 a (396)= 5.8E+0008
a (397)= -1.9E+0008 a (398)= 0.0E+0000 a (399)= 0.0E+0000
a (400)= 3.8E+0008 a (401)= 0.0E+0000 a (402)= -8.8E+0008
a (403)= -4.4E+0008 a (404)= 0.0E+0000 a (405)= 1.8E+0009
a (406)= 0.0E+0000 a (407)= 4.4E+0008 a (408)= 1.5E+0008
a (409)= 0.0E+0000 a (410)= 0.0E+0000 a (411)= 5.8E+0008
a (412)= -1.9E+0008 a (413)= 0.0E+0000 a (414)= 0.0E+0000
a (415)= 3.8E+0008 a (416)= 0.0E+0000 a (417)= -8.8E+0008
a (418)= -4.4E+0008 a (419)= 0.0E+0000 a (420)= 1.8E+0009
a (421)= 0.0E+0000 a (422)= 4.4E+0008 a (423)= 1.5E+0008
a (424)= 0.0E+0000 a (425)= 0.0E+0000 a (426)= 5.8E+0008
a (427)= -1.9E+0008 a (428)= 0.0E+0000 a (429)= 0.0E+0000
a (430)= 3.8E+0008 a (431)= 0.0E+0000 a (432)= -8.8E+0008
a (433)= -4.4E+0008 a (434)= 0.0E+0000 a (435)= 1.8E+0009
a (436)= 0.0E+0000 a (437)= 4.4E+0008 a (438)= 1.5E+0008
a (439)= 0.0E+0000 a (440)= 0.0E+0000 a (441)= 5.8E+0008
a (442)= -1.9E+0008 a (443)= 0.0E+0000 a (444)= 0.0E+0000
a (445)= 3.8E+0008 a (446)= 0.0E+0000 a (447)= -8.8E+0008
a (448)= -4.4E+0008 a (449)= 0.0E+0000 a (450)= 1.8E+0009
a (451)= 0.0E+0000 a (452)= 4.4E+0008 a (453)= 1.5E+0008
a (454)= 0.0E+0000 a (455)= 0.0E+0000 a (456)= 5.8E+0008
a (457)= -1.9E+0008 a (458)= 0.0E+0000 a (459)= 0.0E+0000
a (460)= 3.8E+0008 a (461)= 0.0E+0000 a (462)= -8.8E+0008
a (463)= -4.4E+0008 a (464)= 0.0E+0000 a (465)= 1.8E+0009
a (466)= 0.0E+0000 a (467)= 4.4E+0008 a (468)= 1.5E+0008
a (469)= 0.0E+0000 a (470)= 0.0E+0000 a (471)= 5.8E+0008
a (472)= -1.9E+0008 a (473)= 0.0E+0000 a (474)= 0.0E+0000
a (475)= 3.8E+0008 a (476)= 0.0E+0000 a (477)= -8.8E+0008
a (478)= -4.4E+0008 a (479)= 0.0E+0000 a (480)= 1.8E+0009
a (481)= 0.0E+0000 a (482)= 4.4E+0008 a (483)= 1.5E+0008
a (484)= 0.0E+0000 a (485)= 0.0E+0000 a (486)= 5.8E+0008
a (487)= -1.9E+0008 a (488)= 0.0E+0000 a (489)= 0.0E+0000
a (490)= 3.8E+0008 a (491)= 0.0E+0000 a (492)= -8.8E+0008
a (493)= -4.4E+0008 a (494)= 0.0E+0000 a (495)= 1.8E+0009
a (496)= 0.0E+0000 a (497)= 4.4E+0008 a (498)= 1.5E+0008
a (499)= 0.0E+0000 a (500)= 0.0E+0000 a (501)= 5.8E+0008
a (502)= -1.9E+0008 a (503)= 0.0E+0000 a (504)= 0.0E+0000
a (505)= 3.8E+0008 a (506)= 0.0E+0000 a (507)= -8.8E+0008
a (508)= -4.4E+0008 a (509)= 0.0E+0000 a (510)= 1.8E+0009
a (511)= 0.0E+0000 a (512)= 4.4E+0008 a (513)= 1.5E+0008
a (514)= 0.0E+0000 a (515)= 0.0E+0000 a (516)= 5.8E+0008
a (517)= -1.9E+0008 a (518)= 0.0E+0000 a (519)= 0.0E+0000
a (520)= 3.8E+0008 a (521)= 0.0E+0000 a (522)= -8.8E+0008
a (523)= -4.4E+0008 a (524)= 0.0E+0000 a (525)= 1.8E+0009
a (526)= 0.0E+0000 a (527)= 4.4E+0008 a (528)= 1.5E+0008
a (529)= 0.0E+0000 a (530)= 0.0E+0000 a (531)= 5.8E+0008

```

a ( 532)= -1.9E+0008 a ( 533)= 0.0E+0000 a ( 534)= 0.0E+0000
a ( 535)= 3.8E+0008 a ( 536)= 0.0E+0000 a ( 537)= -8.8E+0008
a ( 538)= -4.4E+0008 a ( 539)= 0.0E+0000 a ( 540)= 1.8E+0009
a ( 541)= 0.0E+0000 a ( 542)= 4.4E+0008 a ( 543)= 1.5E+0008
a ( 544)= 0.0E+0000 a ( 545)= 0.0E+0000 a ( 546)= 5.8E+0008
a ( 547)= -1.9E+0008 a ( 548)= 0.0E+0000 a ( 549)= 0.0E+0000
a ( 550)= 3.8E+0008 a ( 551)= 0.0E+0000 a ( 552)= -8.8E+0008
a ( 553)= -4.4E+0008 a ( 554)= 0.0E+0000 a ( 555)= 1.8E+0009
a ( 556)= 0.0E+0000 a ( 557)= 4.4E+0008 a ( 558)= 1.5E+0008
a ( 559)= 0.0E+0000 a ( 560)= 0.0E+0000 a ( 561)= 5.8E+0008
a ( 562)= -1.9E+0008 a ( 563)= 0.0E+0000 a ( 564)= 0.0E+0000
a ( 565)= 3.8E+0008 a ( 566)= 0.0E+0000 a ( 567)= -8.8E+0008
a ( 568)= -4.4E+0008 a ( 569)= 0.0E+0000 a ( 570)= 1.8E+0009
a ( 571)= 0.0E+0000 a ( 572)= 4.4E+0008 a ( 573)= 1.5E+0008
a ( 574)= 0.0E+0000 a ( 575)= 0.0E+0000 a ( 576)= 5.8E+0008
a ( 577)= -1.9E+0008 a ( 578)= 0.0E+0000 a ( 579)= 0.0E+0000
a ( 580)= 3.8E+0008 a ( 581)= 0.0E+0000 a ( 582)= -8.8E+0008
a ( 583)= -4.4E+0008 a ( 584)= 0.0E+0000 a ( 585)= 1.8E+0009
a ( 586)= 0.0E+0000 a ( 587)= 4.4E+0008 a ( 588)= 1.5E+0008
a ( 589)= 0.0E+0000 a ( 590)= 0.0E+0000 a ( 591)= 5.8E+0008
a ( 592)= -1.9E+0008 a ( 593)= 0.0E+0000 a ( 594)= 0.0E+0000
a ( 595)= 3.8E+0008 a ( 596)= 0.0E+0000 a ( 597)= -8.8E+0008
a ( 598)= -4.4E+0008 a ( 599)= 0.0E+0000 a ( 600)= 1.8E+0009
a ( 601)= 0.0E+0000 a ( 602)= 4.4E+0008 a ( 603)= 1.5E+0008
a ( 604)= 0.0E+0000 a ( 605)= 0.0E+0000 a ( 606)= 5.8E+0008
a ( 607)= -1.9E+0008 a ( 608)= 0.0E+0000 a ( 609)= 0.0E+0000
a ( 610)= 3.8E+0008 a ( 611)= 0.0E+0000 a ( 612)= -8.8E+0008
a ( 613)= -4.4E+0008 a ( 614)= 0.0E+0000 a ( 615)= 1.8E+0009
a ( 616)= 0.0E+0000 a ( 617)= 4.4E+0008 a ( 618)= 1.5E+0008
a ( 619)= 0.0E+0000 a ( 620)= 0.0E+0000 a ( 621)= 5.8E+0008
a ( 622)= -1.9E+0008 a ( 623)= 0.0E+0000 a ( 624)= 0.0E+0000
a ( 625)= 3.8E+0008 a ( 626)= 0.0E+0000 a ( 627)= -8.8E+0008
a ( 628)= -4.4E+0008 a ( 629)= 0.0E+0000 a ( 630)= 1.8E+0009
a ( 631)= 0.0E+0000 a ( 632)= 4.4E+0008 a ( 633)= 1.5E+0008
a ( 634)= 0.0E+0000 a ( 635)= 0.0E+0000 a ( 636)= 5.8E+0008
a ( 637)= -1.9E+0008 a ( 638)= 0.0E+0000 a ( 639)= 0.0E+0000
a ( 640)= 3.8E+0008 a ( 641)= 0.0E+0000 a ( 642)= -8.8E+0008
a ( 643)= -4.4E+0008 a ( 644)= 0.0E+0000 a ( 645)= 1.8E+0009
a ( 646)= 0.0E+0000 a ( 647)= 4.4E+0008 a ( 648)= 1.5E+0008
a ( 649)= 0.0E+0000 a ( 650)= 0.0E+0000 a ( 651)= 5.8E+0008
a ( 652)= -1.9E+0008 a ( 653)= 0.0E+0000 a ( 654)= 0.0E+0000
a ( 655)= 3.8E+0008 a ( 656)= 0.0E+0000 a ( 657)= -8.8E+0008
a ( 658)= -4.4E+0008 a ( 659)= 0.0E+0000 a ( 660)= 1.8E+0009
a ( 661)= 0.0E+0000 a ( 662)= 4.4E+0008 a ( 663)= 1.5E+0008
a ( 664)= 0.0E+0000 a ( 665)= 0.0E+0000 a ( 666)= 5.8E+0008
a ( 667)= -1.9E+0008 a ( 668)= 0.0E+0000 a ( 669)= 0.0E+0000
a ( 670)= 3.8E+0008 a ( 671)= 0.0E+0000 a ( 672)= -8.8E+0008
a ( 673)= -4.4E+0008 a ( 674)= 0.0E+0000 a ( 675)= 1.8E+0009
a ( 676)= 0.0E+0000 a ( 677)= 4.4E+0008 a ( 678)= 1.5E+0008
a ( 679)= 0.0E+0000 a ( 680)= 0.0E+0000 a ( 681)= 5.8E+0008
a ( 682)= -1.9E+0008 a ( 683)= 0.0E+0000 a ( 684)= 0.0E+0000
a ( 685)= 3.8E+0008 a ( 686)= 0.0E+0000 a ( 687)= -8.8E+0008
a ( 688)= -4.4E+0008 a ( 689)= 0.0E+0000 a ( 690)= 1.8E+0009
a ( 691)= 0.0E+0000 a ( 692)= 4.4E+0008 a ( 693)= 1.5E+0008
a ( 694)= 0.0E+0000 a ( 695)= 0.0E+0000 a ( 696)= 5.8E+0008
a ( 697)= -1.9E+0008 a ( 698)= 0.0E+0000 a ( 699)= 0.0E+0000
a ( 700)= 3.8E+0008 a ( 701)= 0.0E+0000 a ( 702)= -8.8E+0008

