



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Departamento de Engenharia Civil



Construção de Obras de Arte de médio vão através do método construtivo de Viga de Lançamento (V.L.).

RICARDO ALEXANDRE DE SOUSA DIAS

Licenciado em Engenharia Civil Pós-Bolonha

Relatório de Estágio para obtenção do grau de Mestre em Engenharia na Área
de Especialização em Estruturas

Orientador:

Eng.º José Carlos Carrapito Prestes

Júri:

Presidente: Mestre Cristina Ferreira Xavier Brito Machado

Vogais:

Doutor Carlos Trancoso Vaz

Eng.º José Carlos Carrapito Prestes

Setembro 2010

RESUMO

O presente relatório de estágio enquadra-se no âmbito do Trabalho Final de Mestrado no curso de Engenharia Civil, perfil de Estruturas, do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. Desta forma, foi realizado um estágio na empresa Opway – Engenharia, com a duração de 16 semanas, com integração na Direcção Técnica e de Inovação desempenhando as funções de análise e acompanhamento de obras de arte especiais de médio vão.

Pretende-se demonstrar, neste relatório, a grande especificidade deste tipo de construções quer ao nível do Dimensionamento como ao nível da Construção.

Ao nível do processo de Dimensionamento são apresentados dois capítulos, um relativo ao projecto de alterações de uma Viga de Lançamento e outro relativo ao projecto de execução de um viaduto construído através deste tipo de cimbres. Desta forma, o Capítulo 2 aborda os principais factores a ter em consideração num caso de adaptação de um cimbra deste tipo, utilizado anteriormente num determinado tabuleiro, para um novo tabuleiro a realizar, com características necessariamente diferentes. Por sua vez, o Capítulo 5 prende-se com uma análise e descrição de um projecto de execução de um tabuleiro de um viaduto construído por este método construtivo.

No âmbito de Construção, o Capítulo 3 aborda o método de funcionamento deste tipo de cimbres desde que chega ao local da empreitada, até à sua saída.

O Capítulo 4 consiste numa avaliação de soluções para a construção de um tabuleiro, onde a solução inicial consistia na construção por avanços sucessivos enquanto que a solução variante, (adoptada), consiste na construção por lançamento incremental. Neste capítulo está demonstrada a variação de quantidades de materiais entre as duas soluções e consequentemente a sua tradução em valores monetários.

Os casos de estudo, que serviram como base de trabalho, ao nível do acompanhamento da construção foram, o Viaduto ferroviário de alta velocidade “O Marco”, em Santiago de Compostela e o Viaduto sobre o Rio Águeda em Ciudad Rodrigo. Ao nível do aspecto de projecto, o caso em estudo foi do Viaduto sobre a Ribeira de Zacarias (V3), integrado na subconcessão do Douro Interior, Alfândega da Fé.

Este relatório resulta da análise de documentos relativos aos diferentes tipos de projecto mencionados como também da oportunidade de realização de acompanhamento da construção deste tipo de obras de arte.

SUMMARY

This internship report is related to the Masters Course final work in Civil Engineering, Structural profile, of Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. Thus, an internship was done in the company Opway - Engineering for a duration of 16 weeks, integrating the Directorate Technical Innovation department, and performing the functions of analysis and follow up of special works with medium span.

It is intended to demonstrate in this report, the high specificity of this type of constructions, both in terms of basic design and level of construction.

In terms of sizing process, two chapters are presented, one concerning the project for the adaptation of a travelling formwork and the other one concerning the structural design of a bridge built by a falsework of this type. Thus, Chapter 2 discusses the main factors to take into account in the case of adapting such a falsework, used previously in a particular deck, into a new one still to be made, with necessarily different characteristics. In turn, Chapter 5 deals with the analysis and description of a project for implementing a deck in a viaduct built by this construction method.

Under construction patterns, Chapter 3 discusses the method of operation of this type of formworks since it reaches the working area, up to the time when it's ready to leave.

Chapter 4, consists in evaluation of solutions for building a deck, where the initial solution concerns with the build by segmental construction while the variant solution, (adopted), consists in the construction by incremental launching. This chapter demonstrates the variation of material quantities between the two solutions and their translation into monetary values.

The case studies that served as a support for this work, as a construction follow up, were the high-speed railway viaduct "O Marco" in Santiago de Compostela and the Viaduct over the River Águeda in Ciudad Rodrigo. Regarding the level of this project design, the case study was the Viaduct over Ribeira de Zacarias (V3), integrated in the sub-concession of Douro Interior, Alfândega da Fé.

This report comes from analysis of documents related to the different types of mentioned projects, and, as well, from the opportunity to perform the follow up of the construction of such works of art.

PALAVRAS-CHAVE

- Viaduto;
- Pré-Esforço;
- Cimbra;
- Betonagem;
- Viga;
- Pilares;
- Tabuleiro;
- Cofragem;
- Vigas caixão;
- Viga de Lançamento;
- Dimensionamento;
- Acções;
- Modelo de Cálculo;
- Estados Limite;
- Pórtico de Suspensão;
- Consolas de suporte;

KEYWORDS

- Bridge;
- Prestress;
- Falsework;
- Concrete pouring;
- Beam;
- Pillars;
- Deck;
- Formwork;
- Main Grider;
- Traveling formwork;
- Basic Design;
- Loads;
- Calculation Model;
- Limit Stages;
- Suspension Gallows;
- Supporting bracket;

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar tenho de agradecer ao Eng.º José Carlos Carrapito Prestes que através da sua incansável disponibilidade, do seu saber, do seu apoio técnico e das suas valiosíssimas orientações, me tenha permitido a elaboração deste trabalho assim como se tenha tornado concretizável a minha presença como estagiário na empresa Opway – Engenharia.

Obviamente, terei também de agradecer ao Eng.º Miguel Guerreiro por todo o tempo dispendido durante este período, fornecendo-me o total apoio técnico necessário para a elaboração deste mesmo relatório como também na aquisição de conhecimentos no âmbito do tema abordado.

Um agradecimento também à empresa Opway – Engenharia, por ter aceite este estágio curricular, permitindo a minha presença durante este período da minha formação profissional, sem o qual não teria sido possível a realização deste trabalho.

ÍNDICE

RESUMO	i
SUMMARY	iii
PALAVRAS - CHAVE	v
KEYWORDS	vii
AGRADECIMENTOS	ix
1. - ENQUADRAMENTO / INTRODUÇÃO	1
2. - PROJECTO DA VIGA DE LANÇAMENTO	3
2.1. - INTRODUÇÃO	3
2.2. - CASOS DE ESTUDO	3
2.2.1. - Geometria dos Tabuleiros	4
2.2.2. - Geometria das Vigas de Lançamento	5
2.2.3. - Acessórios das Vigas de Lançamento	10
2.2.4. - Mecanismo de Funcionamento das Vigas	23
2.2.5. - Projecto Estrutural da Viga de Lançamento	23
3. - METODOLOGIA CONSTRUTIVA DA V.L.	29
3.1. - INTRODUÇÃO	29
3.2. - TRANSPORTE E MONTAGEM DA VIGA DE LANÇAMENTO	29
3.3. - PROCEDIMENTO / CICLOS	33
3.4. - PRINCIPAIS DIFICULDADES / PROBLEMAS	41
3.5. - DESMONTAGEM E REMOÇÃO DA V.L.	42
4. - AVALIAÇÃO DE SOLUÇÕES ALTERNATIVAS, VIADUTO (V3) SOBRE A RIB.^a DE ZACARIAS, LOTE 8, DOURO INTERIOR	43
a) EQUIPAMENTOS	47
a.1) Carros de Avanço	47
a.2) Viga de Lançamento	47
b) QUANTIDADES DE MATERIAIS	48
b.1) Betão	48
b.2) Armaduras	49
b.2.1) Armadura Ordinária	49
b.2.2) Armadura de Pré-Esforço	49
b.3) Cofragens	50
c) TEMPO	50
c.1) Duração da Solução 1	50
c.2) Duração da Solução 2	51
d) CUSTOS	52
d.1) Custo de Material	52
d.1.1) Custo de Betão	52
d.1.2) Custo de Armaduras	53
d.1.3) Custo de Cofragem	53
d.2) Custo de Estaleiro	54
d.3) Custo de Equipamento	54
d.4) Quadro Resumo	55
5. PROJECTO DE UM TABULEIRO CONSTRUÍDO COM VIGA DE LANÇAMENTO.	57

5.1. - INTRODUÇÃO	57
5.2. - QUANTIFICAÇÃO E COMBINAÇÃO DE ACÇÕES	58
5.2.1. - Quantificação de Acções	58
5.2.1.1. - Pesos Próprios	58
5.2.1.2. - Esforços Hiperstáticos à Aplicação de Pré-Esforço	58
5.2.1.3. - Retracção e Fluência no Betão	59
5.2.1.4. - Sobrecargas Rodoviárias	59
5.2.1.5. - Acção do Vento	61
5.2.1.6. - Acção da Neve	61
5.2.1.7. - Acção das Variações de Temperatura	62
5.2.1.8. Outras Acções	63
5.2.2. - Combinação de Acções	63
5.2.2.1. - Aspectos Gerais	63
5.2.2.2. - Coeficientes de Segurança	63
5.2.2.3. - Verificação da Segurança em relação aos E.L.U.	64
5.2.2.4. - Verificação da Segurança em relação aos E.L. de Utilização	65
5.2.3. - Modelos de Cálculo Utilizados	66
5.2.4. - Faseamento Constructivo	66
5.3. - ANÁLISE LONGITUDINAL DO TABULEIRO	67
5.3.1. - Descrição do Modelo de Cálculo Utilizado	67
5.3.2. - Acções Aplicadas nos Modelos	68
5.3.2.1. - Peso Próprio Estrutural	68
5.3.2.2. - Peso Próprio Não Estrutural	68
5.3.2.3. - Retracção e Fluência	68
5.3.2.4. - Acção da Variação da Temperatura	69
5.3.2.5. - Sobrecargas Rodoviárias	69
5.3.3. - Dimensionamento do Pré-Esforço Estrutural	71
5.3.3.1. - Critérios de Dimensionamento do Pré-Esforço	71
5.3.3.2. - Estudo das Fases Construtivas	72
5.3.3.3. - Estudo da Estrutura em Serviço	75
5.4. - ANÁLISE DA SECÇÃO TRANSVERSAL	77
5.4.1. - Descrição do Modelo de Elementos Finitos	77
5.4.2. - Acções Aplicadas aos Modelos	78
5.4.3. - Verificação dos Estados Limites Últimos	80
5.5. - DIMENSIONAMENTO DO TABULEIRO	82
5.5.1. - Verificação dos Estados Limites Últimos	82
5.5.1.1. - Dimensionamento dos Banzos do Caixão. Armaduras Transversais de Flexão	82
5.5.1.2. - Dimensionamento dos Banzos do Caixão	82
5.5.1.3. - Dimensionamento das Almas do Caixão	83
5.5.1.4. - Armaduras logitudinais de Flexão	84
5.5.2. - Verificação dos Estados Limite de Utilização	84
5.5.2.1. - Descompressão	84
5.5.2.2. - Abertura de Fendas	85
5.5.2.3. - Tensão Máxima de Compressão	85
5.5.3. - Assentamentos Diferenciais de Apoios	85

5.5.4. - Levantamento do Tabuleiro	86
5.5.4.1. - Estado Limite de Deformação	86
6. - CONCLUSÕES	89
7. - BIBLIOGRAFIA	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	- Tabuleiro com secção em caixão constante, (Viaduto 2).....	4
Figura 2.2	- Cofragem exterior do caixão, (Viaduto 2).....	4
Figura 2.3	- Tabuleiro com nervura única com secção variável aligeirada, (Viaduto 1).....	5
Figura 2.4	- Cofragem inferior da nervura de secção variável, (Viaduto 1).....	5
Figura 2.5	- Cofragem inferior da nervura de secção variável, (Viaduto 1).....	5
Figura 2.6	- Aligeiramento do interior da nervura, (Viaduto 1).....	5
Figura 2.7	- Planta e Alçado da Viga de Lançamento, (Viaduto 1).....	5
Figura 2.8	- Viga de Lançamento parcialmente montada, (Viaduto 2).....	6
Figura 2.9	- Parcelas desmontadas das vigas caixão, (Viaduto 2).....	6
Figura 2.10	- Ligações aparafusadas entre parcelas das vigas caixão, (Viaduto 2).....	6
Figura 2.11	- Parcelas dos narizes desmontadas, (Viaduto 2).....	7
Figura 2.12	- Nariz parcialmente montado na V.L., (Viaduto 2).....	7
Figura 2.13	- Curvatura da extremidade dos narizes, (Viaduto 2).....	8
Figura 2.14	- Extremidade de um nariz, (Viaduto 2).....	8
Figura 2.15	- Ligação regulável da extremidade do nariz, (Viaduto 2).....	8
Figura 2.16	- Calha de movimentação da V.L., “Boggie”, (Viaduto 2).....	8
Figura 2.17	- Extremidade do nariz da frente, com elevação para atingir a consola seguinte, (Viaduto 1).....	8
Figura 2.18	- Vigas transversais entre caixões, (Viaduto 2).....	9
Figura 2.19	- Vigas transversais entre caixões, (Viaduto 2).....	9
Figura 2.20	- Hidráulicos de suporte e regulação da estrutura de base de cofragem, (Viaduto 2).....	9
Figura 2.21	- União das vigas transversais através de barras dywidag, (Viaduto 2).....	9
Figura 2.22	- Hidráulicos de elevação da estrutura global da V.L., (Viaduto 2)..	12
Figura 2.23	- Consola com hidráulicos transversais e longitudinais, (Viaduto 2).	12
Figura 2.24	- Consola com hidráulicos transversais e longitudinais, (Viaduto 2).	12
Figura 2.25	- Hidráulico longitudinal de avanço da estrutura, (Viaduto 2).....	12
Figura 2.26	- Hidráulicos verticais de suporte da estrutura base de cofragem, (Viaduto 1).....	13
Figura 2.27	- Hidráulicos verticais de suporte da estrutura base de cofragem, (Viaduto 2).....	13
Figura 2.28	- Hidráulico de 500ton que suporta a traseira da viga e/ou o pórtico de suporte dependendo da fase de construção, (Viaduto 1).....	13
Figura 2.29	- Pórtico de suporte da Viga de Lançamento em tramos intermédios, (Viaduto 1).....	13
Figura 2.30	- Estrutura base de cofragem, (Viaduto 2).....	14
Figura 2.31	- Estrutura lateral exterior de cofragem, (Viaduto 2).....	14
Figura 2.32	- Estrutura lateral exterior de cofragem e escoras de fixação, (Viaduto 2).....	14
Figura 2.33	- Estrutura lateral exterior de cofragem e escoras de fixação,	

	(Viaduto 1).....	14
Figura 2.34	- Carro de movimentação da cofragem interior do caixão do tabuleiro.....	15
Figura 2.35	- Estrutura interior de cofragem e carris, (Viaduto 2).....	15
Figura 2.36	- Hidráulicos verticais e horizontais para o posicionamento das cofragens, (Viaduto 2).....	15
Figura 2.37	- Estrutura e cofragem lateral exterior, (Viaduto 2).....	16
Figura 2.38	- Cofragem exterior do tabuleiro montada, (Viaduto 2).....	16
Figura 2.39	- Trabalhos de cofragem nas zonas de apoios, (Viaduto 2).....	16
Figura 2.40	- Trabalhos de cofragem nas zonas de apoios, (Viaduto 2).....	16
Figura 2.41	- Travamento dos Aparelhos de apoio durante fase de betonagem, (Viaduto 1).....	17
Figura 2.42	- Travamento dos Aparelhos de apoio durante fase de betonagem, (Viaduto 1).....	17
Figura 2.43	- Escoras, (Viaduto 2).....	17
Figura 2.44	- Escoras, (Viaduto 2).....	17
Figura 2.45	- Consolas montadas em negativos, (Viaduto 1).....	18
Figura 2.46	- Esquema estrutural das consolas, (Viaduto 1).....	19
Figura 2.47	- Esquema estrutural das amarrações, (Viaduto 1).....	19
Figura 2.48	- Estrutura de suporte das consolas, (Viaduto 2).....	19
Figura 2.49	- Estrutura de suporte das consolas, (Viaduto 2).....	19
Figura 2.50	- Sistema de amarração entre consolas, (Viaduto 2).....	19
Figura 2.51	- Sistema de amarração entre consolas, (Viaduto 2).....	19
Figura 2.52	- Contrapeso, (Viaduto 2).....	20
Figura 2.53	- Pormenor de amarração do contrapeso à viga caixão., (Viaduto 2).....	20
Figura 2.54	- Boggies e calha de deslizamento, (Viaduto 2).....	21
Figura 2.55	- Boggies e calha de deslizamento, (Viaduto 2).....	21
Figura 2.56	- Sistema de amarração da cofragem inferior no quinto de vão, (Viaduto 1).....	22
Figura 2.57	- Barras de tensão entre Pórtico e Viga caixão, (Viaduto 1).....	22
Figura 2.58	- Sistema de amarração no interior da Viga caixão, (Viaduto 1)....	22
Figura 2.59	- Secção transversal de projecto em fase de betonagem, (Viaduto 1).....	25
Figura 2.60	- Secção transversal de projecto em fase de avanço (à esquerda), em fase de betonagem, (à direita), (Viaduto 1)	25
Figura 3.1	- Hidráulico de elevação da estrutura global da Viga de Lançamento, (Viaduto 2).....	29
Figura 3.2	- Hidráulicos Consola apoiada no maciço, (Viaduto 2).....	29
Figura 3.3	- Código numérico para a montagem da V.L., (Viaduto 2).....	30
Figura 3.4	- Código numérico para a montagem da V.L., (Viaduto 2).....	30
Figura 3.5	- Aspecto visual após montagem da V.L. no primeiro vão construir. 30	
Figura 3.6	- Vigas transversais unidas através de barras “dywidag”, (Viaduto 2).....	31
Figura 3.7	- Barras “dywidag” de fecho das vigas transversais, (Viaduto 2)....	31
Figura 3.8	- Escoras de suporte e afinação da estrutura lateral exterior de	

	cofragem, (Viaduto 2).....	32
Figura 3.9	- Barras “dywidag” de fixação da estrutura base de cofragem, (Viaduto 2).....	32
Figura 3.10	- Estrutura lateral exterior de cofragem, (Viaduto 2).....	32
Figura 3.11	- Cofragem exterior do caixão do tabuleiro, pormenorização de armadura na zona de apoios, (Viaduto 2).....	32
Figura 3.12	- Colocação de armadura, (Viaduto 2).....	33
Figura 3.13	- Amarração de armadura, (Viaduto 2).....	33
Figura 3.14	- Colocação de espaçadores para colocação de carris, (Viaduto 2).....	33
Figura 3.15	- Colocação e fixação de carris, (Viaduto 2).....	33
Figura 3.16	- Movimentação da estrutura de cofragem interior, (Viaduto 2).....	34
Figura 3.17	- Colocação e nivelamento da cofragem interior, (Viaduto 2).....	34
Figura 3.18	- Colocação de armadura na zona superior do tabuleiro, (Viaduto 2).....	34
Figura 3.19	- Colocação de armadura na zona superior do tabuleiro, (Viaduto 2).....	34
Figura 3.20	- Betonagem do banzo inferior do caixão, (Viaduto 2).....	35
Figura 3.21	- Vibração do betão do banzo inferior do caixão, (Viaduto 2).....	35
Figura 3.22	- Armadura de pré-esforço antes de aplicação de tensão, (Viaduto 2).....	35
Figura 3.23	- Armadura de pré-esforço após aplicação de tensão, (Viaduto 2).....	35
Figura 3.24	- Abaixamento de hidráulicos de elevação, (Viaduto 2).....	36
Figura 3.25	- Abertura entre V.L. e troço de tabuleiro concluído, (Viaduto 2).....	36
Figura 3.26	- Remoção das barras dywidag para abertura da V.L., (Viaduto 2).....	36
Figura 3.27	- Remoção das barras dywidag para abertura da V.L., (Viaduto 2).....	36
Figura 3.28	- Início de movimentação transversal, (Viaduto 2).....	37
Figura 3.29	- Posição final de movimentação transversal, (Viaduto 2).....	37
Figura 3.30	- Aspecto visual lateral da Viga totalmente aberta, (Viaduto 2).....	37
Figura 3.31	- Aspecto visual inferior da V.L. aberta, (Viaduto 2).....	37
Figura 3.32	- Ligação entre hidráulico e régua de avanço, (Viaduto 2).....	38
Figura 3.33	- Fixação através de ligação pernada, (Viaduto 2).....	38
Figura 3.34	- Espalhamento de massa consistente, (Viaduto 2).....	38
Figura 3.35	- Movimentação da V.L., (Viaduto 2).....	39
Figura 3.36	- Movimentação da V.L., (Viaduto 2).....	39
Figura 3.37	- Movimentação da V.L., (Viaduto 2).....	39
Figura 3.38	- Inclinação vertical da ultima parcela do nariz dianteiro, (Viaduto 2).....	39
Figura 3.39	- Apoio dos narizes dianteiros na movimentação da V.L., (Viaduto 2).....	39
Figura 3.40	- Inclinação horizontal do nariz traseiro, (Viaduto 2).....	40
Figura 3.41	- Pórtico de elevação localizado a quinto de vão, (Viaduto 2).....	40
Figura 3.42	- Dywidags de amarração e elevação dos hidráulicos, (Viaduto 2).....	40
Figura 3.43	- Linha férrea localizada entre o P2 e o P3, (Viaduto 2).....	41
Figura 3.44	- Passagem superior à linha férrea, (Viaduto 2).....	41
Figura 4.1	- Solução Inicial para o Viaduto sobre a Rib. ^a de Zacarias, (V3), (Solução 1).....	44

Figura 4.2	- Solução Adoptada para o Viaduto sobre a Rib. ^a de Zacarias, (V3) (Solução 2).....	45
Figura 4.3	- Carros de Avanço vistos lateralmente.....	47
Figura 4.4	- Carros de Avanço vistos longitudinalmente.....	47
Figura 5.1	- Diagrama de temperaturas para o aquecimento.....	62
Figura 5.2	- Diagrama de temperaturas para o arrefecimento.....	62
Figura 5.3	- Modelo para análise longitudinal do tabuleiro.....	67
Figura 5.4	- Modelo representativo do veículo tipo.....	70
Figura 5.5	- Modelo representativo da distribuição das Sobrecargas Linear e Distribuída.....	70
Figura 5.6	- Estudo das Fases Construtivas.....	73
Figura 5.7	- Esquema dos Cabos de Pré-Esforço.....	74
Figura 5.8	- Modelo-tipo para análise transversal do tabuleiro.....	77
Figura 5.9	- Localização das secções A, B, C, D no Modelo de cálculo do tabuleiro.....	79
Figura 5.10	- Distribuição transversal do veículo tipo.....	79
Figura 5.11	- Distribuição transversal da sobrecarga rodoviária uniformemente distribuída.....	80
Figura 5.12	- Distribuição transversal da sobrecarga rodoviária linearmente distribuída.....	80

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1	- Características das barras de alta tensão, “dywidags”	23
Quadro 2.2	- Principais características da Viga MSS Salamanca (Viaduto 1)..	23
Quadro 2.3	- Intervenções na Viga de Lançamento de adaptação a esta obra.....	24
Quadro 2.4	- Principais diferenças entre os tabuleiros dos Viadutos sobre o rio Águeda e o Viaduto Mézio.....	24
Quadro 2.5	- Velocidades críticas para as diferentes fases de construção.....	26
Quadro 2.6	- Tabela de contraflechas de projecto.....	27
Quadro 4.1	- Comparação de volumes de betão entre as duas soluções.....	48
Quadro 4.2	- Comparação de pesos de armadura entre as duas soluções.....	49
Quadro 4.3	- Comparação de pesos de armadura entre as duas soluções.....	50
Quadro 4.4	- Comparação de área de cofragem entre as duas soluções.....	50
Quadro 4.5	- Comparação de custo de betão entre as duas soluções.....	52
Quadro 4.6	- Comparação de custo de armadura entre as duas soluções.....	53
Quadro 4.7	- Comparação de custo de armadura entre as duas soluções.....	53
Quadro 4.8	- Comparação de custo de cofragem entre as duas soluções.....	53
Quadro 4.9	- Quadro Resumo das reduções de custos nos diferentes materiais estudados.....	55
Quadro 5.1	- Coeficientes de segurança para SC Rodoviária como acção variável base.....	64
Quadro 5.2	- Coeficientes de segurança para o Vento como acção variável base.....	65
Quadro 5.3	- Coeficientes de segurança para a Neve como acção variável base.....	65
Quadro 5.4	- Coeficientes de segurança para Combinações Quase Permanentes.....	65
Quadro 5.5	- Coeficientes de segurança para Combinações Frequentes.....	65
Quadro 5.6	- Coeficientes de segurança para Combinações Raras.....	66
Quadro 5.7	- Características mecânicas do tabuleiro.....	68

1. ENQUADRAMENTO / INTRODUÇÃO

Este relatório de estágio enquadra-se no âmbito do Trabalho Final de Mestrado inserido no quarto semestre do Mestrado em Engenharia Civil, perfil de Estruturas, do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.