```

```

a( 703)= -4.4E+0008 a( 704)= 0.0E+0000 a( 705)= 1.8E+0009
a( 706)= 0.0E+0000 a( 707)= 4.4E+0008 a( 708)= 1.5E+0008
a( 709)= 0.0E+0000 a( 710)= 0.0E+0000 a( 711)= 5.8E+0008
a( 712)= -1.9E+0008 a( 713)= 0.0E+0000 a( 714)= 0.0E+0000
a( 715)= 3.8E+0008 a( 716)= 0.0E+0000 a( 717)= -8.8E+0008
a( 718)= -4.4E+0008 a( 719)= 0.0E+0000 a( 720)= 1.8E+0009
a( 721)= 0.0E+0000 a( 722)= 4.4E+0008 a( 723)= 1.5E+0008
a( 724)= 0.0E+0000 a( 725)= 0.0E+0000 a( 726)= 5.8E+0008
a( 727)= -1.9E+0008 a( 728)= 0.0E+0000 a( 729)= 0.0E+0000
a( 730)= 3.8E+0008 a( 731)= 0.0E+0000 a( 732)= -8.8E+0008
a( 733)= -4.4E+0008 a( 734)= 0.0E+0000 a( 735)= 1.8E+0009
a( 736)= 0.0E+0000 a( 737)= 4.4E+0008 a( 738)= 1.5E+0008
a( 739)= 0.0E+0000 a( 740)= 0.0E+0000 a( 741)= 5.8E+0008
a( 742)= -1.9E+0008 a( 743)= 0.0E+0000 a( 744)= 0.0E+0000
a( 745)= 8.9E+0033 a( 746)= 0.0E+0000 a( 747)= -8.8E+0008
a( 748)= -4.4E+0008 a( 749)= 0.0E+0000 a( 750)= 8.9E+0033
a( 751)= 0.0E+0000 a( 752)= 4.4E+0008 a( 753)= 1.5E+0008
a( 754)= 0.0E+0000 a( 755)= -4.4E+0008 a( 756)= 2.9E+0008

```

```

-----
*** F I M M A T R I Z D E R I G I D E Z ***
-----

```

```

-----
DECAIMENTO MÁXIMO DOS ELEM. DA DIAGONAL: 2.9E+0001
Existe probabilidade de que o número de algarismos
corretos nos deslocamentos calculados seja 9
-----

```

```

c a r r e g a m e n t o 1
=====
=

```

Título :

```

          d e s l o c a m e n t o s   n o d a i s
no sistema  deslocamento  deslocamento  rotacao
                x                y                z
1  global  0.00000E+0000  3.65300E-0033  1.54287E-0005
2  global  0.00000E+0000  1.53566E-0005  1.52144E-0005
3  global  0.00000E+0000  3.02965E-0005  1.46032E-0005
4  global  0.00000E+0000  4.44465E-0005  1.36424E-0005
5  global  0.00000E+0000  5.74807E-0005  1.23795E-0005
6  global  0.00000E+0000  6.91206E-0005  1.08618E-0005
7  global  0.00000E+0000  7.91352E-0005  9.13675E-0006
8  global  0.00000E+0000  8.73408E-0005  7.25174E-0006
9  global  0.00000E+0000  9.36011E-0005  5.25415E-0006
10 global  0.00000E+0000  9.78273E-0005  3.19140E-0006
11 global  0.00000E+0000  9.99780E-0005  1.11086E-0006
12 global  0.00000E+0000  1.00058E-0004 -9.40040E-0007
13 global  0.00000E+0000  9.81236E-0005 -2.91393E-0006
14 global  0.00000E+0000  9.42726E-0005 -4.76340E-0006
15 global  0.00000E+0000  8.86541E-0005 -6.44105E-0006
16 global  0.00000E+0000  8.14635E-0005 -7.89949E-0006
17 global  0.00000E+0000  7.29439E-0005 -9.09133E-0006

```


18	global	0.00000E+0000	6.33855E-0005	-9.96916E-0006
19	global	0.00000E+0000	5.31261E-0005	-1.04855E-0005
20	global	0.00000E+0000	4.25506E-0005	-1.05932E-0005
21	global	0.00000E+0000	3.20917E-0005	-1.02446E-0005
22	global	0.00000E+0000	2.22292E-0005	-9.39250E-0006
23	global	0.00000E+0000	1.34903E-0005	-7.98935E-0006
24	global	0.00000E+0000	6.44994E-0006	-5.98782E-0006
25	global	0.00000E+0000	1.72999E-0006	-3.34050E-0006
26	global	0.00000E+0000	1.21766E-0032	1.18722E-0017
27	global	0.00000E+0000	1.72999E-0006	3.34050E-0006
28	global	0.00000E+0000	6.44994E-0006	5.98782E-0006
29	global	0.00000E+0000	1.34903E-0005	7.98935E-0006
30	global	0.00000E+0000	2.22292E-0005	9.39250E-0006
31	global	0.00000E+0000	3.20917E-0005	1.02446E-0005
32	global	0.00000E+0000	4.25506E-0005	1.05932E-0005
33	global	0.00000E+0000	5.31261E-0005	1.04855E-0005
34	global	0.00000E+0000	6.33855E-0005	9.96916E-0006
35	global	0.00000E+0000	7.29439E-0005	9.09133E-0006
36	global	0.00000E+0000	8.14635E-0005	7.89949E-0006
37	global	0.00000E+0000	8.86541E-0005	6.44105E-0006
38	global	0.00000E+0000	9.42726E-0005	4.76340E-0006
39	global	0.00000E+0000	9.81236E-0005	2.91393E-0006
40	global	0.00000E+0000	1.00058E-0004	9.40040E-0007
41	global	0.00000E+0000	9.99780E-0005	-1.11086E-0006
42	global	0.00000E+0000	9.78273E-0005	-3.19140E-0006
43	global	0.00000E+0000	9.36011E-0005	-5.25415E-0006
44	global	0.00000E+0000	8.73408E-0005	-7.25174E-0006
45	global	0.00000E+0000	7.91352E-0005	-9.13675E-0006
46	global	0.00000E+0000	6.91206E-0005	-1.08618E-0005
47	global	0.00000E+0000	5.74807E-0005	-1.23795E-0005
48	global	0.00000E+0000	4.44465E-0005	-1.36424E-0005
49	global	0.00000E+0000	3.02965E-0005	-1.46032E-0005
50	global	0.00000E+0000	1.53566E-0005	-1.52144E-0005
51	global	0.00000E+0000	3.65300E-0033	-1.54287E-0005

r e a ç õ e s n o s a p o i o s				
nó	sistema	força	força	momento
		x	y	z
1	global	-0.00	-32.44	-0.00
26	global	-0.00	-108.12	-0.00
51	global	-0.00	-32.44	0.00

Resultante	0.00	-173.00	-4325.00
------------	------	---------	----------

NOTA:

O(s) momento(s) resultante(s) é(são) em relação à origem do sistema global.

d i f e r e n ç a d e e q u i l í b r i o			
(o equilíbrio de momento é feito em relação à origem)			
	força	força	momento
	x	y	z
	0.000	-0.000	-0.000

barra	e s f sistema	o r ç o s nó	n a s força normal	b a r r a s força cortante	momento fletor
1	local	1	0.00	-32.44	0.00
		2	0.00	28.98	-30.71
2	local	2	0.00	-28.98	30.71
		3	0.00	25.52	-57.95
3	local	3	0.00	-25.52	57.95
		4	0.00	22.06	-81.74
4	local	4	0.00	-22.06	81.74
		5	0.00	18.60	-102.07
5	local	5	0.00	-18.60	102.07
		6	0.00	15.14	-118.94
6	local	6	0.00	-15.14	118.94
		7	0.00	11.68	-132.34
7	local	7	0.00	-11.68	132.34
		8	0.00	8.22	-142.29
8	local	8	0.00	-8.22	142.29
		9	0.00	4.76	-148.78
9	local	9	0.00	-4.76	148.78
		10	0.00	1.30	-151.81
10	local	10	0.00	-1.30	151.81
		11	0.00	-2.16	-151.37
11	local	11	0.00	2.16	151.37
		12	0.00	-5.62	-147.48
12	local	12	0.00	5.62	147.48
		13	0.00	-9.08	-140.13
13	local	13	0.00	9.08	140.13
		14	0.00	-12.54	-129.32
14	local	14	0.00	12.54	129.32
		15	0.00	-16.00	-115.04
15	local	15	0.00	16.00	115.04
		16	0.00	-19.46	-97.31
16	local	16	0.00	19.46	97.31
		17	0.00	-22.92	-76.12
17	local	17	0.00	22.92	76.12
		18	0.00	-26.38	-51.47
18	local	18	0.00	26.38	51.47
		19	0.00	-29.84	-23.35
19	local	19	0.00	29.84	23.35
		20	0.00	-33.30	8.22
20	local	20	0.00	33.30	-8.22
		21	0.00	-36.76	43.25
21	local	21	0.00	36.76	-43.25
		22	0.00	-40.22	81.74
22	local	22	0.00	40.22	-81.74
		23	0.00	-43.68	123.70
23	local	23	0.00	43.68	-123.70
		24	0.00	-47.14	169.11
24	local	24	0.00	47.14	-169.11
		25	0.00	-50.60	217.98
25	local	25	0.00	50.60	-217.98
		26	0.00	-54.06	270.31
26	local	26	0.00	54.06	-270.31
		27	0.00	50.60	217.98
27	local	27	0.00	-50.60	-217.98
		28	0.00	47.14	169.11

28	local	28	0.00	-47.14	-169.11
		29	0.00	43.68	123.69
29	local	29	0.00	-43.68	-123.69
		30	0.00	40.22	81.74
30	local	30	0.00	-40.22	-81.74
		31	0.00	36.76	43.25
31	local	31	0.00	-36.76	-43.25
		32	0.00	33.30	8.22
32	local	32	0.00	-33.30	-8.22
		33	0.00	29.84	-23.36
33	local	33	0.00	-29.84	23.36
		34	0.00	26.38	-51.47
34	local	34	0.00	-26.38	51.47
		35	0.00	22.92	-76.12
35	local	35	0.00	-22.92	76.12
		36	0.00	19.46	-97.31
36	local	36	0.00	-19.46	97.31
		37	0.00	16.00	-115.05
37	local	37	0.00	-16.00	115.05
		38	0.00	12.54	-129.32
38	local	38	0.00	-12.54	129.32
		39	0.00	9.08	-140.13
39	local	39	0.00	-9.08	140.13
		40	0.00	5.62	-147.48
40	local	40	0.00	-5.62	147.48
		41	0.00	2.16	-151.38
41	local	41	0.00	-2.16	151.38
		42	0.00	-1.30	-151.81
42	local	42	0.00	1.30	151.81
		43	0.00	-4.76	-148.78
43	local	43	0.00	4.76	148.78
		44	0.00	-8.22	-142.29
44	local	44	0.00	8.22	142.29
		45	0.00	-11.68	-132.35
45	local	45	0.00	11.68	132.35
		46	0.00	-15.14	-118.94
46	local	46	0.00	15.14	118.94
		47	0.00	-18.60	-102.07
47	local	47	0.00	18.60	102.07
		48	0.00	-22.06	-81.74
48	local	48	0.00	22.06	81.74
		49	0.00	-25.52	-57.96
49	local	49	0.00	25.52	57.96
		50	0.00	-28.98	-30.71
50	local	50	0.00	28.98	30.71
		51	0.00	-32.44	-0.00

Fim Do Programa

**ANEXO B –Valores Adimensionais para Armadura Longitudinal de Seções
Retangulares (Carvalho e Figueiredo Filho, 2001)**

<i>KMD</i>	<i>KX</i>	<i>KZ</i>	ϵ_c	ϵ_s
0,0100	0,0148	0,9941	0,1502	10,0000
0,0150	0,0223	0,9911	0,2285	10,0000
0,0200	0,0298	0,9881	0,3068	10,0000
0,0250	0,0374	0,9851	0,3886	10,0000
0,0300	0,0449	0,9820	0,4704	10,0000
0,0350	0,0526	0,9790	0,5559	10,0000
0,0400	0,0603	0,9759	0,6414	10,0000
0,0450	0,0681	0,9728	0,7310	10,0000
0,0500	0,0758	0,9697	0,8205	10,0000
0,0550	0,0836	0,9665	0,9133	10,0000
0,0600	0,0916	0,9634	1,0083	10,0000
0,0650	0,0995	0,9602	1,1056	10,0000
0,0700	0,1076	0,9570	1,2054	10,0000
0,0750	0,1156	0,9537	1,3077	10,0000
0,0800	0,1238	0,9505	1,4126	10,0000
0,0850	0,1320	0,9472	1,5203	10,0000
0,0900	0,1403	0,9439	1,6308	10,0000
0,0950	0,1485	0,9406	1,7444	10,0000
0,1000	0,1569	0,9372	1,8611	10,0000
0,1050	0,1654	0,9339	1,9810	10,0000
0,1100	0,1739	0,9305	2,1044	10,0000
0,1150	0,1824	0,9270	2,2314	10,0000
0,1200	0,1911	0,9236	2,3621	10,0000
0,1250	0,1998	0,9201	2,4967	10,0000
0,1300	0,2086	0,9166	2,6355	10,0000
0,1350	0,2175	0,9130	2,7786	10,0000
0,1400	0,2264	0,9094	2,9263	10,0000
0,1450	0,2354	0,9058	3,0787	10,0000
0,1500	0,2445	0,9022	3,2363	10,0000
0,1550	0,2536	0,8985	3,3391	10,0000