A decisão pelo estágio supervisionado prende-se com a elevada importância de aquisição de experiência no início de uma carreira profissional. Desta forma, tornou-se possível a ampliação de conhecimentos graças às óptimas equipas de trabalho existentes nesta empresa, reforçando portanto a formação académica adquirida.

Este estágio foi realizado na empresa Opway – Engenharia S.A. de 3 de Maio de 2010 a 23 de Agosto de 2010, (dezasseis semanas). Durante este período foi possível a integração no departamento de Direcção Técnica e de Inovação onde foi realizada a análise de projectos e acompanhamento de obras de arte de médio vão realizadas através do método construtivo de Vigas de Lançamento, (V.L.).

Pretende-se demonstrar, neste relatório, a grande especificidade deste tipo de construções quer a nível de Dimensionamento/Alterações como a nível de Construção.

O trabalho propriamente dito inicia-se no **Capítulo 2 – “Projecto da Viga de Lançamento”**. Neste capítulo é feita a descrição dos viadutos em estudo, a descrição de todos os constituintes e acessórios das Vigas de Lançamento e por fim é realizada uma análise e descrição do projecto de adaptação de umas das V.L., para a realização do viaduto sobre o rio Águeda, onde são abordadas as principais alterações geométricas, as acções consideradas e finalmente as contraflechas obtidas para a construção deste Viaduto.

De seguida, o **Capítulo 3 – “Metodologia Construtiva da Viga de Lançamento”**, prende-se, como o nome indica, com o processo de trabalhos com a V.L. desde o momento em que esta chega ao estaleiro até que sai do mesmo. Para este capítulo, o caso de estudo abordado foi o Viaduto O Marco. Aqui, é explicada a forma de transporte e montagem do cimbra, os procedimentos e ciclos de trabalhos, algumas dificuldades existentes na

realização do mesmo, e por fim, a desmontagem e remoção do estaleiro da Viga de Lançamento.

O **Capítulo 4 – “Avaliação de soluções alternativas, Viaduto V3 sobre a Rib.ª de Zacarias”**, consiste na avaliação, entre soluções de construção, deste Viaduto. Devido a ter sido possível o acesso ao Ante-Projecto e Projecto de Execução do Viaduto sobre a Rib.ª de Zacarias, foi verificado que a solução inicial, para a construção deste, recorria ao processo construtivo de Aduelas Sucessivas, (Carros de Avanço). No entanto, a solução adoptada acabou por ser a construção por Lançamento Incremental, (Vigas de Lançamento). Desta forma, tornou-se pertinente o estudo e conseqüente contabilização das diferentes quantidades de materiais necessários para ambas as soluções traduzindo finalmente em valores monetários as diferenças obtidas.

Devido à possibilidade de acesso ao Projecto de Execução do Viaduto sobre a Rib.ª de Zacarias, o **Capítulo 5 – “Projecto de um tabuleiro construído com viga de Lançamento”** consiste numa análise e descrição das principais fases de dimensionamento de um tabuleiro que será construído através deste tipo de cimbres. Como tal, a generalidade dos resultados demonstrados e decisões tomadas foram concretizados por parte da empresa de projecto autora do mesmo, no entanto foram realizados alguns cálculos no sentido de clarificar alguns passos intermédios que não vinham expostos no Projecto de Execução. Este Capítulo aborda temas tais como Quantificação e Combinação de Acções, Análise Longitudinal do Tabuleiro, Fases Construtivas, Esquemas de Pré-Esforço, Análise Transversal do Tabuleiro e por fim Dimensionamento do Tabuleiro.

Por fim, o **Capítulo 6 – “Conclusões”** reflecte as últimas análises referentes à elaboração deste relatório bem como à realização do estágio em si.

2. PROJECTO DA VIGA DE LANÇAMENTO

2.1. INTRODUÇÃO

A construção de Pontes e Viadutos pode ser realizada de diversas formas, em função do tipo de solução preconizada no projecto. Podem ser usados Carros de Avanço em Aduelas Sucessivas, vigas de lançamento, Cimbres ao Solo, Elementos Pré-Fabricados, outros métodos. Neste capítulo, será abordado de forma pormenorizada o método construtivo de tabuleiros, com recurso a Vigas de Lançamento.

As Vigas de Lançamento em estudo são Vigas Inferiores, ou seja, que se movimentam sob o tabuleiro em construção permitindo a realização da respectiva betonagem do tabuleiro *“in situ”*. A sua estrutura principal é metálica e é composta por duas vigas principais longitudinais, de secção rectangular em caixão, que têm a capacidade de suportar a totalidade das cargas impostas pela construção de um vão completo, (carga devida ao peso próprio da estrutura da Viga de Lançamento + carga devida ao peso do betão armado do tabuleiro). Estas vigas (caixão) são complementadas nas suas extremidades com outras vigas (de alma plana), também denominados como narizes, que têm como função principal suportar as cargas da estrutura da Viga de Lançamento durante o seu avanço para o vão seguinte.

O recurso a este tipo de método construtivo apenas pode ser utilizado quando se está perante viadutos/pontes de pilar único em secção transversal. Este facto é condicionante para que este tipo de Vigas possa ser utilizado, o que obriga, por vezes, à elaboração de projectos alternativos, de forma a adaptar a geometria do tabuleiro, permitindo assim a utilização destas Vigas de Lançamento.

2.2. CASOS DE ESTUDO

→ **Viaduto 1:** Viaduto sobre o rio Águeda (Ciudad Rodrigo / Espanha)

- Altura dos pilares: 75 m
- Largura do Tabuleiro: 11,20 m

- Altura do tabuleiro: 1,40 a 2,50 m
- Peso do tabuleiro: 240 kN/m
- Maior vão: 52 m
- Vão inicial e final: 28 m

→ **Viaduto 2:** Viaduto O Marco, (TGV), (Santiago de Compostela / Espanha)

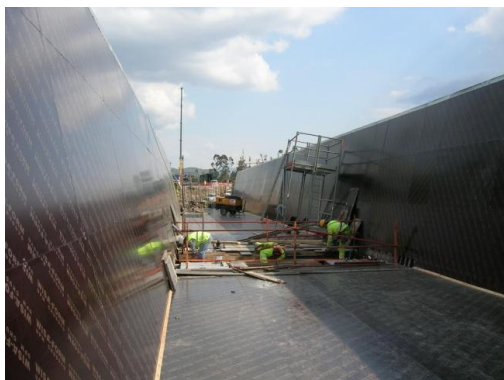
- Altura dos pilares: 30 m
- Largura do Tabuleiro: 11,20 m
- Altura do tabuleiro: 4.20 m
- Peso do tabuleiro: 272 kN/m
- Maior vão: 60 m
- Vão inicial e final: 48 m

2.2.1. GEOMETRIA DOS TABULEIROS

Relativamente à geometria dos tabuleiros, este tipo de vigas de lançamento permite a construção de tabuleiros com secção em caixão, (podendo este possuir geometria constante ou variável), e permite igualmente a execução de tabuleiros de apenas uma nervura (podendo esta também ser de secção variável ou constante).

Os tipos de geometria, acima mencionadas, encontram-se como sendo as mais indicadas para este tipo de Vigas de Lançamento, no entanto, também seria possível realizar tabuleiros de secção π , mas para que isso pudesse ocorrer já seriam necessárias grandes alterações ao projecto das Vigas.

→ **Viaduto O Marco (TGV)**, Santiago de Compostela / Espanha (Secção em caixão).



(À Esq.) Figura 2.1 – Tabuleiro com secção em caixão constante, (Viaduto 2).



(À Dta.) Figura 2.2 – Cofragem exterior do caixão, (Viaduto 2).

→ **Viaduto sobre o Rio Águeda**, Ciudad Rodrigo / Espanha (Secção variável de nervura única).



(À Esq.) Figura 2.3 – Tabuleiro com nervura única com secção variável aligeirada, (Viaduto 1).

(À Dta.) Figura 2.4 – Cofragem inferior da nervura de secção variável, (Viaduto 1).



(À Esq.) Figura 2.5 – Cofragem inferior da nervura de secção variável, (Viaduto 1).

(À Dta.) Figura 2.6 – Aligeiramento do interior da nervura, (Viaduto 1).

2.2.2. GEOMETRIA DAS VIGAS DE LANÇAMENTO

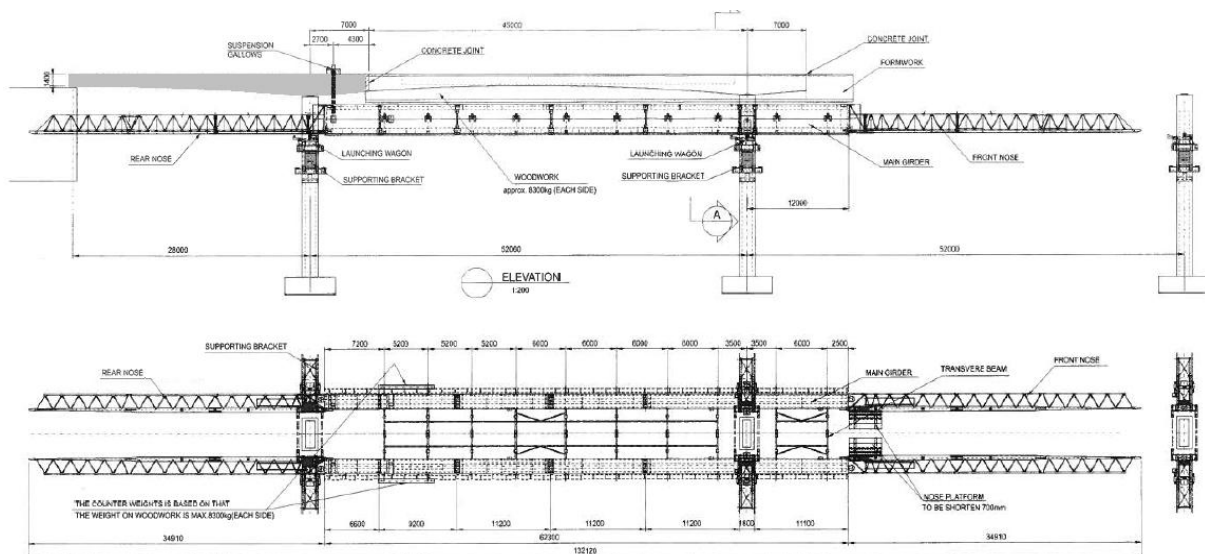


Figura 2.7 – Planta e Alçado da Viga de Lançamento, (Viaduto 1).

Este subcapítulo tem por objectivo a explicação da geometria global da estrutura da Viga de Lançamento, desta forma, serão mencionados os seus constituintes e as suas funções na estrutura.

a) Viga Caixaão



(À Esq.) Figura 2.8 – Viga de Lançamento parcialmente montada, (Viaduto 2).
(À Dta.) Figura 2.9 – Parcelas desmontadas das vigas caixaão, (Viaduto 2).

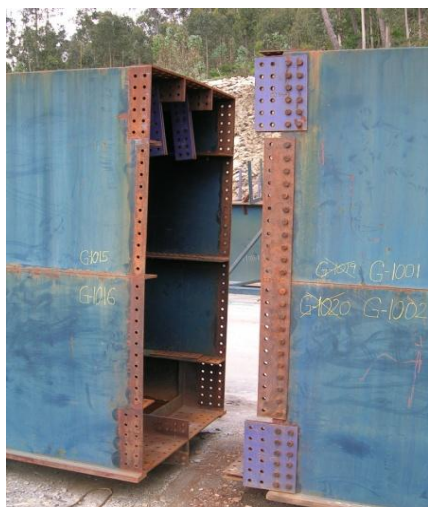


Figura 2.10 – Ligações aparafusadas entre parcelas das vigas caixaão, (Viaduto 2).

Como se pode observar pelas Figuras 2.8 e 2.9, as vigas longitudinais com secção em caixaão, são a estrutura fundamental do conjunto da Viga de Lançamento, visto ser esta a parcela da estrutura que apresenta a maior capacidade resistente e que suporta a generalidade dos esforços. Estas vigas são montadas parcelarmente por troços que possuem diferentes comprimentos em função da sua composição e do subsequente peso, por questões de viabilidade de transporte. Enumerando as medidas no sentido do nariz traseiro para o dianteiro, as parcelas apresentam os seguintes comprimentos: 6.60, 9.20, 11.20, 1.80 e finalmente 11.10 metros e que são unidas entre si através de ligações aparafusadas, (Figura 2.10). O comprimento das vigas caixaão perfaz um total de 62.30 metros, o que permite a realização de tabuleiros de viadutos/pontes com 60.00 metros de vão entre pilares. Em situações excepcionais, e tendo de ser submetida a Projecto de Alteração, estas Vigas de Lançamento podem atingir vão até aos 66 metros de comprimento.

As medidas da secção transversal destas vigas são de 1,80 x 3,45 m.

b) Narizes



(À Esq.) Figura 2.11 – Parcelas dos narizes desmontadas, (Viaduto 2).
(À Dta.) Figura 2.12 – Nariz parcialmente montado na V.L., (Viaduto 2).

Nas figuras acima estão demonstrados alguns componentes dos narizes anexos na traseira e dianteira da viga caixão. Estes narizes têm fundamentalmente o objectivo, neste tipo de estruturas, de permitir o avanço do conjunto “Viga de Lançamento”, após finalizado um troço do tabuleiro, para o vão seguinte. No entanto, para que o avanço possa ser realizado são necessários outros componentes acessórios que serão apresentados no ponto 2.2.3.

Como se pode verificar na Figura 2.13, extremidades dos narizes têm uma curvatura para possibilitar o encarrilamento na nervura “*boggie*”, (situada na consola encastrada no pilar seguinte), quando for realizado o avanço da viga para o vão adjacente. No entanto, se estivermos perante um vão de elevada dimensão (aproximadamente 60 metros), devido às deformações das vigas caixão e dos narizes, pode ocorrer o problema de a curvatura na extremidade do nariz não ser suficiente para que a haja o pretendido encarrilamento do nariz na *boggie*. Para colmatar esta situação, o último troço do nariz é regulável em termos de rotação vertical, ou seja, é possível levantar a extremidade do nariz afinando a sua inclinação, como se pode observar nas Figuras 2.13 2.14, 2.15, 2.16 e 2.17.



(À Esq.) Figura 2.13 – Curvatura da extremidade dos narizes, (Viaduto 2).
(À Dta.) Figura 2.14 – Extremidade de um nariz, (Viaduto 2).



(À Esq.) Figura 2.15 – Ligação regulável da extremidade do nariz, (Viaduto 2).
(À Dta.) Figura 2.16 – Calha de movimentação da V.L., "Boggie", (Viaduto 2).



Figura 2.17 – Extremidade do nariz da frente, com elevação para atingir a consola seguinte, (Viaduto 1).

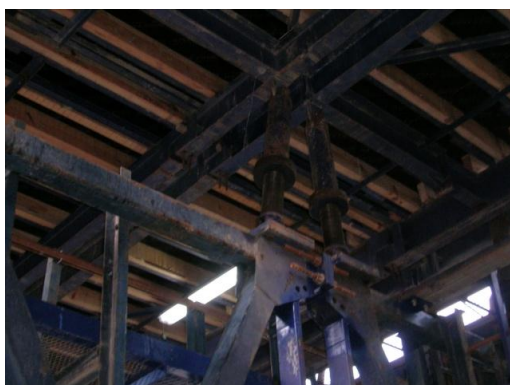
c) Ligações treliçadas (vigas transversais) entre caixões



(À Esq.) Figura 2.18 – Vigas transversais entre caixões, (Viaduto 2).



(À Dta.) Figura 2.19 – Vigas transversais entre caixões, (Viaduto 2).



(À Esq.) Figura 2.20 – Hidráulicos de suporte e regulação da estrutura de base de cofragem, (Viaduto 2).



(À Dta.) Figura 2.21 – União das vigas transversais através de barras *dywidag*, (Viaduto 2).

Entre as vigas caixão existem vigas transversais treliçadas, como representado nas figuras 2.18 e 2.19. Estas, apresentam um afastamento transversal de 5.20 a 6.00 metros entre si, que também se encontra retratado na Figura 2.7. Estas treliças têm as funções importantíssimas de travamento transversal dos caixões, possibilitando a sua estabilização nesse mesmo sentido, como também de apresentar a capacidade de suportar as cargas inerentes ao betão fresco e armadura do tabuleiro quando em fase de betonagem. O nivelamento da estrutura da base da cofragem é obtido através da regulação dos hidráulicos colocados no topo da estrutura treliçada, o que permite o nivelamento necessário para a realização da betonagem. Estes hidráulicos estão representados na Figura 2.20, contudo, serão mais aprofundados no capítulo seguinte, dedicado aos acessórios necessários ao bom funcionamento desta tipo de cimbra.

Ainda de referir, como está visível nas Figuras 2.19 e 2.21, as ligações das estruturas treliçadas transversais às vigas caixão, são feitas através de ligações aparafusadas e na zona de eixo de simetria da viga (Figura 2.7), as ligações entre estruturas treliçadas são feitas através de varões roscados tipo “*dywidags*”, como é visível nas Figuras 2.20 e 2.21.

NOTA: É de extrema importância a verificação e em caso de necessidade, substituição, de todas as ligações aparafusadas bem como todos os “*dywidags*” existentes na totalidade da estrutura que compõe a Viga de Lançamento, pois, pode existir algum tipo de dano que tenha ocorrido numa obra anterior e que comprometeria a segurança da estrutura (Viga de Lançamento), como da obra e das vidas humanas ligadas à execução da empreitada.

2.2.3. ACESSÓRIOS DAS VIGAS DE LANÇAMENTO

Os acessórios necessários ao funcionamento deste tipo de Vigas de Lançamento são os seguintes:

- a) HIDRÁULICOS:
 - a.1) Transversais de consola;
 - a.2) Longitudinais de avanço;
 - a.3) Verticais de elevação e nivelamento (800ton, 500ton e 20ton);

- b) COFRAGENS:
 - b.1) Estrutura de base de cofragem;
 - b.2) Estruturas laterais de cofragem;
 - b.3) Estrutura Interior de cofragem;
 - b.4) Cofragem;

- c) ESCORAS;
- d) CONSOLAS EM PILARES;
- e) CONTRAPESOS;
- f) RÉGUA DE AVANÇO DA V.L.;
- g) BOGGIES;
- h) PÓRTICO DE AMARRAÇÃO TRASEIRA DA V.L.;
- i) BARRAS “DYWIDAG”.

a) HIDRÁULICOS:

Relativamente aos hidráulicos existentes, como está demonstrado acima, estes podem ser divididos em 3 funções distintas.

a.1) Transversais de Consola:

Dispostos transversalmente ao vão, isto é, nas consolas, promovem o afastamento ou aproximação da viga aos pilares, quando esta necessita de ser movimentada para o vão seguinte (afastamento), ou aproximação em caso de ser posicionada para a construção do tabuleiro. A carga máxima destes é de 30,6ton e conseguem atingir uma extensão máxima do êmbolo de 0.60 metros.

a.2) Longitudinais de avanço:

O segundo ponto referido no tópico "hidráulicos", são referentes aos quatro hidráulicos que funcionam no sentido longitudinal do vão, estes têm o objectivo de empurrar, posteriormente à conclusão de um troço, os conjuntos vigas caixão, narizes, estrutura treliçada (aparafusada às vigas caixão) e respectivas cofragens, sobre os carris existentes, para o vão seguinte. Estes hidráulicos têm a capacidade de 78,5ton e têm uma extensão máxima do seu êmbolo de 1.10m.

a.3) Verticais de elevação e nivelamento (800ton, 500ton e 20ton):

Por fim, existem ainda os hidráulicos que funcionam na posição vertical, estes podem ser divididos em três grupos, apresentando portanto capacidades e objectivos diferentes. Relativamente à capacidade dos hidráulicos, os dois maiores (que apoiam a Viga de Lançamento nas consolas dianteiras) têm uma capacidade de elevação de 500ton (Figura 2.23), enquanto que os situados na traseira (Figura 2.22), são responsáveis pela elevação, nessa zona, da viga de lançamento e têm uma capacidade de 500ton. Estes últimos, quando em situação de construção dos tramos intermédios, em vez de estarem apoiados ao solo, ficam apoiados no quinto de vão anterior e suportam o pórtico de levantamento da traseira da Viga, (que será posteriormente explicado na alínea dedicada a este componente), (Figura 2.28). Ainda de salientar, os hidráulicos dianteiros de 800ton, no caso de alteração do conjunto da Viga de Lançamento para vencer vãos de 66 metros, os hidráulicos necessários terão de apresentar uma capacidade de 1000ton em vez das 800ton necessárias para os vãos de 60 metros. Finalmente, existem 40 hidráulicos de 20ton, que são os

responsáveis pelo levantamento e nivelamento da estrutura base de cofragem, (Figura 2.26 e 2.27).