<i>KMD</i>	<i>KX</i>	<i>KZ</i>	ϵ_c	ϵ_s
0,1600	0,2630	0,8948	3,5000	9,8104
0,1650	0,2723	0,8911	3,5000	9,3531
0,1700	0,2818	0,8873	3,5000	8,9222
0,1750	0,2913	0,8835	3,5000	8,5154
0,1800	0,3009	0,8796	3,5000	8,3106
0,1850	0,3106	0,8757	3,5000	7,7662
0,1900	0,3205	0,8718	3,5000	7,4204
0,1950	0,3305	0,8678	3,5000	7,0919
0,2000	0,3405	0,8638	3,5000	6,7793
0,2050	0,3506	0,8597	3,5000	6,4814
0,2100	0,3609	0,8556	3,5000	6,1971
0,2150	0,3714	0,8515	3,5000	5,9255
0,2200	0,3819	0,8473	3,5000	5,6658
0,2250	0,3925	0,8430	3,5000	5,4170
0,2300	0,4033	0,8387	3,5000	5,1785
0,2350	0,4143	0,8343	3,5000	4,9496
0,2400	0,4253	0,8299	3,5000	4,7297
0,2450	0,4365	0,8254	3,5000	4,5181
0,2500	0,4479	0,8208	3,5000	4,3144
0,2550	0,4594	0,8162	3,5000	4,1181
0,2600	0,4711	0,8115	3,5000	3,9287
0,2650	0,4830	0,8068	3,5000	3,7459
0,2700	0,4951	0,8020	3,5000	3,5691
0,2750	0,5074	0,7970	3,5000	3,3981
0,2800	0,5199	0,7921	3,5000	3,2324
0,2850	0,5326	0,7870	3,5000	3,0719
0,2900	0,5455	0,7818	3,5000	2,9162
0,2950	0,5586	0,7765	3,5000	2,7649
0,3000	0,5721	0,7712	3,5000	2,6179
0,3050	0,5858	0,7657	3,5000	2,4748
0,3100	0,5998	0,7601	3,5000	2,3355
0,3150	0,6141	0,7544	3,5000	2,1997
0,3200	0,6287	0,7485	3,5000	2,0672

<i>KMD</i>	<i>KX</i>	<i>KZ</i>	ϵ_c	ϵ_s
0,3250	0,6439	0,7425	3,5000	1,9386
0,3300	0,6590	0,7364	3,5000	1,8100
0,3350	0,6750	0,7300	3,5000	1,6876
0,3400	0,6910	0,7236	3,5000	1,5652
0,3450	0,7080	0,7168	3,5000	1,4468
0,3500	0,7249	0,7100	3,5000	1,3283
0,3550	0,7431	0,7028	3,5000	1,2133
0,3600	0,7612	0,6955	3,5000	1,0983
0,3650	0,7808	0,6877	3,5000	0,9858
0,3700	0,8003	0,6799	3,5000	0,8732
0,3750	0,8218	0,6713	3,5000	0,7619
0,3800	0,8433	0,6627	3,5000	0,6506

ANEXO C –Entrada/Saída do Software CAST 0.9.11

CAST - Computer Aided Strut-and-Tie - Version 0.9.11
(Last Updated on 1/26/04)

File Name: Encontros.txt
Date and Time Created: 17/6/2005 19:20:53
Associated Input Data File Name: Encontros.CST

PROJECT DESCRIPTION :

PROJECT NAME: Cortina do Projeto Final
DESIGNER: Maikon C. R. Pessanha
DATE: 13/6/2005
PROJECT NOTE:

GENERAL PROPERTIES :

UNIT: SI Unit
D-REGION THICKNESS: 1000,0 mm
CONCRETE CYLINDER STRENGTH: 30,00 MPa
CONCRETE TENSILE STRENGTH: 0,00 MPa
NON-PRESTRESSED REINFORCEMENT YIELD STRENGTH: 500,00 MPa

STRUCTURE 'S BOUNDARIES DATA :

BOUNDARY ID	POSITION	# OF	ENCLOSED AREA	ENCLOSED AREA	
CENTROID		CORNERS	(mm ²)	X (mm)	Y (mm)
OStrB	Outer	8	-578125,1	92,3	1032,7

BOUNDARY ID	CORNER COORDINATES	
	X (mm)	Y (mm)
OStrB	0,0	0,0
	0,0	1025,0
	-250,0	1150,0
	-250,0	1400,0
	0,0	1400,0
	0,0	2000,0
	250,0	2000,0
	250,0	0,0

LOAD CONDITIONS :

LC1

STRUT - AND - TIE NODE COORDINATES :

LOAD CONDITION: LC1

NODE ID	X (mm)	Y (mm)	FUNCTION
N1	62,5	50,0	Strut-and-Tie
N2	62,5	205,0	Strut-and-Tie
N3	62,5	410,0	Strut-and-Tie
N4	62,5	615,0	Strut-and-Tie
N5	62,5	820,0	Strut-and-Tie
N6	62,5	1000,0	Strut-and-Tie
N7	-187,5	1337,5	Strut-and-Tie
N8	62,5	1337,5	Strut-and-Tie
N9	62,5	1537,5	Strut-and-Tie
N10	62,5	1737,5	Strut-and-Tie
N11	62,5	1950,0	Strut-and-Tie
N12	187,5	1950,0	Strut-and-Tie
N13	187,5	1737,5	Strut-and-Tie
N14	187,5	1537,5	Strut-and-Tie
N15	187,5	1337,5	Strut-and-Tie
N16	187,5	1000,0	Strut-and-Tie
N17	187,5	820,0	Strut-and-Tie
N18	187,5	615,0	Strut-and-Tie
N19	187,5	410,0	Strut-and-Tie
N20	187,5	205,0	Strut-and-Tie
N21	187,5	50,0	Strut-and-Tie
N22	62,5	0,0	Load/Support
N23	187,5	0,0	Load/Support
N24	156,2	0,0	Load/Support
N25	0,0	50,0	Load/Support
N26	0,0	205,0	Load/Support
N27	0,0	410,0	Load/Support
N28	0,0	615,0	Load/Support
N29	0,0	820,0	Load/Support
N30	0,0	1000,0	Load/Support
N31	-250,0	1337,5	Load/Support
N32	-187,5	1400,0	Load/Support
N33	0,0	1537,5	Load/Support
N34	0,0	1737,5	Load/Support
N35	0,0	1950,0	Load/Support
N36	62,5	2000,0	Load/Support
N37	187,5	2000,0	Load/Support
N38	250,0	1950,0	Load/Support

S T R U T - A N D - T I E E L E M E N T D A T A :

LOAD CONDITION: LC1

ELEMENT ID	CONNECTIVITY		LENGTH (mm)
	END I	END J	
E1	N1	N2	155,0
E2	N2	N3	205,0
E3	N3	N4	205,0
E4	N4	N5	205,0
E5	N5	N6	180,0
E6	N6	N8	337,5
E7	N7	N6	420,0
E8	N7	N8	250,0
E9	N8	N9	200,0

E10	N9	N10	200,0
E11	N10	N11	212,5
E12	N11	N12	125,0
E13	N12	N13	212,5
E14	N13	N14	200,0
E15	N14	N15	200,0
E16	N16	N15	337,5
E17	N17	N16	180,0
E18	N17	N18	205,0
E19	N18	N19	205,0
E20	N19	N20	205,0
E21	N20	N21	155,0
E22	N1	N21	125,0
E23	N2	N21	199,1
E24	N2	N20	125,0
E25	N20	N3	240,1
E26	N3	N19	125,0
E27	N19	N4	240,1
E28	N4	N18	125,0
E29	N18	N5	240,1
E30	N5	N17	125,0
E31	N6	N16	125,0
E32	N6	N17	219,1
E33	N6	N15	359,9
E34	N8	N15	125,0
E35	N9	N15	235,8
E36	N9	N14	125,0
E37	N10	N14	235,8
E38	N10	N13	125,0
E39	N11	N13	246,5
E40	N1	N22	50,0
E41	N21	N23	50,0
E42	N1	N24	106,2
E43	N1	N25	62,5
E44	N2	N26	62,5
E45	N3	N27	62,5
E46	N4	N28	62,5
E47	N5	N29	62,5
E48	N6	N30	62,5
E49	N7	N31	62,5
E50	N7	N32	62,5
E51	N9	N33	62,5
E52	N10	N34	62,5
E53	N11	N35	62,5
E54	N11	N36	50,0
E55	N12	N37	50,0
E56	N12	N38	62,5

ELEMENT ID	DIRECTION (deg.)	FUNCTION
E1	90,00	Strut-and-Tie
E2	90,00	Strut-and-Tie
E3	90,00	Strut-and-Tie
E4	90,00	Strut-and-Tie
E5	90,00	Strut-and-Tie
E6	90,00	Strut-and-Tie

E7	306,53	Strut-and-Tie
E8	0,00	Strut-and-Tie
E9	90,00	Strut-and-Tie
E10	90,00	Strut-and-Tie
E11	90,00	Strut-and-Tie
E12	0,00	Strut-and-Tie
E13	270,00	Strut-and-Tie
E14	270,00	Strut-and-Tie
E15	270,00	Strut-and-Tie
E16	90,00	Strut-and-Tie
E17	90,00	Strut-and-Tie
E18	270,00	Strut-and-Tie
E19	270,00	Strut-and-Tie
E20	270,00	Strut-and-Tie
E21	270,00	Strut-and-Tie
E22	0,00	Strut-and-Tie
E23	308,88	Strut-and-Tie
E24	0,00	Strut-and-Tie
E25	121,37	Strut-and-Tie
E26	0,00	Strut-and-Tie
E27	121,37	Strut-and-Tie
E28	0,00	Strut-and-Tie
E29	121,37	Strut-and-Tie
E30	0,00	Strut-and-Tie
E31	0,00	Stabilizer
E32	304,78	Strut-and-Tie
E33	69,68	Strut-and-Tie
E34	0,00	Strut-and-Tie
E35	302,01	Strut-and-Tie
E36	0,00	Strut-and-Tie
E37	302,01	Strut-and-Tie
E38	0,00	Strut-and-Tie
E39	300,47	Strut-and-Tie
E40	270,00	Strut-and-Tie
E41	270,00	Strut-and-Tie
E42	331,93	Strut-and-Tie
E43	180,00	Strut-and-Tie
E44	180,00	Strut-and-Tie
E45	180,00	Strut-and-Tie
E46	180,00	Strut-and-Tie
E47	180,00	Strut-and-Tie
E48	180,00	Strut-and-Tie
E49	180,00	Strut-and-Tie
E50	90,00	Strut-and-Tie
E51	180,00	Strut-and-Tie
E52	180,00	Strut-and-Tie
E53	180,00	Strut-and-Tie
E54	90,00	Strut-and-Tie
E55	90,00	Strut-and-Tie
E56	0,00	Strut-and-Tie

S T R U T - A N D - T I E P R O P E R T Y T Y P E S :

STRUT TYPES:

STRUT TYPE	STRUT EQUATION	EFFECTIVENESS FACTOR	PHI FACTOR	STRESS LIMIT (MPa)
(0) ACI Prismatic Struts	ACI (0)	0,850	0,750	19,13
(1) ACI Bottle-Shaped Struts w/ Steel	ACI (1)	0,638	0,750	14,34

NOTATION FOR ACI STRUT EQUATIONS:

- (0) ACI Prismatic Struts
- (1) ACI Bottle-Shaped Struts w/ Steel
- (2) ACI Bottle-Shaped Struts w/o Steel
- (3) ACI Struts in Tension Members
- (4) ACI Struts for All Other Cases

NOTATION FOR USER-DEFINED/GENERAL STRUT EQUATIONS:

- (0) User-Defined
- (1) Nielsen (1978)
- (2) Ramirez & Breen (1983)
- (3) Marti (1985)
- (4) Schlaich (1987) Uncracked Strut
- (5) Schlaich (1987) Strut w/ Reinf/Tensile Strain Perp to Its Axis
- (6) Schlaich (1987) Strut w/ Skew Reinf/Tensile Strain to Its Axis
- (7) Schlaich (1987) Strut w/ Severe Crack Width
- (8) MacGregor (1997) Uncracked Strut
- (9) MacGregor (1997) Cracked Strut w/ Transv Steel
- (10) MacGregor (1997) Cracked Strut w/o Transv Steel
- (11) MacGregor (1997) Strut in Tension Zone

TIE TYPES:

TYPE NAME	# OF LAYERS
Main Tie	1

TYPE NAME	TOTAL AREA (mm ²)	PHI FACTOR	OVERSTRENGTH FACTOR	YIELD FORCE (kN)
Main Tie	995,0	0,750	1,250	466,4

TYPE NAME	LAYER #	BAR SIZE	# OF BARS	DISTANCE FROM REFERENCE LINE (mm)
Main Tie	1	#16	5	0,0

NODE TYPES:

NODE TYPE	NODE EQUATION	EFFECTIVENESS FACTOR	PHI FACTOR	STRESS LIMIT (MPa)
(2) ACI CTT Nodes	ACI (2)	0,510	0,750	11,48
(1) ACI CCT Nodes	ACI (1)	0,680	0,750	15,30
(0) ACI CCC Nodes	ACI (0)	0,850	0,750	19,13

NOTATION FOR ACI NODE EQUATIONS:

- (0) ACI CCC Nodes
- (1) ACI CCT Nodes
- (2) ACI CTT Nodes

NOTATION FOR USER-DEFINED/GENERAL NODE EQUATIONS:

- (0) User-Defined
- (1) Marti (1985) CCC Node
- (2) Schlaich et al (1987) CCC Node
- (3) Schlaich et al (1987) CCT/CTT Node
- (4) MacGregor (1997) CCC Node
- (5) MacGregor (1997) CCT Node
- (6) MacGregor (1997) CTT Node

S T R U T - A N D - T I E P R O P E R T Y A S S I G N M E N T S :

LOAD CONDITION: LC1

NODES:

NODE ID	PROPERTY TYPE	THICKNESS SCALE FACTOR
N1	(2) ACI CTT Nodes	1,0
N2	(2) ACI CTT Nodes	1,0
N3	(2) ACI CTT Nodes	1,0
N4	(1) ACI CCT Nodes	1,0
N5	(1) ACI CCT Nodes	1,0
N6	(1) ACI CCT Nodes	1,0
N7	(2) ACI CTT Nodes	1,0
N8	(2) ACI CTT Nodes	1,0
N9	(2) ACI CTT Nodes	1,0
N10	(2) ACI CTT Nodes	1,0
N11	(2) ACI CTT Nodes	1,0
N12	(2) ACI CTT Nodes	1,0
N13	(1) ACI CCT Nodes	1,0
N14	(1) ACI CCT Nodes	1,0
N15	(2) ACI CTT Nodes	1,0
N16	(2) ACI CTT Nodes	1,0
N17	(2) ACI CTT Nodes	1,0
N18	(1) ACI CCT Nodes	1,0
N19	(1) ACI CCT Nodes	1,0
N20	(1) ACI CCT Nodes	1,0
N21	(1) ACI CCT Nodes	1,0
N22	(1) ACI CCT Nodes	1,0
N23	(0) ACI CCC Nodes	1,0
N24	(0) ACI CCC Nodes	1,0
N25	(0) ACI CCC Nodes	1,0
N26	(0) ACI CCC Nodes	1,0
N27	(0) ACI CCC Nodes	1,0
N28	(0) ACI CCC Nodes	1,0
N29	(0) ACI CCC Nodes	1,0
N30	(0) ACI CCC Nodes	1,0
N31	(1) ACI CCT Nodes	1,0
N32	(0) ACI CCC Nodes	1,0
N33	(0) ACI CCC Nodes	1,0
N34	(0) ACI CCC Nodes	1,0
N35	(0) ACI CCC Nodes	1,0
N36	(0) ACI CCC Nodes	1,0
N37	(0) ACI CCC Nodes	1,0
N38	(1) ACI CCT Nodes	1,0