Quanto aos objectivos, os mais resistentes são utilizados para elevação do conjunto total da viga de lançamento enquanto que os mais fracos são usados apenas para efectuar a elevação ou abaixamento da estrutura de base de cofragem.

NOTA: Todos os hidráulicos dispostos na vertical nestas Vigas de Lançamento, têm no final do seu êmbolo uma zona roscada, que servirá de travamento do êmbolo em caso de avaria do mesmo.



(À Esq.) Figura 2.22 – Hidráulicos de elevação da estrutura global da V.L., (Viaduto 2).



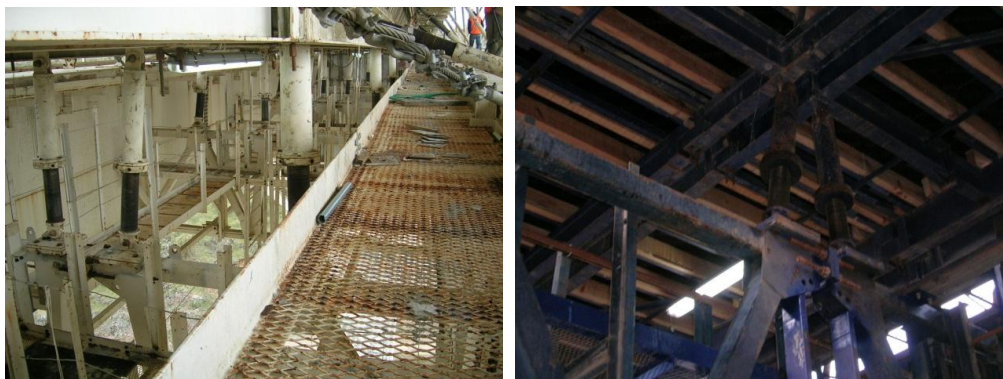
(À Dta.) Figura 2.23 – Consola com hidráulicos transversais e longitudinais, (Viaduto 2).



(À Esq.) Figura 2.24 – Consola com hidráulicos transversais e longitudinais, (Viaduto 2).



(À Dta.) Figura 2.25 – Hidráulico longitudinal de avanço da estrutura, (Viaduto 2).



(À Esq.) Figura 2.26 – Hidráulicos verticais de suporte da estrutura base de cofragem, (Viaduto 1).

(À Dta.) Figura 2.27 – Hidráulicos verticais de suporte da estrutura base de cofragem, (Viaduto 2).



(À Esq.) Figura 2.28 – Hidráulico de 500ton que suporta a traseira da viga e/ou o pórtico de suporte dependendo da fase de construção, (Viaduto 1).

(À Dta.) Figura 2.29 – Pórtico de suporte da Viga de Lançamento em tramos intermédios, (Viaduto 1).

b) COFRAGENS:

As cofragens, como acima indicado, encontram-se repartidas por quatro componentes, sendo que, três deles dizem respeito à estrutura metálica de suporte das cofragens e o quarto diz respeito à cofragem propriamente dita.

b.1) Estrutura de base de cofragem:

Esta estrutura, como já foi mencionado na alínea c) do ponto 2.2.2, serve de base da cofragem do tabuleiro, e terá de ser sempre a primeira estrutura de cofragem a ser montada, pois todas as restantes apresentam uma dependência desta. A sua composição consiste em perfis metálicos de secção I tendo também perfis U sobrepostos aos I na direcção transversal. Por sua vez, aparafusados aos perfis U encontram-se os barrotes de madeira que irão

servir para fixação, também através de ligações aparafusadas, dos painéis de cofragem melhorada, (Figura 2.30).



(À Esq.) Figura 2.30 – Estrutura base de cofragem, (Viaduto 2).

(À Dta.) Figura 2.31 – Estrutura lateral exterior de cofragem, (Viaduto 2).

b.2) Estrutura lateral de cofragem

Relativamente a estas estruturas de cofragem, o seu processo é bastante semelhante à estrutura de base de cofragem no que diz respeito às vigas I e U, no entanto, como foi feito anteriormente, a fixação destas estruturas metálicas é feita por intermédio de ligações à estrutura de base, inferiormente, e lateralmente é efectuada a sua ligação através de escoras fixas à viga caixão. (Figuras 2.31, 2.32 e 2.33)



(À Esq.) Figura 2.32 – Estrutura lateral exterior de cofragem e escoras de fixação, (Viaduto 2).

(À Dta.) Figura 2.33 – Estrutura lateral exterior de cofragem e escoras de fixação, (Viaduto 1).

b.3) Estrutura Interior de cofragem

A estrutura interior de cofragem é a componente do conjunto V.L. responsável pela cofragem do interior do caixão do tabuleiro. Esta estrutura não se encontra ligada fisicamente ao resto da estrutura da V.L. visto não existir nenhuma conexão com as mesmas. A sua movimentação é realizada por intermédio de

um carro que é movimentado sobre carris assentes na banzo inferior do tabuleiro, apresentando este carro a capacidade de ajustar as cofragens, por intermédio de hidráulicos, que permitem um afastamento ou encolhimento das cofragens consoante se esteja em fase de betonagem ou em fase de avanço, respectivamente.



Figura 2.34 – Carro de movimentação da cofragem interior do caixão do tabuleiro.

Na Figura 2.34 está representado o carro de movimentação da cofragem interior do caixão, este move-se sobre carris, (Figura 2.35), que são apoiados em blocos de betão dispostos durante a fase de aplicação de armadura do banzo inferior. Estes blocos de betão são perdidos, ou seja, ficam no interior do banzo após betonado.



(À Esq.) Figura 2.35 – Estrutura interior de cofragem e carris, (Viaduto 2).



(À Dta.) Figura 2.36 – Hidráulicos verticais e horizontais para o posicionamento das cofragens, (Viaduto 2).

As escoras visíveis na Figura 2.35 servem unicamente como elemento resistente devido ao peso do betão fresco durante a betonagem da laje de tabuleiro.

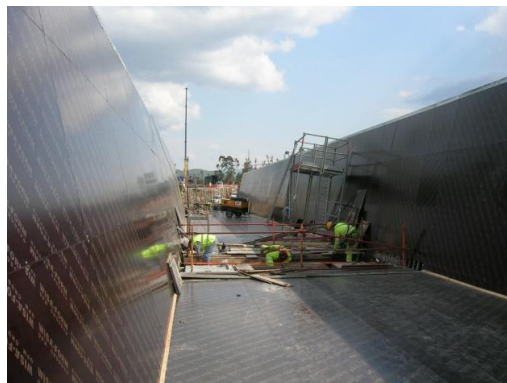
Esta cofragem interior é parcelar, isto para que seja possível o seu transporte com o carro de movimentação. A sua montagem é realizada a partir do vão já betonado para o final do vão a betonar.

b.4) Cofragem

A cofragem utilizada dependerá da qualidade de acabamento que se queira dar à obra de arte, no entanto, nestas obras foram utilizadas cofragens forradas a contraplacado marítimo, como se pode verificar nas figuras seguintes:

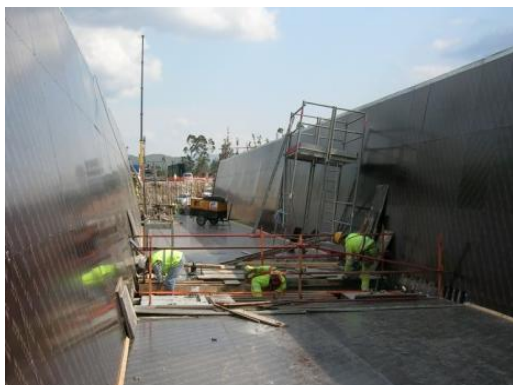


(À Esq.) Figura 2.37 – Estrutura e cofragem lateral exterior, (Viaduto 2).

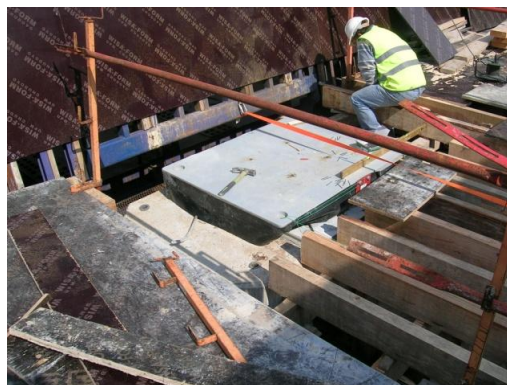


(À Dta.) Figura 2.38 – Cofragem exterior do tabuleiro montada, (Viaduto 2).

De notar que, nas zonas de aparelhos de apoio, são requeridas operações de maiores cuidados, isto porque a cofragem terá de ser cortada à medida e os aparelhos de apoio travados para que não ocorram deformações em fase de betonagem. Figuras 2.39 e 2.40.



(À Esq.) Figura 2.39 – Trabalhos de cofragem nas zonas de apoios, (Viaduto 2).



(À Dta.) Figura 2.40 – Trabalhos de cofragem nas zonas de apoios, (Viaduto 2).



(À Esq.) Figura 2.41 – Travamento dos Aparelhos de apoio durante fase de betonagem, (Viaduto 1).

(À Dta.) Figura 2.42 – Travamento dos Aparelhos de apoio durante fase de betonagem, (Viaduto 1).

c) ESCORAS:

As escoras existentes nesta estrutura têm o objectivo de fixar e ajustar as inclinações necessárias para a realização da betonagem do tabuleiro, estas escoras apresentam nas suas extremidades zonas roscadas, que através das mesmas é que é possível a afinação das inclinações. Estas escoras apresentam uma elevada resistência à compressão, pois são elas que suportam parte dos impulsos do betão fresco.



(À Esq.) Figura 2.43 – Escoras, (Viaduto 2).

(À Dta.) Figura 2.44 – Escoras, (Viaduto 2).

d) CONSOLAS EM PILARES:

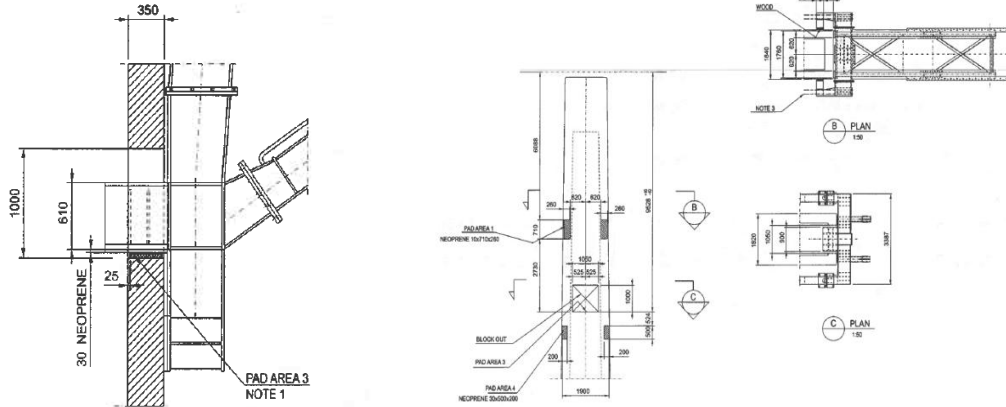
Estes componentes têm a função fundamental, neste tipo de processo de construção de transferir para os pilares as cargas da Viga de Lançamento e do betão armado em fase de betonagem e de avanço, é nestas estruturas onde estão fixos os hidráulicos transversais e os longitudinais abordados na alínea a) deste subcapítulo. A fixação destes componentes estruturais, do conjunto Viga de Lançamento, aos pilares, pode ser realizada em negativos existentes nos

pilares (no caso de viadutos mais altos), ou através de estruturas metálicas encastradas na base dos pilares. A sua montagem é realizada por partes. No caso de fixação em negativos existentes nos pilares, o primeiro passo a ser tomado consiste no transporte, (através de uma grua) e montagem da consola no negativo existente no pilar e sua amarração em torno do pilar para que a mesma não caia, posteriormente será realizada a mesma manobra mas para a segunda consola. O último processo consiste em realizar a amarração de uma consola à outra através de “*dywidags*”, o que garantirá à estrutura a sua estabilidade.

Relativamente ao sistema montado sobre a estrutura metálica de suporte, a processo de montagem das consolas é bastante semelhante, no entanto não existem negativos para apoiar as consolas, o que fará com que as cargas verticais nesta situação sejam totalmente suportadas por essas estruturas metálicas libertando assim os pilares de esforços de compressão provocados pela Viga de Lançamento.



Figura 2.45 – Consolas montadas em negativos, (Viaduto 1).



(À Esq.) Figura 2.46 – Esquema estrutural das consolas, (Viaduto 1).
(À Dta.) Figura 2.47 – Esquema estrutural das amarrações, (Viaduto 1).



(À Esq.) Figura 2.48 – Estrutura de suporte das consolas, (Viaduto 2).
(À Dta.) Figura 2.49 – Estrutura de suporte das consolas, (Viaduto 2).



(À Esq.) Figura 2.50 – Sistema de amarração entre consolas, (Viaduto 2).
(À Dta.) Figura 2.51 – Sistema de amarração entre consolas, (Viaduto 1).

e) CONTRAPESOS:

Os contrapesos nesta estrutura têm o objectivo de equilibrar o conjunto da Viga de Lançamento quando separada na zona da estrutura treliçada abaixo do tabuleiro. Após separada pelo seu eixo de simetria, a estrutura ficaria desequilibrada em cima dos carris de avanço, portanto, é através dos

contrapesos que se obterá o equilíbrio para que seja possível proceder-se ao avanço das vigas caixão e dos restantes componentes ligados aos mesmos. A amarração às vigas caixão é feita através de barras de tensão, (“dywidags”).

Estes elementos são visíveis nas Figuras 2.8, 2.52 e 2.53.



(À Esq.) Figura 2.52 – Contrapeso, (Viaduto 2).

(À Dta.) Figura 2.53 – Pormenor de amarração do contrapeso à viga caixão., (Viaduto 2).

f) RÉGUA DE AVANÇO DAS VIGAS CAIXÃO:

As régua de avanço destas estruturas, (vigas caixão e seus componentes), encontram-se dispostas na face inferior das vigas caixão e apresentam furos afastados de 50 em 50cm, e têm funcionalidade de, quando lhe acoplado o hidráulico longitudinal, promover o avanço da estrutura. Como vimos na alínea e), a estrutura encontra-se equilibrada, através dos contrapesos mencionados acima, sendo então possível realizar-se o avanço da estrutura de uma forma controlada. O último conjunto de peças necessárias para ser possível o avanço das vigas caixão, são denominadas “boggies” e são apresentadas na alínea seguinte.

As régua de avanço estão visíveis nas Figuras 2.23, 2.24 e 2.25.

g) “BOGGIES”

As “boggies” são umas calhas existentes, fixas nas consolas, dispostas na direcção longitudinal do tabuleiro, que recebem por sua vez, outra calha existente na zona inferior das vigas caixão e que recebem as cargas provenientes da totalidade da estrutura. Para que seja possível a movimentação, têm de lhes ser colocadas placas de teflon, para permitir um adequado avanço, com o objectivo de redução do atrito entre o metal.



(À Esq.) Figura 2.54 – Boggies e calha de deslizamento, (Viaduto 2).
(À Dta.) Figura 2.55 – Boggies e calha de deslizamento, (Viaduto 2).

h) PÓRTICO DE AMARRAÇÃO TRASEIRA DA V.L.:

Este pórtico está visível nas figuras 2.28 e 2.29. Encontra-se na zona de quinto de vão realizado na betonagem anterior e serve para fixação e elevação da zona traseira da Viga de Lançamento, pondo-a na zona correcta para fase de betonagem do vão a construir. Como foi mencionado na alínea referente aos hidráulicos verticais, o pórtico é elevado através dos hidráulicos de 500ton, que através das barras de tensão a ele fixados, elevará também a zona traseira da Viga, obrigando-a a ficar suspensa, e não apoiada como a zona frontal. As ligações através de “dywidags” serão abordadas na alínea seguinte.

Ainda de referir, estes pórticos só poderão elevar a Viga de Lançamento quando esta estiver unida através da estrutura treliçada situada abaixo da cofragem de base do tabuleiro, pois só assim se poderá garantir que o levantamento da Viga será nivelado transversalmente.

O levantamento deste pórtico apenas se poderá proceder como demonstrado nas Figuras 2.28 e 2.29, ou seja, nas extremidades, próximo das barras de tensão, visto que dessa forma ser-lhe-ão impostas menores deformações e a força aplicada para realizar a elevação adequada será menor também.

i) BARRAS “DYWIDAG”:

As barras de tensão, são elementos bastante utilizados para as uniões dos componentes que vão estar sujeitos a elevados esforços, como por exemplo, parcelas da estrutura de base de cofragem, (Figura 2.30), uniões da estrutura treliçada, (Figuras 2.20 e 2.21), nas zonas de fixação das consolas dos pilares, (Figuras 2.48, 2.50 e 2.51), na ligação dos contrapesos, (Figuras 2.52 e 2.53),

também no suporte da cofragem da base do tabuleiro na zona de quinto de vão, (Figura 2.56) e ainda na união do pórtico de suporte da zona traseira da Viga, (Figuras 2.28, 2.29, 2.57 e 2.58).

A título de exemplo, a resistência imposta pelo projecto da V.L. aos dywidags que unem as consolas dos pilares é de 500kN.



(Cima à Esq.) Figura 2.56 – Sistema de amarração da cofragem inferior no quinto de vão, (Viaduto 1).

(Cima à Dta.) Figura 2.57 – Barras de tensão entre Pórtico e Viga caixão, (Viaduto 1).

(Baixo à Dta.) Figura 2.58 – Sistema de amarração no interior da Viga caixão, (Viaduto 1).



No quadro seguinte estão apresentadas todas as características que estas barras de tensão necessitam de possuir consoante o tipo de ligação.

Lista de Elementos	Diâmetro (mm)	Comprimento (mm)	Nº de Elementos	Comprimento Total (m)	Classe de Resistência (MPa)
Vigas Transversais					
Barra de Tensão	26,5	500	80	40	950 / 1050
Porca de Aperto	26,5	---	160	---	---
Consolas de Apoio					
Barra de Tensão	36	8500	36	288	950 / 1050
Porca de Aperto	36	---	72	---	---
Contrapesos					
Barra de Tensão	26,5	1400	8	11,2	950 / 1050
Porca de Aperto	26,5	---	40	---	---
Pórtico de Suspensão					
Barra de Tensão	36	6500	20	120	950 / 1050
Porca de Aperto	36	---	40	---	---

Quadro 2.1: Características das barras de alta tensão, “dywidags”.

2.2.4. MECANISMO DE FUNCIONAMENTO DAS VIGAS

O mecanismo de funcionamento destas estruturas consiste na sua montagem, estabilização, posicionamento para realização dos trabalhos, movimentação e no final desmontagem, no entanto, este processo será explicado no capítulo referente à Metodologia construtiva.

2.2.5. PROJECTO ESTRUTURAL DA VIGA DE LANÇAMENTO

Devido ao facto de os projectos das Vigas de Lançamento terem de andar sempre acompanhados das mesmas, apenas foi possível ter acesso ao projecto de adaptação da viga utilizada no viaduto sobre o rio Águeda, Ciudad Rodrigo.

a) Alterações Geométricas

As principais características deste cimbre estão apresentadas no quadro seguinte:

Comprimento total, (nariz a nariz)	132,12 m
Máxima largura, (medido pelas faces exteriores das vigas caixão em fase de betonagem)	9,62 m
Largura máxima da cofragem exterior	11,21 m
Altura das vigas caixão	3,45 m

Quadro 2.2: Principais características da Viga MSS Salamanca (Viaduto 1).

Este cimbra tinha sido utilizado para a construção do viaduto Mézio, desta forma, para a realização do viaduto sobre o rio Águeda, tiveram de ser efectuadas algumas alterações à Viga, nos quadros seguintes estão expostos os componentes deste cimbra e respectivas intervenções de modificação desde a última empreitada como também a diferença de características de um viaduto para o outro:

Vigas caixão principais	Sem modificações
Vigas transversais da estrutura base de cofragem	Ajustes geométricos
Narizes	Sem modificações
Consolas	Ajustes geométricos
Pórtico de Suspensão	Ajustes geométricos
Cofragens	Ajustes geométricos e reforços

Quadro 2.3: Intervenções na Viga de Lançamento de adaptação a esta obra.

As alterações descritas no Quadro 2.3 tiveram de ser realizadas devido às diferenças existentes entre o tabuleiro do Viaduto Mézio e o tabuleiro sobre o rio Águeda. No Quadro 2.4 estão descritas as principais diferenças entre ambos.

<i>Características principais do tabuleiro do viaduto sobre o rio Águeda</i>	
Largura do tabuleiro	11,20 m
Altura do tabuleiro	1,40 a 2,50 m (nervura única de secção variável)
Peso do tabuleiro	240 kN/m
Distância máxima entre pilares	52,00 m
Máximo vão de trabalho, do cimbra, em posição de betonagem	49,30 m
<i>Características principais do tabuleiro do viaduto Mézio</i>	
Largura do tabuleiro	14,00 m
Altura do tabuleiro	4,20 m (caixão de secção constante)
Peso do tabuleiro	272 kN/m
Distância máxima entre pilares	60,00 m
Máximo vão de trabalho, do cimbra, em posição de betonagem	46,80 m

Quadro 2.4: Principais diferenças entre os tabuleiros dos Viadutos sobre o rio Águeda e o Viaduto Mézio.