ELEMENTS:

ELEMENT ID	PROPERTY TYPE	RELATIVE STIFFNESS
E1	Main Tie	1,000
E2	Main Tie	1,000
E3	(0) ACI Prismatic Struts	1,000
E4	(0) ACI Prismatic Struts	1,000
E5	(0) ACI Prismatic Struts	1,000
E6	Main Tie	1,000
E7	(1) ACI Bottle-Shaped Struts w/ Steel	1,000
E8	Main Tie	1,000
E9	Main Tie	1,000
E10	Main Tie	1,000
E11	Main Tie	1,000
E12	Main Tie	1,000
E13	(0) ACI Prismatic Struts	1,000
E14	(0) ACI Prismatic Struts	1,000
E15	(0) ACI Prismatic Struts	1,000
E16	Main Tie	1,000
E17	Main Tie	1,000
E18	(0) ACI Prismatic Struts	1,000
E19	(0) ACI Prismatic Struts	1,000
E20	(0) ACI Prismatic Struts	1,000
E21	(0) ACI Prismatic Struts	1,000
E22	Main Tie	1,000
E23	(1) ACI Bottle-Shaped Struts w/ Steel	1,000
E24	Main Tie	1,000
E25	(1) ACI Bottle-Shaped Struts w/ Steel	1,000
E26	Main Tie	1,000
E27	(1) ACI Bottle-Shaped Struts w/ Steel	1,000
E28	Main Tie	1,000
E29	(1) ACI Bottle-Shaped Struts w/ Steel	1,000
E30	Main Tie	1,000
E31	Main Tie	1,000
E32	(1) ACI Bottle-Shaped Struts w/ Steel	1,000
E33	(1) ACI Bottle-Shaped Struts w/ Steel	1,000
E34	Main Tie	1,000
E35	(1) ACI Bottle-Shaped Struts w/ Steel	1,000
E36	Main Tie	1,000
E37	(1) ACI Bottle-Shaped Struts w/ Steel	1,000
E38	Main Tie	1,000
E39	(1) ACI Bottle-Shaped Struts w/ Steel	1,000
E40	Main Tie	1,000
E41	(0) ACI Prismatic Struts	1,000
E42	(1) ACI Bottle-Shaped Struts w/ Steel	1,000
E43	(0) ACI Prismatic Struts	1,000
E44	(0) ACI Prismatic Struts	1,000
E45	(0) ACI Prismatic Struts	1,000
E46	(0) ACI Prismatic Struts	1,000
E47	(0) ACI Prismatic Struts	1,000
E48	(0) ACI Prismatic Struts	1,000
E49	Main Tie	1,000
E50	(0) ACI Prismatic Struts	1,000
E51	(0) ACI Prismatic Struts	1,000
E52	(0) ACI Prismatic Struts	1,000

E53	(0) ACI Prismatic Struts	1,000
E54	(0) ACI Prismatic Struts	1,000
E55	(0) ACI Prismatic Struts	1,000
E56	Main Tie	1,000

ELEMENT ID	PROVIDED WIDTH (mm)	THICKNESS SCALE FACTOR
E1	50,0	1,0
E2	50,0	1,0
E3	50,0	1,0
E4	50,0	1,0
E5	50,0	1,0
E6	50,0	1,0
E7	70,0	1,0
E8	50,0	1,0
E9	50,0	1,0
E10	50,0	1,0
E11	50,0	1,0
E12	50,0	1,0
E13	50,0	1,0
E14	50,0	1,0
E15	50,0	1,0
E16	50,0	1,0
E17	50,0	1,0
E18	50,0	1,0
E19	50,0	1,0
E20	50,0	1,0
E21	50,0	1,0
E22	30,0	1,0
E23	50,0	1,0
E24	50,0	1,0
E25	50,0	1,0
E26	50,0	1,0
E27	50,0	1,0
E28	50,0	1,0
E29	50,0	1,0
E30	50,0	1,0
E31	50,0	1,0
E32	50,0	1,0
E33	50,0	1,0
E34	50,0	1,0
E35	50,0	1,0
E36	50,0	1,0
E37	50,0	1,0
E38	50,0	1,0
E39	50,0	1,0
E40	50,0	1,0
E41	50,0	1,0
E42	30,0	1,0
E43	30,0	1,0
E44	50,0	1,0
E45	50,0	1,0
E46	50,0	1,0
E47	50,0	1,0
E48	50,0	1,0

E49	50,0	1,0
E50	100,0	1,0
E51	50,0	1,0
E52	50,0	1,0
E53	50,0	1,0
E54	50,0	1,0
E55	50,0	1,0
E56	50,0	1,0

S T R E S S - S T R A I N R E L A T I O N S H I P S :

TYPE NAME	# OF POINTS	INPUT FORMAT	FIRST COLUMN	SECOND COLUMN
-----------	-------------	-----------------	-----------------	------------------

NOTATION FOR STRESS-STRAIN FORMAT:

- (0) Strain (mm/mm); Stress (MPa)
- (1) Stress (MPa); Strain (mm/mm)
- (2) Strain (mm/mm); Stress (f'c)
- (3) Stress (f'c); Strain (mm/mm)
- (4) Strain (mm/mm); Stress (fy)
- (5) Stress (fy); Strain (mm/mm)

TYPE NAME	STRESS (MPa)	STRAIN (mm/mm)	TANGENT MODULUS (MPa)	
TYPE NAME	YIELD POINT		ULTIMATE POINT	
	STRESS (MPa)	STRAIN (mm/mm)	STRESS (MPa)	STRESS (mm/mm)

S T R E S S - S T R A I N R E L A T I O N S H I P A S S I G N M E N T S :

LOAD CONDITION: LC1

ELEMENT ID	STRESS-STRAIN CURVE	SCALE FACTOR
E1	(Not Yet Assigned)	NA
E2	(Not Yet Assigned)	NA
E3	(Not Yet Assigned)	NA
E4	(Not Yet Assigned)	NA
E5	(Not Yet Assigned)	NA
E6	(Not Yet Assigned)	NA
E7	(Not Yet Assigned)	NA
E8	(Not Yet Assigned)	NA
E9	(Not Yet Assigned)	NA
E10	(Not Yet Assigned)	NA
E11	(Not Yet Assigned)	NA
E12	(Not Yet Assigned)	NA
E13	(Not Yet Assigned)	NA
E14	(Not Yet Assigned)	NA
E15	(Not Yet Assigned)	NA
E16	(Not Yet Assigned)	NA
E17	(Not Yet Assigned)	NA
E18	(Not Yet Assigned)	NA
E19	(Not Yet Assigned)	NA
E20	(Not Yet Assigned)	NA
E21	(Not Yet Assigned)	NA
E22	(Not Yet Assigned)	NA
E23	(Not Yet Assigned)	NA

E24	(Not Yet Assigned)	NA
E25	(Not Yet Assigned)	NA
E26	(Not Yet Assigned)	NA
E27	(Not Yet Assigned)	NA
E28	(Not Yet Assigned)	NA
E29	(Not Yet Assigned)	NA
E30	(Not Yet Assigned)	NA
E31	(Not Yet Assigned)	NA
E32	(Not Yet Assigned)	NA
E33	(Not Yet Assigned)	NA
E34	(Not Yet Assigned)	NA
E35	(Not Yet Assigned)	NA
E36	(Not Yet Assigned)	NA
E37	(Not Yet Assigned)	NA
E38	(Not Yet Assigned)	NA
E39	(Not Yet Assigned)	NA
E40	(Not Yet Assigned)	NA
E41	(Not Yet Assigned)	NA
E42	(Not Yet Assigned)	NA
E43	(Not Yet Assigned)	NA
E44	(Not Yet Assigned)	NA
E45	(Not Yet Assigned)	NA
E46	(Not Yet Assigned)	NA
E47	(Not Yet Assigned)	NA
E48	(Not Yet Assigned)	NA
E49	(Not Yet Assigned)	NA
E50	(Not Yet Assigned)	NA
E51	(Not Yet Assigned)	NA
E52	(Not Yet Assigned)	NA
E53	(Not Yet Assigned)	NA
E54	(Not Yet Assigned)	NA
E55	(Not Yet Assigned)	NA
E56	(Not Yet Assigned)	NA