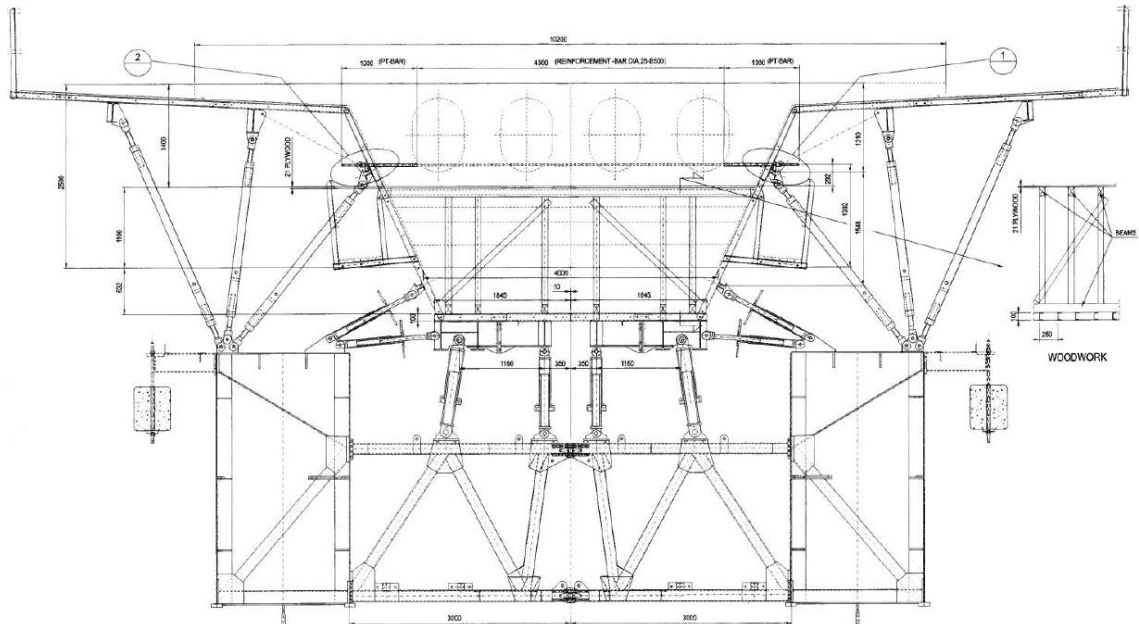


Figura 2.59 – Secção transversal de projecto em fase de betonagem, (Viaduto 1).

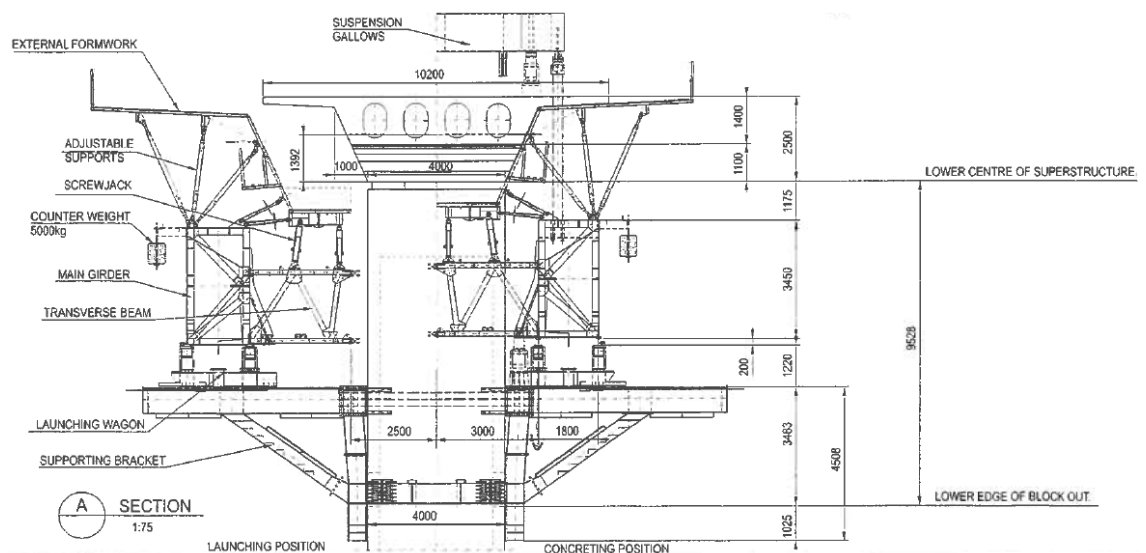


Figura 2.60 – Secção transversal de projecto em fase de avanço (à esquerda), e em fase de betonagem, (à direita), (Viaduto 1).

b) Acções:

Relativamente à estrutura metálica, quando foi feito o cálculo para a adaptação ao viaduto sobre o rio Águeda, as acções consideradas na Viga de Lançamento foram as seguintes:

- Cargas Permanentes:
 - Elementos Estruturais;
 - Plataforma de Manutenção dos Equipamentos;
 - Escadas e Passadeiras de acesso;
 - Equipamento, no máximo 5% do valor dos elementos estruturais;

- Sobrecargas:
 - Betão: 25,5 kN/m³;
 - Peso médio do tabuleiro: 240 kN/m;
 - Sobrecargas em Plataformas e Passadeiras de circulação:
 - Sobrecarga uniforme: 1,5 kN/m²;
 - Sobrecarga Pontual: 2,5 kN;

- Cargas “Ambientais”:
 - Temperatura:
 - Devido às cargas causadas pelas variações de temperatura imporem esforços reduzidos, estes foram desprezados.

 - Vento:
 - Consoante a fase de construção, as velocidades críticas do vento diferem entre si, sendo assim, as velocidades críticas e as ses de construção respectivas estão presentes no Quadro 4 abaixo indicado.

Velocidade crítica durante movimentação longitudinal	12,0 m/s
Velocidade crítica durante a betonagem	22,0 m/s
Velocidade crítica em situação da Viga parada e apoiada nos apoios das consolas	30,0 m/s
Velocidade crítica em situação da Viga parada e amarrada ao pórtico de suspensão	Superior a 30,0 m/s

Quadro 2.5: Velocidades críticas para as diferentes fases de construção.

Relativamente às deformações, nestas estruturas metálicas, as máximas deformações permitidas são de L/400.

c) **Contraflechas:**

Como é óbvio, quando em fase de betonagem, devido ao peso elevado do betão, a estrutura metálica vai sofrer deformações em regime elástico, portanto torna-se necessário ajustar a Viga de Lançamento de forma a que lhe seja imposto um determinado valor de contraflecha, para que, mesmo após a deformação elástica da estrutura metálica, o tabuleiro de betão armado não sofra deformações excessivas a Tempo zero (t_0).

As contraflechas a serem tomadas variam consoante o viaduto a construir, e mesmo entre os próprios vãos do um mesmo viaduto. As contraflechas dadas à estrutura base de cofragem terão sempre de ser ajustadas. Este ajuste é conseguido através da regulação dos hidráulicos verticais, ligados às vigas transversais, e das escoras situadas acima das vigas caixão. As contraflechas são calculadas no projecto de adaptação da V.L., no entanto são ajustadas em fase de construção dependendo dos valores de deformação obtidos através das medições topográficas decorrentes na execução do tabuleiro.

No caso concreto da Viga utilizada para a execução do viaduto sobre o rio Águeda, as contraflechas são as seguintes:

<u>Viga transversal</u> <u>nº:</u>	<u>Contraflecha no eixo da viga caixão, (mm):</u>			<u>Contraflecha nas vigas transversais, (mm):</u>		
	PC1	PC2	PC3	PC1	PC2	PC3
T – 1010	42	---	26	46	---	29
T – 1009	72	---	43	75	---	47
T – 1008	93	---	54	96	---	57
T – 1007	104	10	59	107	12	61
T - 1006	103	19	56	106	22	57
T – 1005	89	22	46	92	25	46
T – 1004	63	18	31	65	22	32
T – 1003	26	9	13	27	11	13
T – 1002	-20	-4	---	-20	-1	---
T - 1001	-56	-12	---	-56	-11	---
T – 1000 <u>(Extremo Frontal)</u>	-70	-16	---	---	---	---

Quadro 2.6: Tabela de contraflechas de projecto.

Sendo:

Contraflecha PC1: Tramos de 52m, (45m de vão e 7m de quinto de vão seguinte).

Contraflecha PC2: Tramo inicial, (28m de vão e 7m de quinto de vão seguinte).

Contraflecha PC3: Tramo final, (28m de vão e 0m de quinto de vão seguinte).

De notar que na extremidade da V.L., ou seja, na zona de quinto de vão, (T – 1000, T – 1001 e T – 1002), as contraflechas possuem valores negativos, este facto teoricamente deve-se à necessidade de impor deslocamentos negativos (\downarrow) na extremidade frontal da V.L. devido ao quinto de vão ter tendência a levantar provocado pela deformação do tabuleiro no vão betonado. Na realidade isto não acontece, porque como a V.L., no vão seguinte, irá estar apoiada no pórtico localizado no quinto de vão, o peso da Viga de Lançamento mais o peso do betão, fará com que o quinto de vão baixe, obtendo-se assim a horizontalidade do tabuleiro.

3. METODOLOGIA CONSTRUTIVA DA V.L.

3.1. INTRODUÇÃO

O âmbito deste capítulo prende-se com a explicação dos processos a realizar em obra para a construção de tabuleiros de viadutos recorrendo a Vigas de Lançamento. Desta forma serão explicados os procedimentos desde que a V.L. chega a estaleiro até que será removida do mesmo no final da empreitada.

3.2. TRANSPORTE E MONTAGEM DA VIGA DE LANÇAMENTO

Estes cimbres são transportados, desmontados, em camiões até ao local onde se realizará a obra. (Figuras 2.9, 2.10, 2.11, 2.12 do segundo capítulo). O primeiro processo consiste na montagem das consolas nos pilares da frente de arranque de construção do tabuleiro, estas consolas, como já foi referido no Capítulo 2, podem ser montadas em negativos (Figura 2.45) existentes nos pilares ou em estruturas metálicas encastradas no solo, como se pode verificar na figura 2.49.

Após montagem das consolas ter-se-á que montar o conjunto de hidráulicos onde irão assentar os narizes e vigas caixão durante a fase de betonagem e avanço da viga de lançamento. Num maciço previamente construído, montar-se-ão 2 hidráulicos verticais de 500ton (Figura 3.1), que servirá para o nivelamento da Viga de Lançamento na construção do primeiro vão, (entre o encontro e o primeiro pilar) bem como a estrutura de 2 consolas que neste caso estarão fixas ao maciço, (Figura 3.2).



(À Esq.) Figura 3.1 – Hidráulico de elevação da estrutura global da Viga de Lançamento, (Viaduto 2).

(À Dta.) Figura 3.2 – Hidráulicos Consola apoiada no maciço, (Viaduto 2).

Durante a montagem descrita acima procedeu-se simultaneamente, em estaleiro, à montagem das parcelas constituintes da viga caixão, respectivas vigas transversais e narizes dianteiros. Estes constituintes da V.L. são montados de acordo com o plano de montagem especificado no projecto da Viga de Lançamento, cada componente possui um código numérico que serve de identificação da peça para a correcta montagem, (Figuras 3.3 e 3.4).



(À Esq.) Figura 3.3 – Código numérico para a montagem da V.L., (Viaduto 2).
(À Dta.) Figura 3.4 – Código numérico para a montagem da V.L., (Viaduto 2).

Após concluídas as fases de montagem dos hidráulicos e consolas como da montagem da viga caixão e respectivas vigas transversais, são então movimentadas, através de guas, as vigas caixão com os restantes constituintes acima referidos já lhe acoplados, para a posição do primeiro vão a trabalhar, assentando nos hidráulicos e nas consolas.



Figura 3.5 – Aspecto visual após montagem da V.L. no primeiro vão construir.

Nota: Por norma, e quando é permitido em projecto que os Encontros sejam construídos por fases, a montagem da V.L. é feita de forma diferente. Esta é montada no tardóz do Encontro e consoante é feita a montagem, ela vai sendo empurrada em direcção ao vão até ficar em posição de poder trabalhar, sendo que para este avanço se fazer em segurança, ser necessária a construção de uns apoios provisórios, entre o encontro e o primeiro pilar, onde os narizes e as vigas caixão irão assentar, obtendo-se assim um avanço em equilíbrio. Desta forma, a montagem dos narizes é feita integralmente à medida que a viga vai avançando para o vão, (contrariamente à forma que se procedeu no caso de estudo do Viaduto 2, acima descrito).

Para se poderem dar início aos trabalhos, ter-se-á que proceder à estabilização da estrutura da V.L., esta é conseguida através do fecho do conjunto Viga de Lançamento, isto é, os hidráulicos das consolas puxam as vigas transversalmente em direcção aos pilares, possibilitando assim a união das vigas transversais com barras "dywidag", apresentando o aspecto visível nas Figuras 3.6 e 3.7.



(À Esq.) Figura 3.6 – Vigas transversais unidas através de barras "dywidag", (Viaduto 2).

(À Dta.) Figura 3.7 – Barras "dywidag" de fecho das vigas transversais, (Viaduto 2).

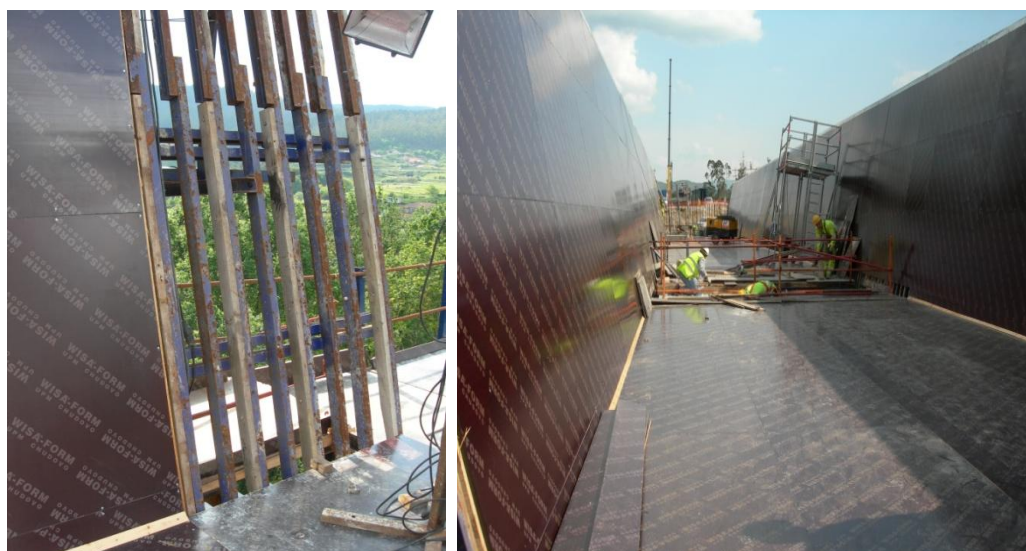
Após estabilização das Vigas caixão, é possível então iniciar-se a montagem dos hidráulicos sobre as vigas transversais, que irão suportar a estrutura base de cofragem (Figura 3.6). Esta estrutura terá de ser montada imediatamente a seguir. O próximo processo consiste na montagem das cofragens laterais exteriores do caixão, que lateralmente estarão apoiadas em escoras reguláveis, (fixas ao caixão), de forma a garantir o posicionamento correcto de acordo com o projecto do viaduto. Por fim, é feita a elevação do conjunto da

V.L. através dos hidráulicos dispostos nas consolas, até à altura de projecto do tabuleiro.



(À Esq.) Figura 3.8 – Escoras de suporte e afinação da estrutura lateral exterior de cofragem, (Viaduto 2).

(À Dta.) Figura 3.9 – Barras “dywidag” de fixação da estrutura base de cofragem, (Viaduto 2).



(À Esq.) Figura 3.10 – Estrutura lateral exterior de cofragem, (Viaduto 2).

(À Dta.) Figura 3.11 – Cofragem exterior do caixão do tabuleiro, pormenorização de armadura na zona de apoios, (Viaduto 2).

Nesta fase, pode ser dado o início à fase de trabalhos, apesar de o conjunto Viga de Lançamento não estar completamente montado e ainda faltar a montagem da cofragem interior do caixão, no entanto, esta só pode ser realizada após ser colocada a armadura.

3.3. PROCEDIMENTO / CICLOS DE EXECUÇÃO

Concluída a fase de montagem descrita até ao parágrafo anterior, dá-se início à afinação dos hidráulicos verticais, colocados nas vigas transversais, até se obterem as contraflechas teóricas definidas no projecto da V.L. Após esta afinação pode-se dar início à montagem e aplicação de armadura na zona do caixão, (Figura 3.12 e 3.13).



(À Esq.) Figura 3.12 – Colocação de armadura, (Viaduto 2).

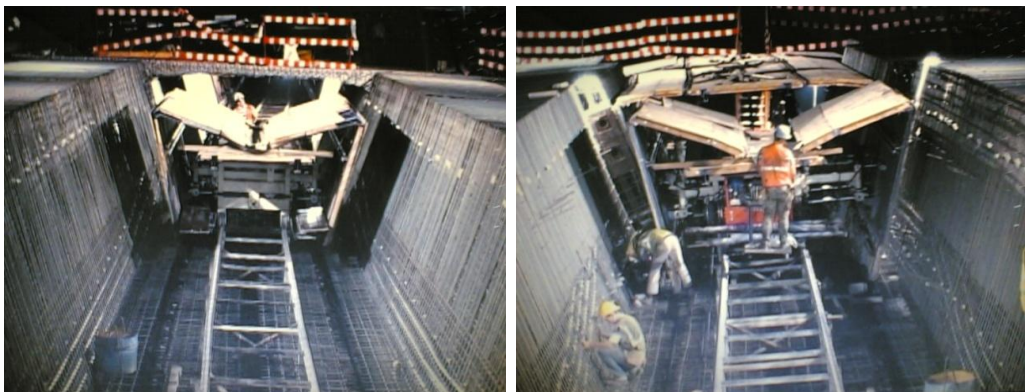
(À Dta.) Figura 3.13 – Amarração de armadura, (Viaduto 2).

Terminada a fixação da armadura, (incluindo bainhas e cabos de pré-esforço), colocam-se espaçadores de betão para a colocação e fixação dos carris que irão servir para se realizar a montagem e avanço do conjunto de cofragem interior do caixão, este avanço é efectuado através do carro de movimentação de cofragem, demonstrado no capítulo anterior. A estrutura de cofragem interior é montada por troços e é feita no sentido de execução do tabuleiro, ou seja, do encontro para o pilar.



(À Esq.) Figura 3.14 – Colocação de espaçadores para colocação de carris, (Viaduto 2).

(À Dta.) Figura 3.15 – Colocação e fixação de carris, (Viaduto 2).



(À Esq.) Figura 3.16 – Movimentação da estrutura de cofragem interior, (Viaduto 2).

(À Dta.) Figura 3.17 – Colocação e nivelamento da cofragem interior, (Viaduto 2).

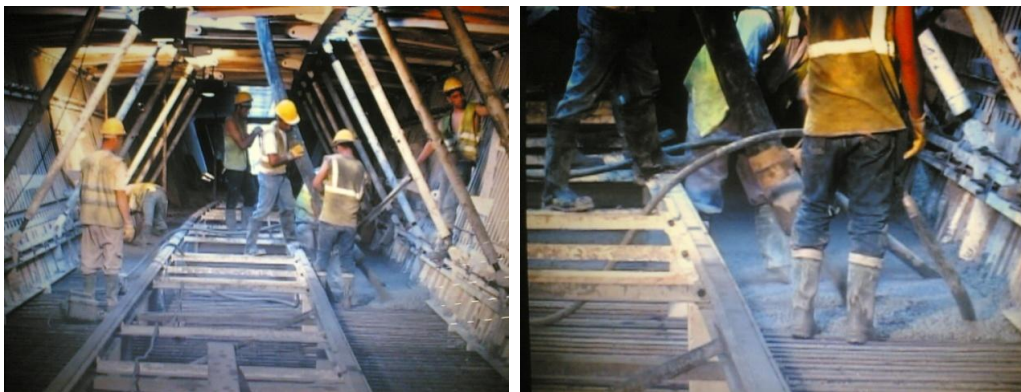
Estando esta estrutura de cofragem totalmente montada e afinado o seu posicionamento, procede-se à colocação de armadura na zona superior do tabuleiro.



(À Esq.) Figura 3.18 – Colocação de armadura na zona superior do tabuleiro, (Viaduto 2).

(À Dta.) Figura 3.19 – Colocação de armadura na zona superior do tabuleiro, (Viaduto 2).

Findado este processo, dá-se início à betonagem, esta é realizada em duas fases, a primeira consiste na betonagem do banzo inferior e de parte das almas. Note-se que a betonagem não pode ser realizada toda de uma só vez visto não existir nenhuma cofragem superior no banzo inferior, e que, uma betonagem total do tabuleiro provocaria uma elevação do nível de betão nesta zona, e mesmo que fosse realizada uma cofragem, ocorreria o problema de impossibilidade de vibração do betão, daí a betonagem ter de ser realizada em duas fases.



(À Esq.) Figura 3.20 – Betonagem do banzo inferior do caixão, (Viaduto 2).
(À Dta.) Figura 3.21 – Vibração do betão do banzo inferior do caixão, (Viaduto 2).

A segunda fase de betonagem consiste na betonagem do resto do tabuleiro, ou seja, a parcela restante das almas e laje superior. Esta betonagem é realizada a partir da zona de quinto de vão (respectivo ao vão seguinte), para o Encontro.

O tempo, por norma deixado para o betão ganhar presa é de 2 a 3 dias, sendo realizados ensaios de rebentamento de provetes para se obter a resistência do mesmo. Após ganha a resistência necessária, é aplicada tensão na armadura de pré-esforço.



(À Esq.) Figura 3.22 – Armadura de pré-esforço antes de aplicação de tensão, (Viaduto 2).
(À Dta.) Figura 3.23 – Armadura de pré-esforço após aplicação de tensão, (Viaduto 2).

Terminada esta etapa, está-se em condições de proceder ao ciclo seguinte, que compreende o abaixamento da viga, a abertura da mesma, o seu avanço para o vão seguinte, fecho do conjunto, elevação e a repetição dos processos de colocação de armadura ordinária e de pré-esforço na zona inferior e lateral do caixão, colocação de suporte de carris e os mesmos, avanço da estrutura interior de cofragem, colocação de armadura na zona superior do tabuleiro e betonagens de primeira e segunda fase.

Relativamente ao abaixamento da viga de lançamento, este é realizado baixando os hidráulicos, dianteiros e traseiros situados nas consolas, que suportam a V.L.. Este abaixamento é realizado até que a estrutura, (V.L.) fique apenas apoiada nos apoios existentes nas 4 consolas.



(À Esq.) Figura 3.24 – Abaixamento de hidráulicos de elevação, (Viaduto 2).

(À Dta.) Figura 3.25 – Abertura entre V.L. e troço de tabuleiro concluído, (Viaduto 2).

O passo seguinte do ciclo prende-se com a abertura do conjunto V.L.. Esta abertura é efectuada através da libertando-se as barras “*dywidag*” que unem as vigas transversais. Após todas as uniões se encontrarem desenroscadas, os dois pares de conjuntos de hidráulicos transversais (situados nas consolas dianteiras e traseiras), puxam, para a zona de extremidade das consolas, os caixões e respectivo material acoplado, (ex: cofragens exteriores e narizes).