S T R U C T U R E ' S B O U N D A R Y C O N D I T I O N S :

LOAD CONDITION: LC1

BEARING PLATES:

NODE ID	LENGTH (mm)	WIDTH (mm)	THICKNESS (mm)
N25	30,0	200,0	10,0
N26	50,0	200,0	10,0
N27	50,0	200,0	10,0
N28	50,0	200,0	10,0
N29	50,0	200,0	10,0
N30	50,0	200,0	10,0
N31	50,0	200,0	10,0
N32	100,0	200,0	25,0
N33	50,0	200,0	10,0
N34	50,0	200,0	10,0
N35	50,0	200,0	10,0
N36	50,0	200,0	10,0
N37	50,0	200,0	10,0
N38	50,0	200,0	10,0

BOUNDARY FORCES OR SUPPORTS:

NODE ID	LOAD (kN)	SUPPORT	DIRECTION (deg.)
N22	-	YES	180,00
N23	-	YES	180,00
N24	-	YES	241,93
N25	-3,3	-	90,00
N26	-6,0	-	90,00
N27	-5,4	-	90,00
N28	-4,7	-	90,00
N29	-4,0	-	90,00
N30	-4,2	-	90,00
N31	12,3	-	90,00
N32	-194,0	-	0,00
N33	-1,8	-	90,00
N34	-1,2	-	90,00
N35	-22,9	-	90,00
N36	-37,6	-	0,00
N37	-37,6	-	0,00
N38	22,5	-	-90,00

SIGN CONVENTION:

(+) Force pointing away from the node

(-) Force pointing toward the node

Zero force = free node/no support

STRUCTURE'S BODY FORCES OR SUPPORTS:

LOAD CONDITION: LC1

NODE ID	1-DIRECTION FORCE (kN)	SUPPORT	LOCAL AXIS DIRECTION (deg.)
N1	0,0	-	0,00
N2	0,0	-	0,00
N3	0,0	-	0,00
N4	0,0	-	0,00
N5	0,0	-	0,00
N6	0,0	-	0,00
N7	0,0	-	0,00
N8	0,0	-	0,00
N9	0,0	-	0,00
N10	0,0	-	0,00
N11	0,0	-	0,00
N12	0,0	-	0,00
N13	0,0	-	0,00
N14	0,0	-	0,00
N15	0,0	-	0,00
N16	0,0	-	0,00
N17	0,0	-	0,00
N18	0,0	-	0,00
N19	0,0	-	0,00
N20	0,0	-	0,00
N21	0,0	-	0,00

N22	0,0	-	0,00
N23	0,0	-	0,00
N24	0,0	-	0,00
N25	0,0	-	0,00
N26	0,0	-	0,00
N27	0,0	-	0,00
N28	0,0	-	0,00
N29	0,0	-	0,00
N30	0,0	-	0,00
N31	0,0	-	0,00
N32	0,0	-	0,00
N33	0,0	-	0,00
N34	0,0	-	0,00
N35	0,0	-	0,00
N36	0,0	-	0,00
N37	0,0	-	0,00
N38	0,0	-	0,00

NODE ID	2-DIRECTION		LOCAL AXIS DIRECTION (deg.)
	FORCE (kN)	SUPPORT	
N1	-0,6	-	90,00
N2	-0,6	-	90,00
N3	-0,6	-	90,00
N4	-0,6	-	90,00
N5	-0,6	-	90,00
N6	-2,6	-	90,00
N7	0,0	-	90,00
N8	-0,6	-	90,00
N9	-0,6	-	90,00
N10	-0,7	-	90,00
N11	0,0	-	90,00
N12	0,0	-	90,00
N13	-0,7	-	90,00
N14	-0,6	-	90,00
N15	-0,6	-	90,00
N16	-1,1	-	90,00
N17	-0,6	-	90,00
N18	-0,6	-	90,00
N19	-0,6	-	90,00
N20	-0,6	-	90,00
N21	-0,6	-	90,00
N22	0,0	-	90,00
N23	0,0	-	90,00
N24	0,0	-	90,00
N25	0,0	-	90,00
N26	0,0	-	90,00
N27	0,0	-	90,00
N28	0,0	-	90,00
N29	0,0	-	90,00
N30	0,0	-	90,00
N31	0,0	-	90,00
N32	0,0	-	90,00
N33	0,0	-	90,00
N34	0,0	-	90,00
N35	0,0	-	90,00

N36	0,0	-	90,00
N37	0,0	-	90,00
N38	0,0	-	90,00

SIGN CONVENTION:

(+) Force pointing away from the node

(-) Force pointing toward the node

Zero force = free node/no support

DESIGN CALCULATION RESULTS :

LOAD CONDITION: LC1

ELEMENTS:

ELEMENT ID	FORCE (kN)	STRESS (MPa)	STRESS RATIO	f'c RATIO	Beta RATIO
E1	75,3	75,63	0,161	NA	NA
E2	0,9	0,95	0,002	NA	NA
E3	-87,7	1,75	0,092	0,058	0,092
E4	-167,4	3,35	0,175	0,112	0,175
E5	-239,6	4,79	0,251	0,160	0,251
E6	189,7	190,66	0,407	NA	NA
E7	-241,4	3,45	0,240	0,115	0,180
E8	156,0	156,81	0,335	NA	NA
E9	190,3	191,30	0,408	NA	NA
E10	113,6	114,13	0,243	NA	NA
E11	39,6	39,84	0,085	NA	NA
E12	22,5	22,61	0,048	NA	NA
E13	-37,6	0,75	0,039	0,025	0,039
E14	-115,5	2,31	0,121	0,077	0,121
E15	-190,7	3,81	0,199	0,127	0,199
E16	21,9	22,00	0,047	NA	NA
E17	20,8	20,95	0,045	NA	NA
E18	-37,7	0,75	0,039	0,025	0,039
E19	-111,0	2,22	0,116	0,074	0,116
E20	-192,1	3,84	0,201	0,128	0,201
E21	-282,0	5,64	0,295	0,188	0,295
E22	60,4	60,74	0,130	NA	NA
E23	-96,3	1,93	0,134	0,064	0,101
E24	54,4	54,69	0,117	NA	NA
E25	-104,5	2,09	0,146	0,070	0,109

E26	49,0	49,29	0,105	NA	NA
E27	-94,2	1,88	0,131	0,063	0,099
E28	44,3	44,53	0,095	NA	NA
E29	-85,1	1,70	0,119	0,057	0,089
E30	40,3	40,47	0,086	NA	NA
E31	0,0	0,00	0,000	NA	NA
E32	-70,6	1,41	0,098	0,047	0,074
E33	-309,9	6,20	0,432	0,207	0,324
E34	156,0	156,81	0,335	NA	NA
E35	-91,3	1,83	0,127	0,061	0,095
E36	46,6	46,85	0,100	NA	NA
E37	-88,0	1,76	0,123	0,059	0,092
E38	45,4	45,66	0,097	NA	NA
E39	-89,6	1,79	0,125	0,060	0,094
E40	108,6	109,13	0,233	NA	NA
E41	-357,6	7,15	0,374	0,238	0,374
E42	-72,2	2,41	0,168	0,080	0,126
E43	-3,3	0,11	0,006	0,004	0,006
E44	-6,0	0,12	0,006	0,004	0,006
E45	-5,4	0,11	0,006	0,004	0,006
E46	-4,7	0,09	0,005	0,003	0,005
E47	-4,0	0,08	0,004	0,003	0,004
E48	-4,2	0,08	0,004	0,003	0,004
E49	12,3	12,39	0,026	NA	NA
E50	-194,0	1,94	0,101	0,065	0,101
E51	-1,8	0,04	0,002	0,001	0,002
E52	-1,2	0,02	0,001	0,001	0,001
E53	-22,9	0,46	0,024	0,015	0,024
E54	-37,6	0,75	0,039	0,025	0,039
E55	-37,6	0,75	0,039	0,025	0,039
E56	22,5	22,61	0,048	NA	NA

NODES :

NODE ID	NODE	SIDE FORCE (kN)	STRESS (MPa)	STRESS RATIO	f'c RATIO	Beta RATIO
N1	E1	75,3	1,51	0,131	0,050	0,079
	E22	60,4	2,01	0,176	0,067	0,105

	E40	108,6	2,17	0,189	0,072	0,114
	E42	-72,2	2,41	0,210	0,080	0,126
	E43	-3,3	0,11	0,009	0,004	0,006
N2	E1	75,3	1,51	0,131	0,050	0,079
	E2	0,9	0,02	0,002	0,001	0,001
	E23	-96,3	1,93	0,168	0,064	0,101
	E24	54,4	1,09	0,095	0,036	0,057
	E44	-6,0	0,12	0,010	0,004	0,006
N3	E2	0,9	0,02	0,002	0,001	0,001
	E3	-87,7	1,75	0,153	0,058	0,092
	E25	-104,5	2,09	0,182	0,070	0,109
	E26	49,0	0,98	0,085	0,033	0,051
	E45	-5,4	0,11	0,009	0,004	0,006
N4	E3	-87,7	1,75	0,115	0,058	0,092
	E4	-167,4	3,35	0,219	0,112	0,175
	E27	-94,2	1,88	0,123	0,063	0,099
	E28	44,3	0,89	0,058	0,030	0,046
	E46	-4,7	0,09	0,006	0,003	0,005
N5	E4	-167,4	3,35	0,219	0,112	0,175
	E29	-85,1	1,70	0,111	0,057	0,089
	E30	40,3	0,81	0,053	0,027	0,042
	E47	-4,0	0,08	0,005	0,003	0,004
	E5	-239,6	4,79	0,313	0,160	0,251
N6	E7	-241,4	3,45	0,225	0,115	0,180
	E5	-239,6	4,79	0,313	0,160	0,251
	E31	0,0	0,00	0,000	0,000	0,000
	E48	-4,2	0,08	0,006	0,003	0,004
	E6	189,7	3,79	0,248	0,126	0,198
	E33	-309,9	6,20	0,405	0,207	0,324
	E32	-70,6	1,41	0,092	0,047	0,074
N7	E8	156,0	3,12	0,272	0,104	0,163
	E49	12,3	0,25	0,021	0,008	0,013
	E50	-194,0	1,94	0,169	0,065	0,101
	E7	-241,4	3,45	0,301	0,115	0,180
N8	E8	156,0	3,12	0,272	0,104	0,163
	E9	190,3	3,81	0,332	0,127	0,199

	E34	156,0	3,12	0,272	0,104	0,163
	E6	189,7	3,79	0,331	0,126	0,198
N9	E9	190,3	3,81	0,332	0,127	0,199
	E10	113,6	2,27	0,198	0,076	0,119
	E35	-91,3	1,83	0,159	0,061	0,095
	E36	46,6	0,93	0,081	0,031	0,049
	E51	-1,8	0,04	0,003	0,001	0,002
N10	E10	113,6	2,27	0,198	0,076	0,119
	E11	39,6	0,79	0,069	0,026	0,041
	E37	-88,0	1,76	0,153	0,059	0,092
	E38	45,4	0,91	0,079	0,030	0,048
	E52	-1,2	0,02	0,002	0,001	0,001
N11	E11	39,6	0,79	0,069	0,026	0,041
	E12	22,5	0,45	0,039	0,015	0,024
	E39	-89,6	1,79	0,156	0,060	0,094
	E53	-22,9	0,46	0,040	0,015	0,024
	E54	-37,6	0,75	0,066	0,025	0,039
N12	E12	22,5	0,45	0,039	0,015	0,024
	E13	-37,6	0,75	0,066	0,025	0,039
	E55	-37,6	0,75	0,066	0,025	0,039
	E56	22,5	0,45	0,039	0,015	0,024
N13	E13	-37,6	0,75	0,049	0,025	0,039
	E14	-115,5	2,31	0,151	0,077	0,121
	E38	45,4	0,91	0,059	0,030	0,048
	E39	-89,6	1,79	0,117	0,060	0,094
N14	E14	-115,5	2,31	0,151	0,077	0,121
	E15	-190,7	3,81	0,249	0,127	0,199
	E36	46,6	0,93	0,061	0,031	0,049
	E37	-88,0	1,76	0,115	0,059	0,092
N15	E15	-190,7	3,81	0,332	0,127	0,199
	E34	156,0	3,12	0,272	0,104	0,163
	E35	-91,3	1,83	0,159	0,061	0,095
	E16	21,9	0,44	0,038	0,015	0,023
	E33	-309,9	6,20	0,540	0,207	0,324
N16	E17	20,8	0,42	0,036	0,014	0,022
	E31	0,0	0,00	0,000	0,000	0,000

	E16	21,9	0,44	0,038	0,015	0,023
N17	E18	-37,7	0,75	0,066	0,025	0,039
	E30	40,3	0,81	0,070	0,027	0,042
	E17	20,8	0,42	0,036	0,014	0,022
	E32	-70,6	1,41	0,123	0,047	0,074
N18	E18	-37,7	0,75	0,049	0,025	0,039
	E19	-111,0	2,22	0,145	0,074	0,116
	E28	44,3	0,89	0,058	0,030	0,046
	E29	-85,1	1,70	0,111	0,057	0,089
N19	E19	-111,0	2,22	0,145	0,074	0,116
	E20	-192,1	3,84	0,251	0,128	0,201
	E26	49,0	0,98	0,064	0,033	0,051
	E27	-94,2	1,88	0,123	0,063	0,099
N20	E20	-192,1	3,84	0,251	0,128	0,201
	E21	-282,0	5,64	0,369	0,188	0,295
	E24	54,4	1,09	0,071	0,036	0,057
	E25	-104,5	2,09	0,137	0,070	0,109
N21	E21	-282,0	5,64	0,369	0,188	0,295
	E22	60,4	2,01	0,132	0,067	0,105
	E23	-96,3	1,93	0,126	0,064	0,101
	E41	-357,6	7,15	0,467	0,238	0,374
N22	E40	108,6	2,17	0,142	0,072	0,114
N23	E41	-357,6	7,15	0,374	0,238	0,374
N24	E42	-72,2	2,41	0,126	0,080	0,126
N25	E43	-3,3	0,11	0,006	0,004	0,006
N26	E44	-6,0	0,12	0,006	0,004	0,006
N27	E45	-5,4	0,11	0,006	0,004	0,006
N28	E46	-4,7	0,09	0,005	0,003	0,005
N29	E47	-4,0	0,08	0,004	0,003	0,004
N30	E48	-4,2	0,08	0,004	0,003	0,004
N31	E49	12,3	0,25	0,016	0,008	0,013
N32	E50	-194,0	1,94	0,101	0,065	0,101
N33	E51	-1,8	0,04	0,002	0,001	0,002
N34	E52	-1,2	0,02	0,001	0,001	0,001
N35	E53	-22,9	0,46	0,024	0,015	0,024
N36	E54	-37,6	0,75	0,039	0,025	0,039

N37	E55	-37,6	0,75	0,039	0,025	0,039
N38	E56	22,5	0,45	0,029	0,015	0,024

D E T A I L E D N O D A L Z O N E A N A L Y S I S R E S U L T S :

LOAD CONDITION: LC1

Detailed Nodal Zone analysis was successful for this Load Condition.

S I M P L E C A P A C I T Y P R E D I C T I O N R E S U L T S :

LOAD CONDITION: LC1

STRENGTH REDUCTION FACTOR:	Excluded
STEEL OVERSTRENGTH FACTOR:	Excluded

Simple capacity prediction was successful for this Load Condition.

Load Factor to Reach Capacity: 2,468

Governing STM Component: STM Node N15 (End J of STM Element E33)

Note: Truss capacity is adequate.

L O A D D E F O R M A T I O N R E S U L T S :

LOAD CONDITION: LC1

Load-Deformation analysis has not been performed or has not been successful.