(À Esq.) Figura 3.26 – Remoção das barras *dywidag* para abertura da V.L., (Viaduto 2).

(À Dta.) Figura 3.27 – Remoção das barras *dywidag* para abertura da V.L., (Viaduto 2).



(À Esq.) Figura 3.28 – Início de movimentação transversal, (Viaduto 2).

(À Dta.) Figura 3.29 – Posição final de movimentação transversal, (Viaduto 2).

A movimentação transversal da V.L. é feita alternadamente, isto é, faz-se a movimentação de metade da estrutura, movimentação esta de cerca de 50 (cm) por ser o curso de operação do hidráulico, e só quando esta estiver finalizada é que se fará a movimentação da outra metade pelo mesmo processo.



(À Esq.) Figura 3.30 – Aspecto visual lateral da Viga totalmente aberta, (Viaduto 2).

(À Dta.) Figura 3.31 – Aspecto visual inferior da V.L. aberta, (Viaduto 2).

Concluída a abertura da estrutura, segue-se a sua movimentação longitudinal. Como foi explicado no capítulo referente ao projecto da Viga de Lançamento, os hidráulicos longitudinais, localizados nas consolas, são os responsáveis por esta manobra. Neste passo, cada metade da V.L. encontra-se única e exclusivamente apoiada nas “*boggies*”, estando assim a estrutura em equilíbrio através dos contrapesos instalados nas zonas exteriores das vigas caixão.

O curso de movimentação destes hidráulicos são de 60 (cm), e o seu avanço também é efectuado alternadamente, da mesma forma como foi explicado atrás para a movimentação lateral.

Estes hidráulicos, como foi explicado no capítulo anterior, irão efectuar a movimentação longitudinal através da ligação do hidráulico com a régua de avanço, existente na base das vigas caixão, sendo a fixação realizada através de um perno, que quando colocado fará com que a movimentação da viga seja igual à movimentação do êmbolo. Para reduzir o atrito na movimentação, as calhas de movimentação das vigas caixão e dos narizes, são cobertas com massa consistente. Figuras 3.32, 3.33, 3.34.



(Cima Esq.) Figura 3.32 – Ligação entre hidráulico e régua de avanço, (Viaduto 2).
(Baixo Esq.) Figura 3.33 – Fixação através de ligação pernada, (Viaduto 2).
(À Dta.) Figura 3.34 – Espalhamento de massa consistente, (Viaduto 2).

Nas figuras seguintes, é possível observar-se 3 posições diferentes durante a movimentação através da posição do contrapeso visível nas imagens.



Figura 3.35, 3.36 e 3.37 – Movimentação da V.L., (Viaduto 2).

De notar, neste caso de estudo, como a directriz desta linha ferroviária na zona do viaduto é em curva, para que a viga possa ser movimentada, tiveram que ser realizados alguns ajustes nas inclinações laterais dos narizes, nomeadamente 4cm/m nos dois narizes frontais e 2cm/m nos dois traseiros. Além destes pormenores, as duas últimas parcelas dos narizes dianteiros também têm de sofrer ajustes de inclinação vertical. Esta é necessária para que na fase de avanço seja possível o encarrilamento das calhas de movimentação dos narizes nas *boggies* situadas das consolas, caso contrário, não seria possível o encarrilamento devido às flechas provocadas pelo seu peso próprio.



(À Esq.) Figura 3.38 – Inclinação vertical da ultima parcela do nariz dianteiro, (Viaduto 2).



(À Dta.) Figura 3.39 – Apoio dos narizes dianteiros na movimentação da V.L., (Viaduto 2).



Figura 3.40 – Inclinação horizontal do nariz traseiro, (Viaduto 2).

Estando posicionada a viga no vão seguinte a trabalhar, terá que se proceder ao fecho da Viga de Lançamento, da mesma forma que foi descrito acima para o primeiro vão a construir.

A próxima fase consiste na elevação da V.L. até à cota de projecto do tabuleiro a construir. Neste vão, a amarração e elevação traseira já não será efectuada da mesma forma como foi descrito para o vão inicial. Nos vãos seguintes será realizada a amarração e elevação da zona traseira das vigas caixão através de barras “*dywidag*” fixas às vigas caixão e ao pórtico de suspensão, localizado na zona de quinto de vão construído na betonagem anterior. Nas figuras abaixo está visível a ligação acima referida.



(À Esq.) Figura 3.41 – Pórtico de elevação localizado a quinto de vão, (Viaduto 2).



(À Dta.) Figura 3.42 – *Dywidags* de amarração e elevação dos hidráulicos, (Viaduto 2).

Estando finalizada a elevação da V.L., ocorrerá toda a repetição de processos anteriormente descritos, tais como, aplicação de armadura ordinária e de pré-esforço no banzo inferior e almas do caixão, colocação de carris, avanço da

estrutura interior de cofragem do caixão, aplicação de armadura na zona superior do tabuleiro, betonagem de primeira e segunda fases.

Estes procedimentos serão repetidos até ao último vão do tabuleiro.

Como foi mencionado acima, a betonagem de segunda fase é realizada do quinto de vão a betonar para trás, se a betonagem fosse realizada no sentido contrário, (do quinto de vão anterior para o posterior), na altura em que se estaria a betonar a zona de quinto de vão, o betão na junta de betonagem anterior já estaria a ganhar presa o que poderia provocar fissuração na zona de junta de betonagem, como tal, as betonagens são sempre realizadas do quinto de vão a betonar para a junta de betonagem.

Por norma, as durações neste tipo de construção são de cerca de 1 mês para o primeiro vão (Encontro - Pilar) devido ao tempo de montagem da Viga de Lançamento e os restantes vão apresentam um ciclo de cerca de 1,5 semanas a 2 semanas.

3.4. PRINCIPAIS DIFICULDADES / PROBLEMAS;

Neste caso de estudo, uma dificuldade a ter em consideração prendeu-se com a localização de uma linha de caminho de ferro debaixo do viaduto a construir. Desta forma, foram necessárias medidas extraordinárias de segurança para que não ocorressem quaisquer acidentes. Sendo assim, a solução encontrada foi de interdição de atravessamento da linha o que implicou que a circulação do Pilar P2 para o P3 teria de ser efectuada contornando o estaleiro e atravessando a linha utilizando uma passagem superior.



(À Esq.) Figura 3.43 – Linha férrea localizada entre o P2 e o P3, (Viaduto 2).
(À Dta.) Figura 3.44 – Passagem superior à linha férrea, (Viaduto 2).

3.5. DESMONTAGEM E REMOÇÃO DA V.L.

Finalizada a última betonagem, a V.L. terá de ser aberta, puxada para as extremidades das consolas para posteriormente ser removida através de uma grua para a zona de estaleiro onde será desmontada e carregada em camiões. Da mesma forma atrás descrita, foram também removidas as consolas dos pilares e carregada em camiões para o estaleiro central da empresa.

4. AVALIAÇÃO DE SOLUÇÕES ALTERNATIVAS, VIADUTO (V3) SOBRE A RIB.^a DE ZACARIAS, LOTE 8, DOURO INTERIOR

Tal como acontece em diversos casos, até se poder realizar um projecto de execução, várias soluções podem ser analisadas e apresentadas ao Dono de Obra, com o objectivo de se adoptar a melhor solução, e daí se partir para a realização do respectivo projecto de execução, que compreenderá as decisões definitivas e cálculos necessários para a realização da empreitada.

No caso deste viaduto, o procedimento não foi diferente, inicialmente considerou-se uma solução de tabuleiro de secção variável em vez de secção constante, como foi o caso do viaduto O MARCO, apresentado nos capítulos anteriores, no entanto, a solução de secção variável apresenta também uma secção em caixão, contrariamente ao Viaduto sobre o rio Águeda, que foi abordado no capítulo 3.

Nas Figuras 4.1 e 4.2, é possível verificarem-se facilmente as diferenças entre a Solução 1 (Através do método de construção por aduelas sucessivas), e a Solução 2 (Através do método construtivo de Vigas de Lançamento).

As diferenças visíveis nestas figuras são a nível estético, quer a nível do tabuleiro como a nível dos pilares e consequentemente dimensões de vãos entre os mesmos. De qualquer forma, as diferenças existentes são bastante mais vastas do que as aparentes nas Figuras mencionadas.

Sendo assim, há que analisar quais os motivos que levaram à decisão pela Solução 2 ao invés da Solução 1.

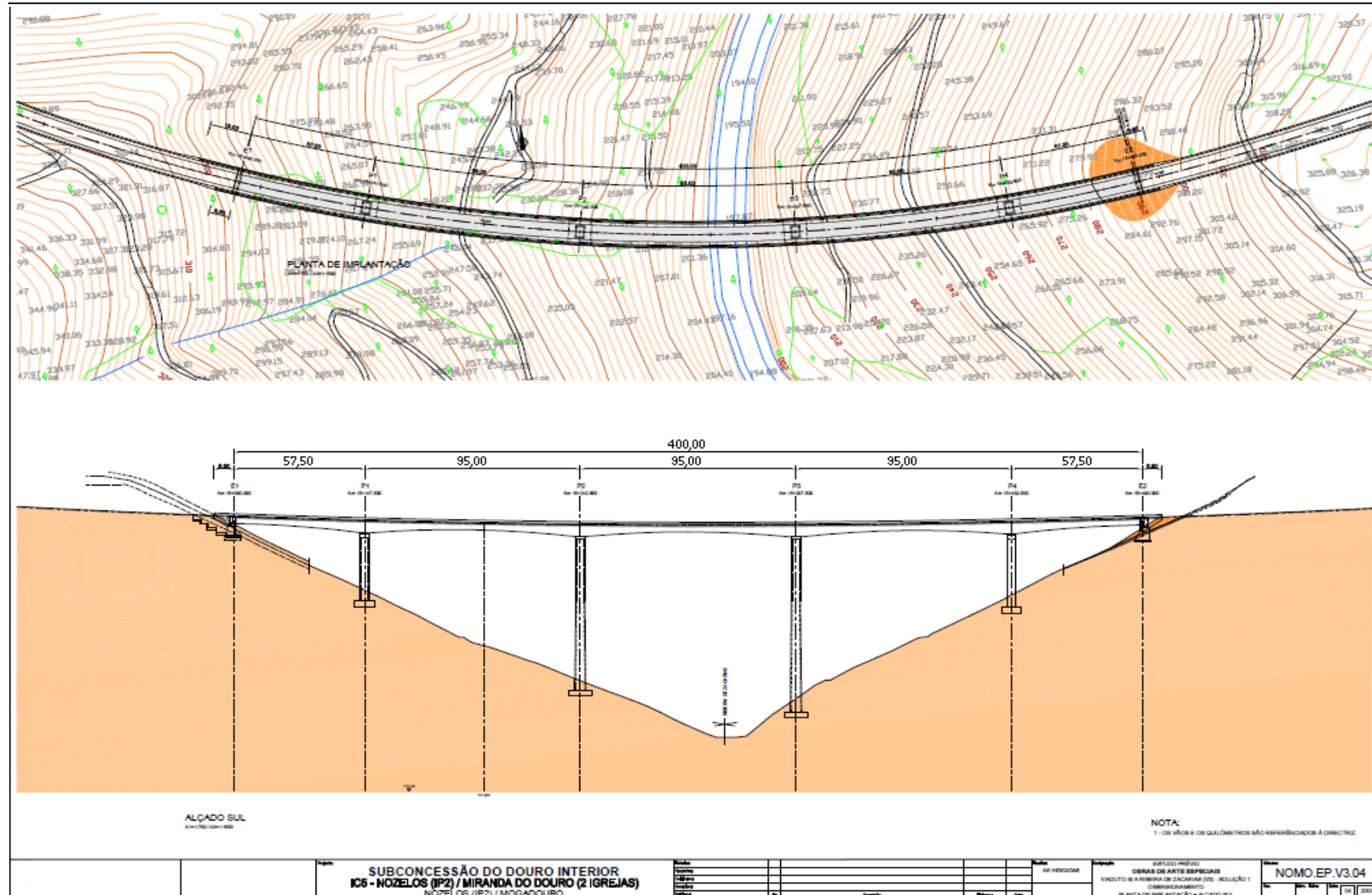


Figura 4.1 – Solução Inicial para o Viaduto sobre a Rib.^a de Zacarias, (V3), (Solução 1)

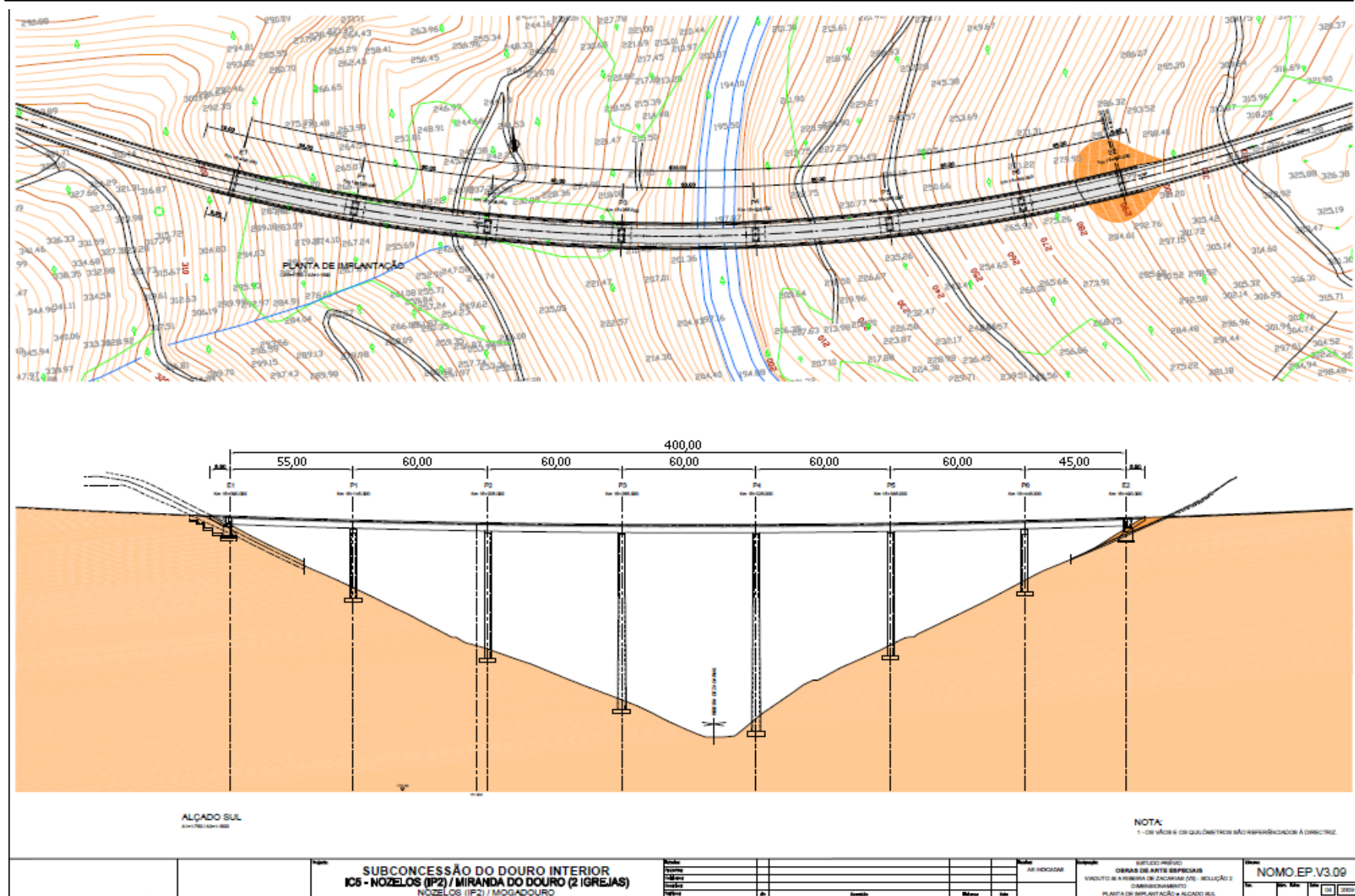


Figura 4.2 – Solução Adoptada para o Viaduto sobre a Rib.^a de Zacarias, (V3), (Solução 2)

As principais diferenças dão-se a nível de:

a) EQUIPAMENTOS:

- a.1) *CARROS DE AVANÇO*;
- a.2) *VIGA DE LANÇAMENTO*;

b) QUANTIDADES DE MATERIAIS:

- b.1) *BETÃO*;
- b.2) *ARMADURA*:
 - b.2.1) Armadura Ordinária;
 - b.2.2) Armadura de Pré-Esforço;
- b.3) *COFRAGENS*;

c) TEMPO:

- c.1) *DURAÇÃO DA SOLUÇÃO 1*;
- c.2) *DURAÇÃO DA SOLUÇÃO 2*;

d) CUSTOS:

- d.1) *CUSTO DE MATERIAL*:
 - d.1.1) Custo de Betão;
 - d.1.2) Custo de Armaduras:
 - d.1.2.1) Custo de Armadura Ordinária;
 - d.1.2.2) Custo de Armadura de Pré-Esforço;
 - d.1.3) Custo de Cofragem;
- d.2) *CUSTO DE ESTALEIRO*;
- d.3) *CUSTO DE EQUIPAMENTO*;

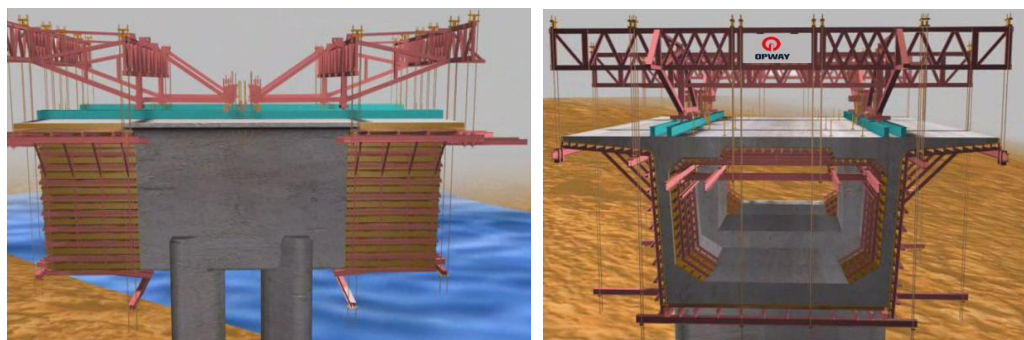
Como é possível observar, as diferenças entre as duas soluções implicam bastantes mais factores do que apenas mudanças estéticas, portanto, de seguida vão ser abordados os tópicos acima referidos, correspondentes às diferenças existentes entre as duas soluções.

a) EQUIPAMENTOS:

a.1) CARROS DE AVANÇO:

Relativamente a esta solução, apenas se dará uma breve explicação do processo de construção utilizando este tipo de cimbra, visto a sua pormenorização não estar abrangido no âmbito deste relatório.

O método de construção através de Aduelas Sucessivas é um processo que consiste na construção “in situ” da “aduela zero” no topo dos pilares e, a partir daí, proceder-se à montagem dos carros de avanço por cima da referida aduela que servirá de estrutura de suporte e cofragem das aduelas seguintes à aduela anteriormente construída. Como a estrutura do tabuleiro da ponte/viaduto, estará a trabalhar em consola até ser realizado o seu fecho, estas aduelas serão estabilizadas através pré-esforço. O seu fecho dar-se-á a meio vão, quando as aduelas provenientes de um pilar se encontrarem com as provenientes dos pilares seguintes. Nas zonas de encontros, o fecho dar-se-á na altura em que estas os alcançarem.



(À Esq.) Figura 4.3 – Carros de Avanço vistos lateralmente.

(À Dta.) Figura 4.4 – Carros de Avanço vistos longitudinalmente.

a.2) VIGA DE LANÇAMENTO:

Relativamente ao processo construtivo por intermédio de Vigas de Lançamento, este já foi estudado em pormenor no Capítulo 3.

b) QUANTIDADES DE MATERIAIS:

b.1) BETÃO:

Relativamente à quantidade de betão, a diferença não foi significativa na mudança da Solução 1 para a solução actual. Esta conclusão foi obtida através de uma análise de dimensões de ambas as soluções.

Por observação da Figura 4.1 é possível verificar que a Solução 1 apresenta menos dois pilares que a Solução 2, no entanto o tabuleiro possui secções de 6,5m de altura nas zonas de “*Aduela 0*” e cerca de 4,0m a meio vão.

A Solução 2, como foi referido atrás, contém mais dois pilares, mas tem um tabuleiro de secção constante com 3,5m de altura, o que fará com que haja uma redução no volume total de betão, mesmo tendo em conta o acréscimo dos dois pilares nesta solução.

Os valores que suportam esta conclusão são os seguintes:

Tipo de Betão	Viga de Lançamento, volume (m³)	Carros de Avanço, volume (m³)
C16/20	77	160
C25/30	473	1889
C30/37	4315	0
C35/45	3690	3412
C40/50	0	3567
<u>TOTAL</u>	<u>8555</u>	<u>9028</u>

Quadro nº 4.1 – Comparação de volumes de betão entre as duas soluções.

Desta forma é visível que a redução de volume de betão da solução inicial para a solução actual foi de 473 m³, o que significa uma redução de 5,24%.

b.2) ARMADURAS:

b.2.1) Armadura Ordinária;

No caso das armaduras ordinárias, a redução foi mais significativa que a diferença existente no betão, no quadro 4.2 estão visíveis os valores que ilustram esta diferença.

Armadura	Viga de Lançamento, peso (Kg)	Carros de Avanço, peso (Kg)
A 500 NR	1.419.300	1.671.886

Quadro nº 4.2 – Comparação de pesos de armadura entre as duas soluções.

Neste caso, a redução de armadura ordinária foi de 15,11%, o que corresponde, em termos de peso, a um aligeiramento de 252.586 Kg.

b.2.2) Armadura de Pré-Esforço;

Quanto a armaduras de Pré-Esforço a Solução 2 é uma solução que requer uma menor quantidade deste material, isto devido à forma de funcionamento da estrutura.

Na Solução 1, uma vez que os vãos apresentam dimensões de 95m, implica a necessidade de uma maior quantidade deste tipo de armadura de forma a garantir o seu bom funcionamento, ainda de mencionar que, em tabuleiros construídos recorrendo ao método executivo de carros de avanço, é necessário a aplicação de pré-esforço em todas as aduelas para que não hajam deformações excessivas nas extremidades das consolas.

Por sua vez, o funcionamento do tabuleiro realizado através de Viga de Lançamento, possui um comportamento totalmente diferente ao explicado no parágrafo anterior. Como cada vão construído, (60m), fica sempre apoiado num pilar, sendo assim, é então necessária uma menor quantidade de armadura de pré-esforço.

Armadura	Viga de Lançamento, peso (Kg)	Carros de Avanço, peso (Kg)
Y1860 S7	262.264	316.432

Quadro nº 4.3 – Comparação de pesos de armadura entre as duas soluções.

Este é o caso da maior redução entre a Solução 1 e a Solução 2, corresponde a uma diminuição, em termos percentuais, de 17,12% e implica uma redução de 54.168 Kg.

b.3) COFRAGENS:

Como se poderá observar no quadro seguinte, também houve uma melhoria, no sentido de diminuição de material, em relação a cofragens, no total, a Solução 1 apresentava mais 1388 m² do que a solução actual, correspondendo assim a uma redução de 5,09%.

Cofragem	Viga de Lançamento, área (m²)	Carros de Avanço, área (m²)
Contraplacado Marítimo	25.880	27.268

Quadro nº 4.4 – Comparação de área de cofragem entre as duas soluções.

c) TEMPO:

Nesta alínea vamos estudar o tempo de execução dos tabuleiros, devido a estes apresentarem uma condicionante para o prazo de final de obra.

c.1) DURAÇÃO DA SOLUÇÃO 1, (Carros de Avanço):

Nesta solução estava prevista a utilização de dois pares de Carros de Avanço, e as aduelas possuíam comprimentos de 5,0 m, sendo assim:

- Tempo de construção das duas primeiras “Aduelas₀”: 6 semanas;
- Tempo para montagens dos Carros: 1 semana;
- Tempo de construção de cada Aduela: 1 semana;
- Comprimento total do vão: 400 m;

Então:

Duas primeiras "Aduelas₀" = 10,0 m

logo:

$$400,0 \text{ m} - 10,0 \text{ m} = 390,0 \text{ m}$$

Como foi referido, estavam previstos dois pares de Carros de Avanço, sendo assim, conseguir-se-ia realizar 20,0 m por semana, portanto:

$$390,0 \text{ m} / 20,0 \text{ (m/semana)} = 19,5 \text{ semanas}$$

Somando o tempo de construção das duas primeiras "Aduelas₀" e as montagens dos Carros:

$$19,5 \text{ semanas} + 6 \text{ semanas} + 1 \text{ semana} \approx \mathbf{26,5 \text{ semanas.}}$$

Para esta solução, podemos considerar então como valor de referência, cerca de 6,5 meses para a construção do tabuleiro.

c.2) DURAÇÃO DA SOLUÇÃO 2, (Viga de Lançamento):

No caso da Viga de Lançamento os valores são os seguintes:

- Tempo para montagens da Viga, considerando já realizadas todas as modificações necessárias: 8 semanas;
- Tempo para execução do primeiro vão mais 1/5 do segundo: 4 semanas;
- Tempo de cada Ciclo de betonagem, avanço e preparação para nova betonagem: 1,5 semanas;
- Comprimento total do vão: 400 m;
- Comprimento do primeiro vão: 45,0 m
- Comprimento de cada Ciclo de betonagem: 60 m;

Então:

$$400,0 \text{ m} - 45,0 \text{ m} - 60,0 \text{ m} \times 1/5 = 343,0 \text{ m}$$

Portanto, o tempo de construção dos restantes vãos será:

$$343,0 \text{ m} / 60,0 \text{ (m/semana)} = 5,72 \text{ semanas} \approx 6 \text{ semanas}$$

Somando o tempo de montagem das Vigas e o tempo necessário para a betonagem do primeiro troço, obter-se-á:

$$8 \text{ semanas} + 4 \text{ semanas} + 6 \text{ semanas} = \mathbf{18 \text{ semanas}}$$

Portanto, neste caso de estudo, é possível concluir que através da solução alternativa consegue-se reduzir o prazo de execução da obra em cerca de 8,5 semanas, o que corresponde a cerca de 2 meses. Esta diminuição de tempo traduzir-se-á fundamentalmente numa significativa redução de encargos de estaleiro.

d) CUSTOS:

d.1) CUSTO DE MATERIAL:

d.1.1) Custo de Betão:

Como foi referido na alínea b.1), da solução inicial para a solução actual, houve uma redução no volume total de betão e será espectável uma consequente redução de custo, os custos totais estão visíveis no Quadro seguinte:

Tipo de Betão	Viga de Lançamento, custo (€)	Carros de Avanço, custo (€)
C16/20	5.170,55 €	10.744,00 €
C25/30	34.429,67 €	137.500,31 €
C30/37	332.859,10 €	0
C35/45	300.698,10 €	278.043,88 €
C40/50	0,00 €	349.02,29 €
<u>TOTAL</u>	673.157,42 €	775.390,48 €

Quadro nº 4.5 – Comparação de custo de betão entre as duas soluções.

Como se pode observar, houve uma redução de custo total de Betão em 102.233,06 €, que, devido ao facto de ter sido retirado o C40/50, (mais caro em

termos de preço unitário) e entrado com C30/37, (mais barato em termos de preço unitário), a diminuição de preço global foi na ordem dos 13,18%.

d.1.2) Custo de Armaduras:

d.1.2.1) Custo de Armadura Ordinária;

O custo total deste tipo de armadura também diminuiu em 207.120,52 €. Os valores obtidos foram os presentes no quadro 3.6.

Armadura	Viga de Lançamento, custo (€)	Carros de Avanço, custo (€)
A 500 NR	1.163.826,00 €	1.370.946,52 €

Quadro nº 4.6 – Comparação de custo de armadura entre as duas soluções.

d.1.2.2) Custo de Armadura de Pré-Esforço;

Este material também sofreu alterações, estando estas apresentadas de seguida:

Armadura	Viga de Lançamento, custo (€)	Carros de Avanço, custo (€)
Y1860 S7	1.235.263,44 €	1.490.394,72 €

Quadro nº 4.7 – Comparação de custo de armadura entre as duas soluções.

A redução de quantidade de Pré-Esforço da Solução 1 para a 2, implicou uma redução de 255.131,28 €.

d.1.3) Custo de Cofragem:

Na cofragem, a redução de preço, associado à redução de área entre soluções, foi de 32.961,94 €. Os custos estão demonstrados no quadro abaixo.

Cofragem	Viga de Lançamento, custo (€)	Carros de Avanço, custo (€)
Contraplacado Marítimo	615.204,88 €	648.166,82 €

Quadro nº 4.8 – Comparação de custo de cofragem entre as duas soluções.

d.2) CUSTO DE ESTALEIRO:

O custo total desta empreitada é cerca de 6.700.000 €, e utilizando rácios, pode-se dizer que os encargos de estaleiro apresentam valores à volta dos 11% do custo global da obra, sendo assim o custo de estaleiro é, em números redondos, 737.000 €.

O prazo estimado para duração da construção deste viaduto é de 8 meses, o que implicará um custo mensal de estaleiro de 92.125 €.

Não sabendo qual a duração total da Solução 1, não se pode fazer uma comparação total dos valores de custo de estaleiro, no entanto é possível realizar uma comparação a nível de duração de execução do tabuleiro.

Como foi visto atrás, nas alíneas c.1) e c.2), a solução, recorrendo ao método construtivo com Viga de Lançamento, é mais rápida cerca de 2 meses, o que em termos monetários equivale a uma redução de 184.250,00 € em encargos de estaleiro.

d.3) CUSTO DE EQUIPAMENTO:

Sobre este tema, é de frisar que a empresa que irá realizar a obra possui a Viga de Lançamento, sendo assim, foi estimado um custo total da Viga nesta obra de 1.109.191,38 €, já incluindo montagem, desmontagem, amortização do equipamento, execução do tabuleiro, materiais diversos consumíveis, (ex: dywidags, parafusos, chapas, guarda corpos, etc.), e mão-de-obra. Sobre os conjuntos de Carros de Avanço não existe nenhum valor de custos, devido a essa solução não ter chegado a fase de Projecto de Execução, no entanto, como a empresa teria que efectuar a sua aquisição ou o seu aluguer, iria provocar um aumento significativo do custo da obra. Aliás pode-se mesmo referir, que é o facto da Opway – Engenharia ser proprietária de Vigas de Lançamento e não possuir qualquer conjunto de Carros de Avanço, que desencadeia todo o processo de alteração de projecto, adaptando a geometria do tabuleiro, de forma a rentabilizar os equipamentos disponíveis, evitando a

aquisição ou aluguer dos equipamentos que seriam necessários ao viaduto preconizado no projecto inicial.

d.4) QUADRO RESUMO:

Redução de Custos	€
Betão	102.233,06 €
A500 NR	207.120,52 €
Y1860 S7	255.131,28 €
Cofragem	32.961,94 €
Estaleiro	184.250,00 €
<u>TOTAL</u>	<u>-781.696,80 €</u>

Quadro nº 4.9 – Quadro Resumo das reduções de custos nos diferentes materiais estudados.

Como se pode verificar, houve uma diminuição de custo de obra substancial, o valor total apresentado, significa uma redução de 11,67% do custo total da obra.

5. PROJECTO DE UM TABULEIRO CONSTRUÍDO COM VIGA DE LANÇAMENTO

5.1. INTRODUÇÃO

O estudo seguinte refere-se ao Projecto de Execução do Viaduto sobre a Ribeira de Zacarias (V3), integrado no lanço do IC5 entre Nozelos (IP2) e Mogadouro que se desenvolve sensivelmente entre o km 15+090,00 e o km 15+490,00.

O viaduto é constituído por um tabuleiro que perfaz uma largura total de 12,60m e comporta uma faixa de rodagem bidireccional. O vão total é de 400,0m, correspondendo a solução do tabuleiro a uma viga caixão com altura constante de 3.50m e vãos correntes de 60,0m. Com a finalidade de aprofundar o campo estrutural, procedeu-se ao estudo dos cálculos justificativos do tabuleiro deste viaduto. Neste sentido, são explicados os processos de cálculo adoptados para a determinação dos esforços actuantes.

As acções consideradas e os critérios para a sua quantificação e combinação, assim como os critérios de verificação da segurança, são os constantes na regulamentação nacional, nomeadamente no Regulamento de Segurança e Acções em Estruturas de Edifícios e Pontes (RSA), e no Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré- Esforçado (REBAP). Foi recorrido ainda por parte do gabinete de projectos, a legislação estrangeira aplicável.

Para o cálculo dos esforços, tensões e deformações foram utilizados modelos de estudo do comportamento transversal e longitudinal do viaduto.

Para a análise destes modelos foi utilizado pelo gabinete de projecto o programa de cálculo automático – SAP2000, tendo-se utilizado discretizações de acordo com as situações em estudo.

5.2. QUANTIFICAÇÃO E COMBINAÇÃO DE ACÇÕES

5.2.1. QUANTIFICAÇÃO DE ACÇÕES

5.2.1.1. PESOS PRÓPRIOS

a) *Peso Próprio Estrutural*

Peso volúmico do betão = 25,0 kN/m³

b) *Peso Próprio Não Estrutural*

Viga de bordadura (esq.)	3,68 kN/m
Guarda-corpos (esq.)	0,50 kN/m
Enchimento do passeio (esq.)	2,49 kN/m
Lancil (esq.)	4,26 kN/m
Guarda de segurança (esq.).....	0,65 kN/m
Betuminoso (esp.=0,10 m)	22,00 kN/m
Guarda de segurança (dir.)	0,65 kN/m
Lancil (dir.)	4,26 kN/m
Enchimento do passeio (dir.)	2,49 kN/m
Guarda-corpos (dir.)	0,50 kN/m
Viga de bordadura (dir.)	3,68 kN/m
Total	45,16 kN/m

5.2.1.2. ESFORÇOS HIPERSTÁTICOS DEVIDOS À APLICAÇÃO DE PRÉ-ESFORÇO

A determinação dos esforços hiperstáticos foi realizada com base nos esforços totais correspondentes à acção do pré-esforço, aos quais são subtraídos os momentos isostáticos.

$$M_{hip} = M_{tot} - M_{iso}$$

Para as análises correspondentes ao início da fase de serviço, os momentos hiperstáticos considerados (M_{hip}, t_0) são os correspondentes aos efeitos introduzidos na estrutura pelos conjuntos de cabos tensionados em cada uma das fases construtivas.

Para a determinação dos esforços hiperstáticos a tempo infinito (M_{hip,t_∞}), foi considerada a evolução do sistema estrutural que se verifica de t_0 para t_∞ , assim como as perdas de tensão diferidas nas armaduras de pré-esforço.

5.2.1.3. RETRACÇÃO E FLUÊNCIA NO BETÃO

Os efeitos na estrutura devidos à retracção e fluência, para fins de cálculo de esforços globais, foram considerados através da aplicação do Anexo I do REBAP. Adoptaram-se os seguintes pressupostos:

- Betão de consistência média.
- Humidade relativa do ambiente de 70%.
- Temperatura ambiente de 20° C.
- Cimentos de endurecimento corrente.

Estas acções foram simuladas através de variações uniformes de temperatura.

5.2.1.4. SOBRECARGAS RODOVIÁRIAS

Foram consideradas em todo o tabuleiro a actuação separada dos dois tipos de sobrecargas, definidas nas alíneas **a)** a **e)** que se seguem, colocadas nas posições mais desfavoráveis.

a) Veículo Tipo

Veículo de Classe I, com a carga total de 600 kN e distribuição por eixos conforme definido no RSA (art.º 41.1).

b) Sobrecargas

Actuação simultânea das cargas uniforme e linear, correspondentes a pontes de Classe I:

- b1)** Carga uniformemente distribuída (SCD) 4,0 kN/m²
- b2)** Carga transversal linear (SCL) 50,0 kN/m

c) Frenagem, (art.º 43º, RSA).

Associada à sobrecarga definida em b1), consideram-se forças longitudinais horizontais com o valor de 30 kN/m, lineares e uniformes na largura carregada.

d) Força centrífuga, (art.º 42º, RSA).

Associada às sobrecargas definidas em b1) e b2) foram consideradas forças horizontais actuando na direcção normal ao eixo da passagem, aplicadas ao

nível do pavimento e em correspondência com as sobrecargas uniformemente distribuídas multiplicadas por um coeficiente de redução " β ", definido por:

$$\beta = \frac{5000}{v^2 + 5000}$$

Em conformidade com o RSA (art.º. 42), estas forças centrífugas foram obtidas multiplicando os valores das sobrecargas a elas associadas (afectadas por β) pelo coeficiente α definido pela expressão:

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

Em que:

v : velocidade máxima de projecto para a curva em causa, expressa em quilómetros por hora (Km/h)

r : raio de curvatura, expresso em metros (m)

Para a quantificação destes coeficientes, consideraram-se os valores que se seguem para a velocidade de circulação e o raio de curvatura da directriz:

$$v = 100 \text{ km/h}$$

$$r = 800 \text{ m}$$

Exemplo de cálculo:

$$\beta = \frac{5000}{v^2 + 5000} = 0,098425$$

$$\alpha = \frac{v^2}{127 \times r} = 0,333333$$

Então:

Sobrecarga uniformemente distribuída $\Rightarrow 4,0 \times 0,333333 = 1,33 \text{ kN}$

Sobrecarga Linear $\Rightarrow 50,0 \times 0,333333 = 16,66 \text{ kN}$

Tendo em conta a largura da faixa de rodagem, associou-se às sobrecargas b1) e b2) cargas lineares uniformemente distribuídas de 1,33 kN/m e 16,66 kN, respectivamente.

e) Acções em passeios, guardas e guarda-rodas, , (art.º 44º, RSA).

Passeios:

- Sobrecarga uniformemente distribuída 3,0 kN/m²
- Sobrecarga concentrada 20,0 kN

Guarda Corpos:

- Força Horizontal Uniforme 1,5 kN/m

5.2.1.5. ACÇÃO DO VENTO

Esta acção foi quantificada de acordo com o RSA (Capítulo V, artigos 20º e 21º), considerando a obra inserida na zona A e rugosidades do solo do tipo I e do tipo II, respectivamente na direcção transversal e longitudinal do viaduto.

5.2.1.6. ACÇÃO DA NEVE

Considerou-se a acção da neve de acordo com o RSA (artigos 26º e 27º), como uma carga distribuída de valor característico, por metro quadrado e em plano horizontal, dado por:

$$s_k = \mu \times s_{0k}$$

onde $\mu = 0,8$ e

$$s_{0k} = \frac{1}{400} \times (h - 50)$$

com $h = 300$ m.

Exemplo de cálculo:

$$s_{0k} = \frac{1}{400} \times (300 - 50) = 0,625 \text{ kN/m}^2$$

$$s_k = \mu \times s_{0k} = 0,8 \times 0,625 = 0,5 \text{ kN/m}^2$$

sendo:

- S_k : Valor característico da Acção da Neve, por metro quadrado, em plano horizontal.

- S_{0k} : Valor característico da Acção da Neve, por metro quadrado, da carga da neve ao nível do solo.
- μ : Coeficiente que depende da forma da superfície sobre a qual se deposita a neve.

5.2.1.7. ACÇÃO DAS VARIAÇÕES DE TEMPERATURA

a) Temperatura Uniforme

Esta acção foi quantificada de acordo com a EN1991-1-5. Para o efeito, foi considerada uma temperatura de construção de $T_0=15^\circ\text{C}$ e temperaturas extremas de $T_{\max} = 42,0^\circ\text{C}$ e $T_{\min}=-6,5^\circ\text{C}$. Por leitura do gráfico da figura 6.1 da EN1991-1-5, para a curva tipo 3, foram consideradas as seguintes variações de temperatura:

$$\Delta T_{\min} = -15^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{\max} = +25^\circ\text{C}$$

b) Temperatura Diferencial

De acordo com as prescrições do EC1-Part 1-5, foram aplicados no tabuleiro os pares de variação uniforme e diferencial de temperatura correspondentes ao aquecimento e ao arrefecimento da face superior.

O aquecimento foi considerado através do seguinte diagrama de temperaturas:

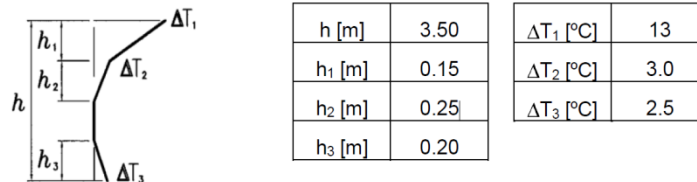


Figura 5.1 – Diagrama de temperaturas para o aquecimento.

O arrefecimento foi considerado através do seguinte diagrama de temperaturas:

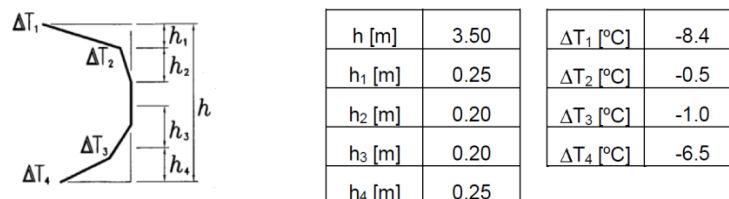


Figura 5.2 – Diagrama de temperaturas para o arrefecimento.

5.2.1.8. OUTRAS ACÇÕES

a) Levantamento do Tabuleiro

Esta acção corresponde ao levantamento do tabuleiro para a realização de substituição de aparelhos de apoio, tendo sido considerado um levantamento de 25 mm para a realização desta operação.

5.2.2. COMBINAÇÕES DE ACÇÕES

5.2.2.1. ASPECTOS GERAIS

Neste ponto são apresentados os quadros resumo das combinações de acções efectuadas com vista à determinação de esforços nas secções da estrutura para posterior verificação da segurança em relação aos estados limites a considerar.

Nestes quadros são indicados os valores dos coeficientes de segurança relativos às acções permanentes e variáveis (no caso dos estados limite últimos) e os coeficientes correspondentes às acções variáveis consideradas em cada combinação, ou os respectivos produtos.

Nas combinações efectuadas, as parcelas correspondentes às acções variáveis são ou não adicionáveis, conforme contribuam ou não para aumentar os esforços de cálculo.

Uma vez determinados os esforços combinados nas secções da estrutura em análise, são calculados os parâmetros ou valores de grandezas que servem de comparação com os valores que definem os estados limite (esforços, tensões, extensões, deformações, largura de fendas), cujas verificações se apresentam ao longo desta memória.

5.2.2.2. COEFICIENTES DE SEGURANÇA

No cálculo dos valores de combinação das diversas acções, foram considerados os seguintes coeficientes de segurança e coeficientes ψ para obtenção dos valores reduzidos:

a) Acções Permanentes

- Pesos Próprios (Estruturais e Não Estruturais) $\gamma_g = 1,35$ ou $1,0$

- Pré-Esforço Hiperstático $\gamma_g = 1,20$ ou $0,9$
- Retracção e Fluência $\gamma_{s,c} = 1,0$ ou $0,0$ (t_0)

b) Sobrecargas

- Sobrecargas Rodoviárias: (Veículo Tipo, Sobrecarga Distribuída, Sobrecarga Linear)

$$\gamma_q = 1,5 \quad \psi_0 = 0,6 \quad \psi_1 = 0,4 \quad \psi_2 = 0,2 \text{ ou } \psi_2 = 0,0$$

- Vento

$$\gamma_q = 1,5 \quad \psi_0 = 0,4 \quad \psi_1 = 0,2 \quad \psi_2 = 0,0$$

- Neve

$$\gamma_q = 1,5 \quad \psi_0 = 0,6 \quad \psi_1 = 0,3 \quad \psi_2 = 0,0$$

- Variações de Temperatura (Uniforme e Diferencial)

$$\gamma_t = 1,5 \quad \psi_0 = 0,6 \quad \psi_1 = 0,5 \quad \psi_2 = 0,3$$

5.2.2.3. VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA EM RELAÇÃO AOS E.L.U.

É verificada a segurança em relação aos Estados Limites Últimos de resistência na generalidade das secções da estrutura, determinando-se os esforços de dimensionamento resultantes das combinações apresentadas nos quadros seguintes e comparando-os com os esforços resistentes nas secções correspondentes.

Nas tabelas que se seguem encontram-se os coeficientes de segurança utilizados nas combinações fundamentais de acções.

a) Sobrecarga Rodoviária como Acção Variável Base

Comb.	PPE + PPNE	HP	VT	SCD + SCL	FRE	W	SW	EK
1	1,35	1,20	1,5	-	-	0,60	0,90	-
2	1,35	0,90	1,5	-	-	0,60	0,90	-
3	1,00	1,20	1,5	-	-	0,60	0,90	-
4	1,00	0,90	1,5	-	-	0,60	0,90	-
5	1,35	1,20	-	1,5	1,5	0,60	0,90	-
6	1,35	0,90	-	1,5	1,5	0,60	0,90	-
7	1,00	1,20	-	1,5	1,5	0,60	0,90	-
8	1,00	0,90	-	1,5	1,5	0,60	0,90	-

Quadro 5.1 – Coeficientes de segurança para SC Rodoviária como acção variável base.

b) Vento como Acção Variável Base

Comb.	PPE + PPNE	HP	VT	SCD + SCL	FRE	W	SW	EK
1	1,35	1,0	0,90	-	-	1,50	0,90	-
2	1,35	0,0	0,90	-	-	1,50	0,90	-
3	1,35	1,0	-	0,90	0,90	1,50	0,90	-
4	1,35	0,0	-	0,90	0,90	1,50	0,90	-

Quadro 5.2 – Coeficientes de segurança para o Vento como acção variável base.

c) Neve como Acção Variável Base

Comb.	PPE + PPNE	HP	VT	SCD + SCL	FRE	W	SW	EK
1	1,35	1,0	0,90	-	-	0,60	1,50	-
2	1,35	0,0	0,90	-	-	0,60	1,50	-
3	1,35	1,0	-	1,5	0,90	0,60	1,50	-
4	1,35	0,0	-	1,5	0,90	0,60	1,50	-

Quadro 5.3 – Coeficientes de segurança para a Neve como acção variável base.

5.2.2.4. VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA EM RELAÇÃO AOS E.L. DE UTILIZAÇÃO

a) Verificação aos Estados Limite de Fendilhação e de Descompressão

a.1) Combinações Quase Permanentes

Comb	PPE	PPNE	HIP	RT + FL	VT	SCD+SCL	FRE	TU	TD
1	1,0	-	1,0	1,0	-	-	-	-	-
2	1,0	1,0	1,0	1,0	0,2	-	-	-	-
3	1,0	1,0	1,0	1,0	-	0,2	0,2	-	-
4	1,0	1,0	1,0	1,0	0,2	-	-	0,3	0,3
5	1,0	1,0	1,0	1,0	-	0,2	0,2	0,3	0,3

Quadro 5.4 – Coeficientes de segurança para Combinações Quase Permanentes.

a.2) Combinações Frequentes de Acções

Comb.	PP	PPNE	HP	RT+FL	VT	SCD+SCL	FRE	TU	TD
1	1,0	1,0	1,0	1,0	0,4	-	-	-	-
2	1,0	1,0	1,0	1,0	-	0,4	0,4	-	-
3	1,0	1,0	1,0	1,0	0,4	-	-	0,3	0,3
4	1,0	1,0	1,0	1,0	-	0,4	0,4	0,3	0,3
5	1,0	1,0	1,0	1,0	-	0,2	0,2	0,5	0,5

Quadro 5.5 – Coeficientes de segurança para Combinações Frequentes.

a.3) Combinações Raras

Comb	PP	PPNE	HP	RT+FL	VT	SCD+SCL	FRE	TU	TD
1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	-	-	-	-
2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	-	-	0,5	0,5
3	1,0	1,0	1,0	1,0	-	1,0	1,0	-	-
4	1,0	1,0	1,0	1,0	-	1,0	1,0	0,5	0,5
5	1,0	1,0	1,0	1,0	-	-	-	1,0	1,0
6	1,0	1,0	1,0	1,0	0,4	-	-	1,0	1,0
7	1,0	1,0	1,0	1,0	-	0,4	0,4	1,0	1,0

Quadro 5.6 – Coeficientes de segurança para Combinações Raras.

b) Verificação ao Estado Limite de Deformação

Considera-se satisfeita a segurança relativamente aos estados limites de deformação se, para as combinações frequentes de acções, não for excedida a flecha de valor igual a $L / 1000$, sendo L o vão do elemento em consideração.

No cálculo das curvaturas, considerou-se que a fase fendilhada tem início quando é excedido o valor médio da tensão de rotura de tracção do betão.

5.2.3. MODELOS DE CÁLCULO UTILIZADOS

Para o cálculo de esforços e de deslocamentos na estrutura, foram utilizados modelos de cálculo tridimensionais referentes à estrutura global.

A análise longitudinal do viaduto foi efectuada através de um modelo de pórtico espacial composto por elementos barra, constituindo um simulacro do tabuleiro, pilares e respectivas fundações.

A análise transversal dos viadutos foi efectuada através de um modelo de elementos finitos composto por elementos de *shell* e de barra, constituindo um simulacro do tabuleiro.

Em geral, os esforços foram determinados admitindo o comportamento elástico dos materiais e na hipótese de pequenos deslocamentos da estrutura.

5.2.4. FASEAMENTO CONSTRUTIVO

Prevê-se que a execução do viaduto seja realizada de acordo com as fases construtivas abaixo descritas. Para efeito de cálculo são relevantes os seguintes passos de execução do tabuleiro, que decorrem uma vez que esteja concluída a construção das fundações, pilares e os encontros:

FASE 1 – Montagem da viga de lançamento no vão E2-P6 e parcialmente (a 1/5 de vão) no troço P6-P5, execução deste troço e fixação do tabuleiro ao encontro E2 e avanço da viga de lançamento para o tramo P6-P5.

FASE 2 – Avanço e Montagem da viga de lançamento no vão P6-P5 e parcialmente (a 1/5 de vão) no troço P5-P4, execução deste troço, avanço e posterior montagem da viga de lançamento para o tramo P5-P4.

FASES 3 A 7 – Repetição da sequência de operações referidas na Fase 2 para a execução dos troços P5-P4 a P1-E1.

FASE 8 - Colocação de restantes cargas não estruturais (revestimentos e acabamentos).

5.3. ANÁLISE LONGITUDINAL DO TABULEIRO

5.3.1. DESCRIÇÃO DO MODELO DE CÁLCULO UTILIZADO

Para o estudo e dimensionamento longitudinal do viaduto, foi elaborado um modelo em pórtico espacial apresentado na Figura 5.3, composto por elementos barra que simulam o tabuleiro, os pilares e respectivas fundações. Apresenta-se abaixo, a listagem das características mecânicas das barras constituintes dos modelos de cálculo usados na análise do tabuleiro.

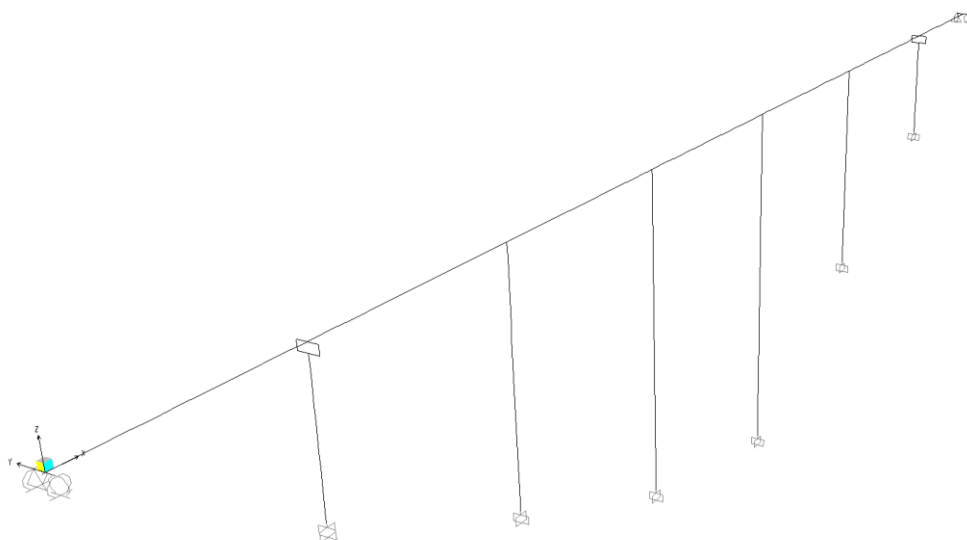


Figura 5.3 – Modelo para análise longitudinal do tabuleiro.

Características mecânicas do tabuleiro:

Secção	A (m ²)	J (m ⁴)	I ₃₃ (m ⁴)	I ₂₂ (m ⁴)
Vão	8.39	26.17	14.57	76.91
Apoio	9.28	29.50	17.26	77.92

Quadro 5.7 – Características mecânicas do tabuleiro.

5.3.2. ACÇÕES APLICADAS NOS MODELOS

5.3.2.1. PESO PRÓPRIO ESTRUTURAL

O peso próprio estrutural foi contabilizado directamente nas características dos materiais utilizados no modelo, considerando os pesos volúmicos definidos em 5.2.1.

5.3.2.2. PESO PRÓPRIO NÃO ESTRUTURAL

Relativamente ao Peso Próprio Não Estrutural, estes parâmetros estão indicados em 5.2.1.1, tendo os mesmos sido considerados com uma distribuição de carga uniforme de 45,16 kN/m.

5.3.2.3. RETRACÇÃO E FLUÊNCIA

As acções da Retracção e da Fluência foram consideradas apenas nas análises a longo prazo (t^∞), tendo o seu efeito sido assimilado a uma variação uniforme de temperatura.

As extensões devidas à Retracção foram calculadas directamente tendo em consideração os pressupostos referidos no ponto 5.2.1.3 e por aplicação das expressões do Anexo I do REBAPE. Foi deste modo obtida uma extensão de $\epsilon_{cs} = -0.00024$, a que corresponde a variação uniforme de temperatura de $T = -24.0^\circ\text{C}$.

A definição da acção correspondente à Fluência do betão realizou-se com base no coeficiente de fluência do tabuleiro, para o qual se obteve $\epsilon_{cc} = 2.84$.

Por aplicação da metodologia presente no Anexo I do REBAP, foi calculada a extensão de $\epsilon_{cc} = -0.000267$, tendo a mesma sido considerada no modelo do tabuleiro através da variação uniforme de temperatura $T = -26.7^\circ\text{C}$.

5.3.2.4. ACÇÃO DA VARIAÇÃO DA TEMPERATURA

A acção da variação uniforme de temperatura foi simulada com os valores indicados em 5.2.1.7.

Os efeitos da temperatura diferencial foram obtidos através dos diagramas de variação de temperaturas apresentados no ponto 5.2.1.7, sendo assimilados às forças e momentos que se seguem nas fórmulas abaixo representadas:

$$N = \alpha E \int_0^h b_z t_z dz \quad \Rightarrow \quad \Delta T [^{\circ}\text{C}] = \frac{N}{\alpha EA}$$

$$M = \alpha E \int_0^h b_z t_z [Z - \bar{Z}] dz \quad \Rightarrow \quad \nabla T = \frac{\Delta T [^{\circ}\text{C}/\text{m}]}{h} = \frac{M}{\alpha EI}$$

em que:

\bar{Z} - distância ao centro de gravidade

b_z - Largura da secção à altura z .

t_z - temperatura à altura z .

dz - altura elementar da secção.

Os pares de variação uniforme e diferencial de temperatura aplicados foram:

Aquecimento..... T = 2.431°C; T = 1.37°C/m

Arrefecimento..... T = -2.364°C; T = -0.42°C/m

5.3.2.5. SOBRECARGAS RODOVIÁRIAS

Para o cálculo dos esforços devidos às sobrecargas rodoviárias descritos em 5.2.1.4, foram definidos caminhos de carga ("*lanes*"), com as cargas e excentricidades correspondentes a cada uma das acções, de modo a obterem-se os esforços máximos de flexão, esforço transversal e torção.

a) Veículo Tipo

O carregamento do Veículo Tipo aplicado no caminho de carga corresponde ao representado no esquema que se segue, com as excentricidades relativamente ao centro de gravidade do tabuleiro, indicadas em seguida.

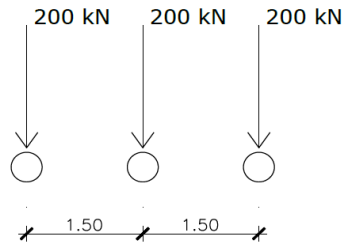


Figura 5.4 – Modelo representativo do veículo tipo.

Excentricidade à esquerda 3.71m
 Excentricidade à direita 3.71m

b) Sobrecargas Distribuídas

O carregamento aplicado no caminho de carga encontra-se representado no esquema seguinte, bem como as excentricidades relativas ao centro de gravidade do tabuleiro.

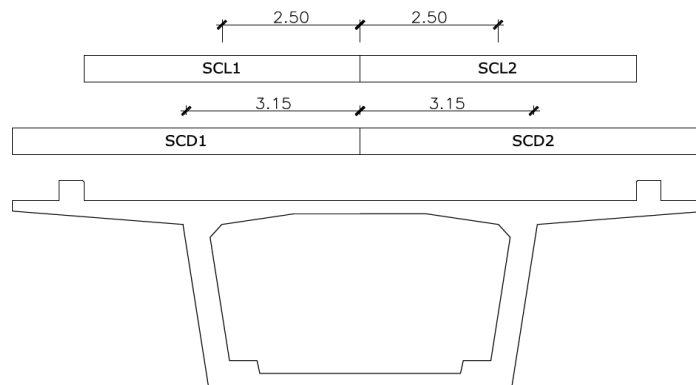


Figura 5.5 – Modelo representativo da distribuição das Sobrecargas Linear e Distribuída.

A sobrecarga uniformemente distribuída (SCD) foi considerada com a seguinte distribuição:

Carregamento esquerdo (SCD1) 25.2 kN/m
 Carregamento direito (SCD2) 25.2 kN/m

As excentricidades utilizadas foram as seguintes:

Carregamento esquerdo (SCD1) 3.15m
 Carregamento direito (SCD2) 3.15m

A sobrecarga transversal linear (SCL) foi considerada com a distribuição que se segue:

Carregamento esquerdo 250 kN/m

Carregamento direito 250 kN/m

As excentricidades utilizadas foram as seguintes:

Carregamento esquerdo (SCL1) 2.50m

Carregamento direito (SCL2) 2.50m

A força de Frenagem foi considerada actuando ao nível do pavimento com o seguinte valor:

Força de Frenagem 300 kN

5.3.3. DIMENSIONAMENTO DO PRÉ-ESFORÇO ESTRUTURAL

5.3.3.1. CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO DO PRÉ-ESFORÇO

O dimensionamento do pré-esforço foi realizado determinando o valor mínimo necessário a adoptar para garantir a verificação dos estados limites de descompressão nas secções em estudo.

Foram determinados nestas secções os momentos flectores seguintes:

- Mg - Momento durante a aplicação do pré-esforço
- Mqp - Momento para combinações quase permanentes

O pré-esforço foi dimensionado para que o estado limite de descompressão seja verificado, ou seja, $\sigma_c < 0$, para combinações de acções quase permanentes, quer durante a aplicação do pré-esforço, quer em qualquer idade entre o final da construção e tempo infinito, com a estrutura em serviço.

Deste modo, poderão verificar-se as seguintes condições:

$t = 0$ - durante a construção

$$\frac{Mg}{W} + \frac{P_i}{W} es + \frac{P_i}{A} < 0$$

$t = \infty$ - na fase de serviço

$$\frac{Mqp}{W} + \frac{P_{\infty}}{W} es + \frac{P_{\infty}}{A} < 0$$

Onde:

- **Mg**: Momento devido às Cargas Permanentes.

- **M_{qp}**: Momento quase Permanente.
- **W**: Módulo de Flexão (=I/v)
- **P_i**: Pré-Esforço com perdas instantâneas
- **P_∞**: Pré-Esforço com perdas instantâneas e perdas diferidas
- **es**: Excêntrica
- **A**: Área

a) Pré-Esforço Mínimo e Máximo

$$P_{min} = \frac{M_{qp}}{es, max + \frac{W}{A}}$$

$$P_{max} = \frac{Mg}{es, max + \frac{W}{A}}$$

b) Excêntricas limites, para valores do pré-esforço ocorridos.

$$es1) \frac{Mg}{P_i} + \frac{W}{A}$$

$$es2) \frac{M_{qp}}{P_{\infty}} + \frac{W}{A}$$

5.3.3.2. ESTUDO DAS FASES CONSTRUTIVAS

Para se proceder ao estudo das várias fases de construção, elaboraram-se vários modelos de cálculo correspondentes a parcelas do modelo geral, onde em cada um deles se estudou um dos estados de construção, com aplicação do respectivo pré-esforço e peso próprio estrutural.

Nas Figuras 5.6 e 5.7 exemplificam-se as várias fases construtivas e o esquema do traçado dos cabos.

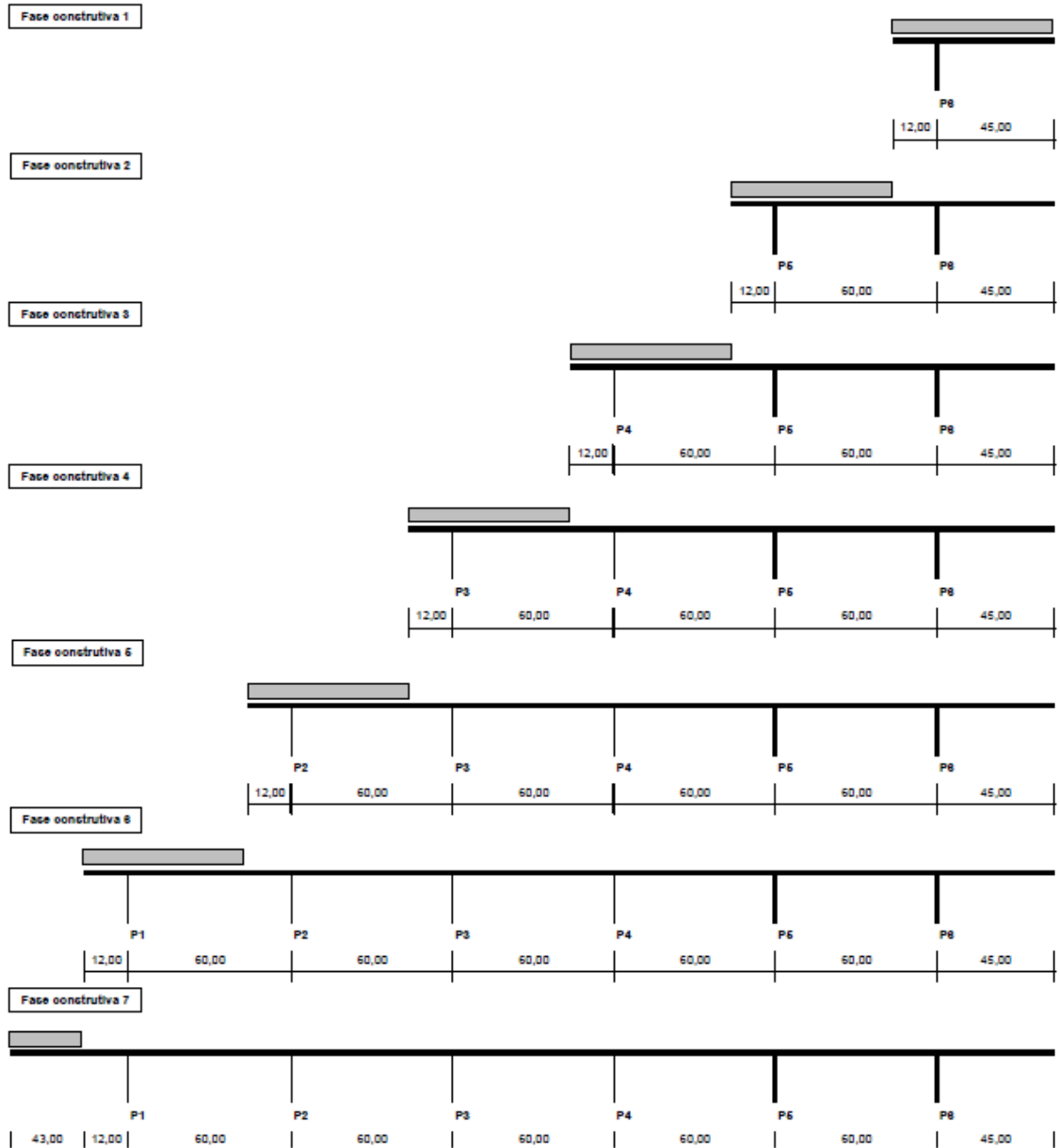


Figura 5.6 – Estudo das Fases Construtivas.

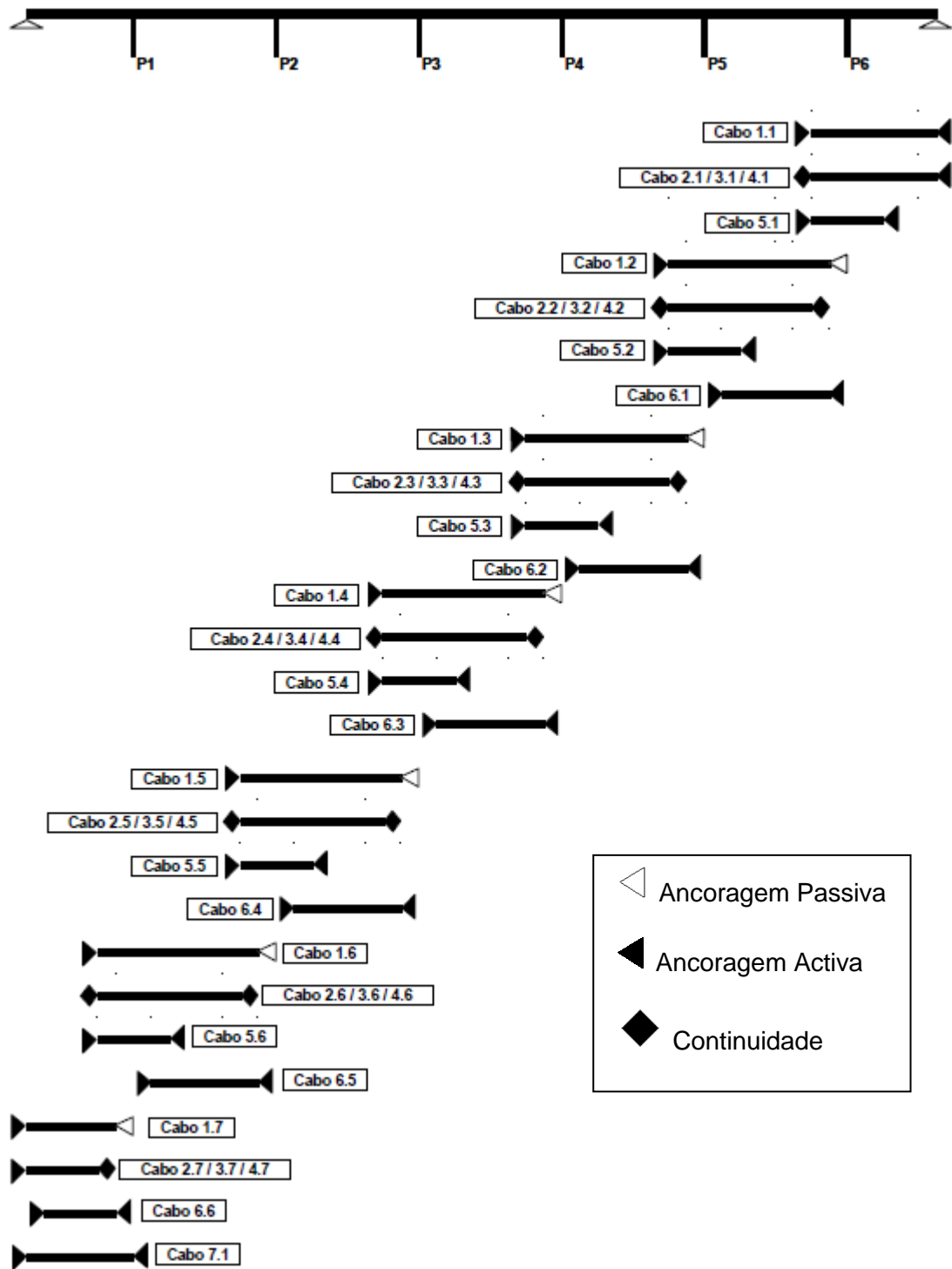


Figura 5.7 – Esquema dos Cabos de Pré-Esforço.

Para a verificação do pré-esforço consideraram-se as fases construtivas que, tendo em conta o faseamento construtivo, se revelaram condicionantes.

Foram consideradas as seguintes fases de cálculo:

Fase Construtiva i

- **Acções:** Peso Próprio do Tabuleiro, Pré-esforço do tramo i

Fase a Tempo Zero

- **Acções:** Peso Próprio do Tabuleiro + Peso Próprio não Estrutural, Pré-esforço, Acções Variáveis.

Fase a Tempo Infinito

- **Acções:** Peso Próprio do Tabuleiro + Peso Próprio não Estrutura, Pré-esforço, Retracção, Fluência, Acções Variáveis.

5.3.3.3. ESTUDO DA ESTRUTURA EM SERVIÇO

No estudo da estrutura em serviço e tendo por base a análise realizada para as fases construtivas, no que diz respeito ao pré-esforço, efectuaram-se os seguintes cálculos e verificações:

1º: Cálculo dos Valores do Pré-Esforço após Perdas Imediatas

- Área dos cordões = $1,50\text{cm}^2$
- $f_{puk} = 1860\text{ MPa}$
- $f_{p0,1k} = 1670\text{ MPa}$
- $P'_{0, \text{cordão}} = 0,75 \times 186 \times 1,5 = 209,2\text{ kN}$

Neste ponto foram calculadas as perdas imediatas, nos cordões de pré-esforço, devidas aos seguintes efeitos:

- Perdas devidas a atritos ao longo das armaduras
- Perdas devidas a reentrada de cunhas nos dispositivos de amarração
- Perdas devidas à deformação instantânea do betão

Usando as expressões apresentadas no REBAPE, para o que foram considerados os seguintes parâmetros de cálculo:

- $\mu = 0,20$ (coeficiente de atrito)
- $k = 0,010\text{ rad/m}$ (desvio parasita)
- $reent = 0,005\text{ m}$ (reentrada de cunhas)
- $E_{c,7} = 0,65 E_{c,28}$ (módulo de elasticidade do betão aos 7 dias, idade, prevista para a aplicação do pré-esforço).

2º: Cálculo de Perdas Diferidas

Neste ponto foram calculadas as perdas diferidas de tensão nos cordões de pré-esforço, considerando os seguintes efeitos:

- Retracção do betão
- Fluência do betão
- Relaxação dos cordões

tendo sido considerado para este efeito que o aço é de baixa relaxação (2,5% às 1000 h à tensão $0,7 f_{puk}$ e a 20° C) e em que a determinação da fluência e da retracção foi feita de acordo com o Anexo I do REBAPE.

3º: Verificação de Tensões

Foi efectuado o cálculo de tensões nas secções de discretização do tabuleiro, admitindo um comportamento elástico do betão e das secções em Estado I (Não Fendilhado), controlando as seguintes situações:

- Verificação do estado limite de descompressão

Foi verificado, nas fibras extremas correspondentes às zonas das armaduras de pré-esforço, a não ocorrência de descompressão, ($\sigma < 0$), em todas as secções do tabuleiro, para as combinações quase permanentes, durante as fases construtivas e às idades t_0 e t^∞ , nas condições referidas em 4.3.3.2. Garantindo-se assim que todas as armaduras de pré-esforço se situam em zonas comprimidas para estas combinações.

- Verificação do funcionamento das secções em Estado I: (Não Fendilhado) ou Estado II: (Fendilhado)

No sentido de verificar os estados limites de larguras de fendas e de deformação, foi calculado o valor das tensões para as combinações frequentes de acções, de forma a avaliar quais as secções que seriam susceptíveis de início de fendilhação, verificando-se para o efeito se o valor f_{ctm} é excedido.

- Verificação da Tensão Máxima de Compressão

Para complementar a verificação da segurança em relação aos estados limites de fendilhação, verificou-se o valor das tensões para as combinações de acções quase permanentes e raras, para garantir que não são excedidas no betão as tensões máximas de compressão de $0.45f_{ck}$ e $0.60 f_{ck}$, respectivamente para cada uma das combinações de acções referida.

5.4. ANÁLISE DA SECÇÃO TRANSVERSAL

5.4.1. DESCRIÇÃO DO MODELO DE ELEMENTOS FINITOS

No estudo do comportamento da secção transversal recorreu-se a um modelo tridimensional de elementos finitos do tipo “shell”, de um troço de tabuleiro representativo de dois vãos e meio do viaduto em que a continuidade do meio do terceiro vão, assim como aos pilares e encontros foram simuladas por meio de restrições adequadas. Os resultados obtidos neste modelo foram generalizados para o restante tabuleiro (Figura 5.8).

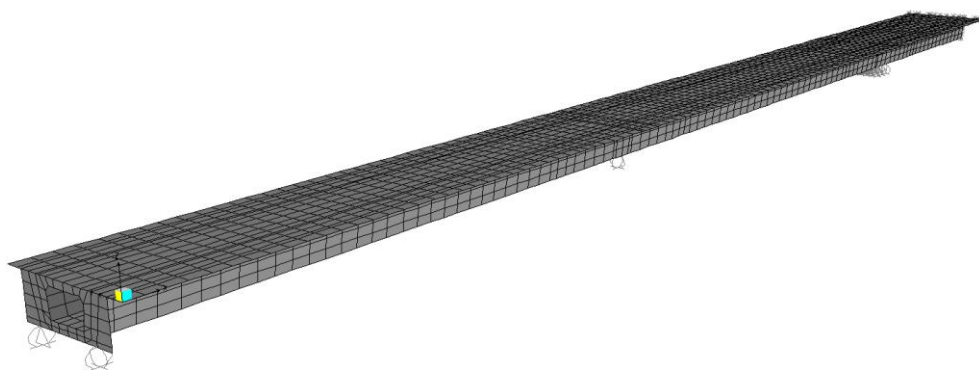


Figura 5.8 – Modelo-tipo para análise transversal do tabuleiro.

Como já foi anteriormente referido, o tabuleiro é composto por um caixão unicelular com almas inclinadas e altura constante. Para a sua modelação, utilizaram-se elementos finitos com diversas espessuras, de forma a simular os banzos (superior e inferior) e as almas, quer nas secções correntes, quer nas secções de espessamento do banzo inferior que se realiza a 10m desde o eixo dos pilares até à zona das carlingas sobre os pilares.

As carlingas dos pilares foram simuladas através de elementos finitos do tipo “shell” com 2,60m de espessura, tendo ainda sido colocadas barras longitudinais nas almas, na espessura da carlinga, para simular a rigidez das carlingas nessa direcção. As dimensões destas barras foram definidas de acordo como a discretização dos elementos “shell” e as dimensões das carlingas.

A carlinga dos encontros foi modelada com elementos finitos de 1,20m de espessura.

Neste modelo foi estudado fundamentalmente a distribuição transversal dos esforços, os efeitos localizados devidos à acção do veículo tipo e sobrecargas

(distribuída e linear) e a distribuição dos esforços de corte ao longo do tabuleiro, tendo sido analisados os seguintes resultados:

- Esforços de membrana nos elementos - F_{11} , F_{22} , F_{12}
(Esforços por unidade de comprimento)
- Momentos Flectores nos elementos - M_{11} , M_{22} , M_{12}
(Momentos por unidade de comprimento)
- Esforços Transversos a meio dos Elementos - V_1 , V_2
(Esforços por unidade de comprimento)

5.4.2. ACÇÕES APLICADAS NOS MODELOS

As acções aplicadas no modelo foram as acções permanentes, correspondentes ao peso próprio estrutural e não estrutural, o pré-esforço e as acções variáveis das sobrecargas rodoviárias, distribuída, linear e do veículo tipo.

a) Peso Próprio Estrutural

As acções referentes ao peso próprio dos elementos estruturais foram tomadas automaticamente por meio da consideração das espessuras dos elementos e do peso específico do betão tomado igual a 25.0 kN/m^3 .

b) Peso Próprio não Estrutural

Foram aplicadas no modelo as acções devidas ao peso próprio não estrutural definidas no capítulo **5.2.1** da presente memória.

c) Sobrecargas Rodoviárias

As sobrecargas rodoviárias foram posicionadas de modo a obterem-se os valores máximos de esforços e possibilitar a definição de uma envolvente de esforços na direcção transversal. Longitudinalmente foram estudadas os quatro alinhamentos transversais do tabuleiro, todos localizados no segundo vão, indicados em seguida:

- Secção A - Secção a 1,5m do pilar P1
- Secção B - Secção a 1/4 do vão P1-P2
- Secção C - Secção a 1/2 do vão P1-P2
- Secção D - Secção a 1,8m do pilar P2.

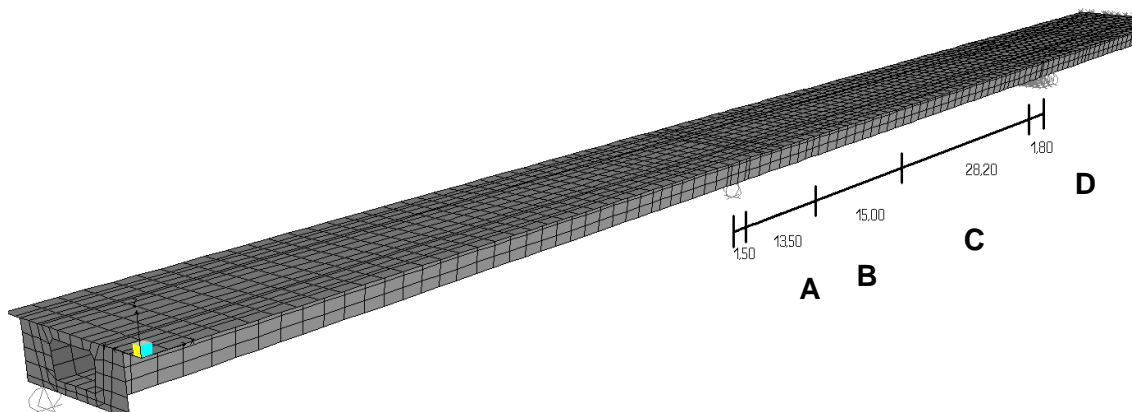


Figura 5.9 – Localização das secções A, B, C, D no Modelo de cálculo do tabuleiro.

c.1) Veículo Tipo

O veículo tipo foi posicionado longitudinalmente nas secções de estudo A a D, e transversalmente da forma indicada na Figura 5.10:

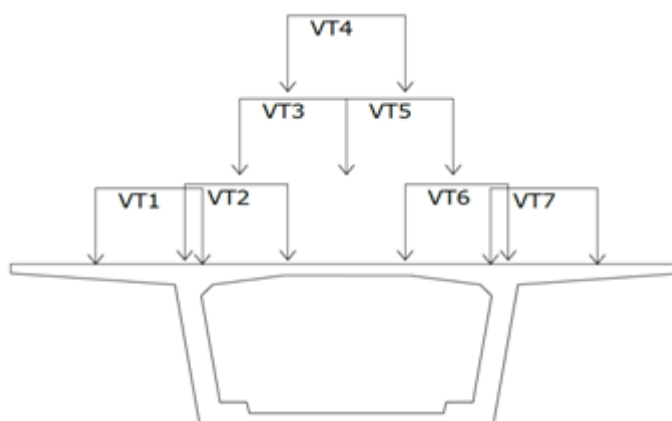


Figura 5.10 – Distribuição transversal do veículo tipo.

c.2) Sobrecargas Distribuídas Uniforme e Linear

A sobrecarga uniformemente distribuída foi aplicada sobre os elementos “shell”, em carregamentos com distribuição longitudinal e transversal adoptada de forma a obter-se, em cada uma das quatro secções analisadas, uma envolvente de esforços correspondente a esta acção variável.

A distribuição transversal de cargas utilizada para a sobrecarga uniformemente distribuída foi a representada na Figura 5.11.

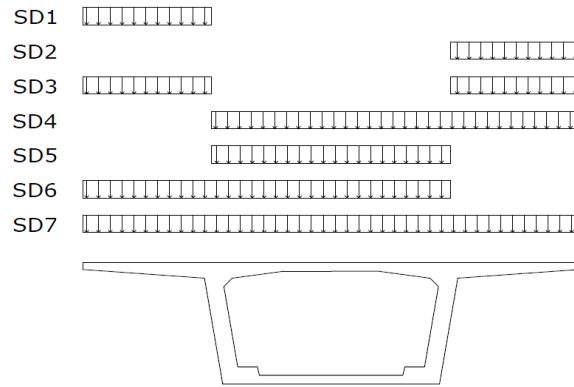


Figura 5.11 – Distribuição transversal da sobrecarga rodoviária uniformemente distribuída.

A sobrecarga linear foi aplicada sobre os nós da malha de elementos finitos, nas secções de estudo A a D.

A distribuição transversal de cargas utilizada para a sobrecarga linearmente distribuída foi a representada na Figura 5.12.

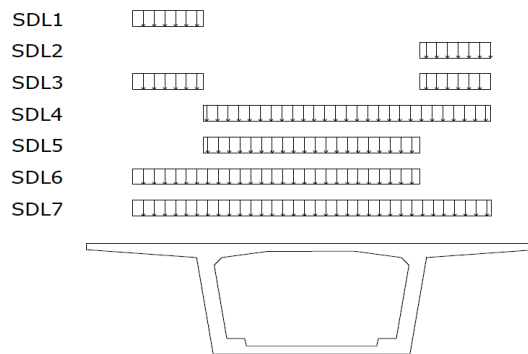


Figura 5.12– Distribuição transversal da sobrecarga rodoviária linearmente distribuída.

5.4.3. VERIFICAÇÃO DOS ESTADOS LIMITES ÚLTIMOS

a) Estado Limite Último de Flexão

Nos Quadros 4.6 e 4.8, (constantes nos anexos), são apresentados os esforços actuantes de cálculo referentes à flexão do banzo superior do tabuleiro na direcção transversal, nas quatro secções analisadas, respectivamente para as combinações da acção variável base do veículo tipo e das sobrecargas (linear e uniforme).

Nos Quadros 4.10 e 4.12, presentes nos anexos, são apresentados os esforços actuantes de cálculo referentes à flexão do banzo inferior do tabuleiro na direcção transversal, nas quatro secções analisadas, respectivamente para as

combinações da acção variável base do veículo tipo e das sobrecargas (linear e uniforme).

Nos Quadros 4.14 e 4.16, (ANEXOS) são apresentados os esforços actuantes de cálculo referentes à flexão da alma do tabuleiro na direcção transversal, nas quatro secções analisadas, respectivamente para as combinações da acção variável base do veículo tipo e das sobrecargas (linear e uniforme).

Em virtude de para o dimensionamento das armaduras transversais do caixão terem de ser considerados conjuntamente os esforços de flexão transversal e os esforços longitudinais de torção e o esforço transversal, a verificação deste estado limite último é apresentada no ponto 5.5

b) Estado Limite Último de Esforço Transverso

Nos Quadros 4.7 e 4.9, (ANEXOS) são apresentados os esforços actuantes de cálculo referentes ao esforço transversal do banzo superior do tabuleiro na direcção transversal, nas quatro secções analisadas.

Nos Quadros 4.11 e 4.13, (ANEXOS) são apresentados os esforços actuantes de cálculo referentes ao esforço transversal do banzo inferior do tabuleiro na direcção transversal, nas quatro secções analisadas.

Nos Quadros 4.15 e 4.17, (ANEXOS) são apresentados os esforços actuantes de cálculo referentes ao esforço transversal da alma do tabuleiro na direcção transversal, nas quatro secções analisadas.

A verificação da segurança aos estados limite de esforço transversal dos banzos e das almas encontra-se apresentada no capítulo 5.5, conjuntamente com as restantes verificações do tabuleiro.

5.5. DIMENSIONAMENTO DO TABULERO

5.5.1. VERIFICAÇÃO DOS ESTADOS LIMITES ÚLTIMOS

Os esforços para o dimensionamento do tabuleiro foram obtidos através dos modelos de cálculo descritos em 5.3.1 e 5.4.1, realizando-se, em geral, a interacção de esforços obtidos através dos dois modelos, e a correspondente compatibilização de armaduras.

5.5.1.1. DIMENSIONAMENTO DOS BANZOS DO CAIXÃO. ARMADURAS TRANSVERSAIS DE FLEXÃO

O dimensionamento dos banzos foi efectuado para as combinações de acções mais desfavoráveis verificados nas quatro secções transversais em estudo (A, B, C e D), todas localizadas no segundo vão. Os esforços e disposições de armaduras determinados para estas secções deste tramo foram as adoptadas para os restantes vãos do tabuleiro.

Nos Quadros 5.1 a 5.8, (ANEXOS) é apresentado o cálculo das armaduras referentes à flexão dos banzos superior e inferior na direcção transversal, considerando uma envolvente de momentos flectores actuantes de cálculo obtida a partir das envolventes determinadas para as secções A, B, C e D.

5.5.1.2. DIMENSIONAMENTO DOS BANZOS DO CAIXÃO.

a) Esforço Transverso

Nos Quadros 5.9 a 5.12, (ANEXOS) são apresentadas as envolventes dos valores de cálculo dos esforços transversos actuantes e resistentes ao longo do banzo superior, verificando-se que não é necessária armadura de esforço transverso.

b) Armaduras de Corte e Torção

Nos Quadros 5.13 e 5.14, (ANEXOS) é apresentada a interacção de esforços de flexão transversal e de torção respectivamente para os banzos superior e inferior, sendo ainda apresentadas as verificações das armaduras transversais colocadas em cada banzo. Os momentos torsores actuantes apresentados

nestes quadros correspondem aos que constam no Quadro 5.19 que se encontra em anexo.

Na quantificação dos momentos torsores resistentes foi desprezada a parcela referente às consolas do banzo superior, considerando-se apenas a secção do caixão como resistente.

Para a determinação dos esforços máximos de corte e torção recorreu-se ao modelo descrito em 5.3.1.

5.5.1.3. DIMENSIONAMENTO DAS ALMAS DO CAIXÃO.

a) Armaduras Transversais de Flexão

Foi determinada a envolvente máxima de esforços de flexão nas almas que irá condicionar o valor mínimo da armadura por face das almas, apresentando-se nos Quadros 5.15 a 5.18, (ANEXOS) as respectivas armaduras necessárias ao seu dimensionamento.

b) Armaduras de Corte e Torção

Para a determinação dos esforços máximos de corte e torção recorreu-se ao modelo de cálculo descrito no ponto 5.3.1. A combinação de acções em que as sobrecargas rodoviárias são a acção variável de base são condicionantes para os esforços máximos de corte na generalidade das secções estudadas, sendo a combinação de acções em que a variável de base é a acção do vento condicionante para algumas secções em termos da máxima torção do tabuleiro.

No Quadro 5.19, (ANEXOS) é apresentada a verificação do estado limite último de torção do tabuleiro, sendo indicadas as armaduras de cálculo, os momentos resistentes e as tensões de compressão devido à torção para cada secção de discretização do tabuleiro.

Nos Quadros 5.20 e 5.21, (ANEXOS) é apresentada a verificação do estado limite último de esforço transversal do tabuleiro a t_0 e t_∞ , sendo indicadas as armaduras de cálculo, os momentos resistentes e as tensões de compressão devido ao esforço de transversal para cada secção de discretização do tabuleiro.

No Quadro 5.22, (ANEXOS) são apresentadas as características geométricas equivalentes de cada uma das secções transversais que serviram de base à análise do caixão ao corte e à torção e os momentos torsores e esforços transversos actuantes correspondentes à situação de interacção.

Nos Quadros 5.23 e 5.24, (ANEXOS) é apresentada a interacção de esforços transversos, de torção e de flexão transversal nas almas do caixão, sendo ainda verificadas das armaduras transversais colocadas nas almas, junto aos banzos superior e inferior.

5.5.1.4. ARMADURAS LONGITUDINAIS DE FLEXÃO

Os momentos flectores actuantes no tabuleiro do viaduto foram calculados no modelo de pórtico tridimensional, conforme descrito no ponto 5.3, e combinados para determinação dos valores de cálculo para verificação do estado limite último de resistência das secções. Para esta análise o ***pré-esforço foi considerado do lado da resistência.***

Para as secções transversais foram calculados os momentos flectores resistentes, para várias hipóteses de áreas de armaduras passivas, de modo a proceder-se à adopção das armaduras ordinárias.

Verificou-se que a armadura de pré-esforço garante a quase totalidade da resistência última das secções, tendo-se adoptado as armaduras passivas necessárias para verificar a segurança.

Para as armaduras passivas adoptadas, foram calculados os momentos flectores resistentes de cálculo apresentados nos Quadros 5.25 e 5.26 constantes nos anexos.

5.5.2. VERIFICAÇÃO DOS ESTADOS LIMITES DE UTILIZAÇÃO

5.5.2.1. DESCOMPRESSÃO

Considerando-se que o ambiente é moderadamente agressivo verificou-se para as combinações quase permanentes o Estado Limite de Descompressão, de acordo com 5.3.3.

Os resultados referentes ao Estudo da Estrutura em Serviço, apresentam-se nos Quadros 5.29 a 5.46 apresentados nos anexos.

5.5.2.2. ABERTURA DE FENDAS

a) Flexão na direcção Transversal

Analisando os resultados do cálculo da abertura de fendas nas várias zonas das secções para a combinação frequente de acções, é possível verificar-se que a máxima abertura de fendas de acordo com o EC2 ocorre no banzo superior do tabuleiro na secção de meio vão (Alinhamento C) e é de 0,19mm, estando portanto abaixo do limite de 0.20mm.

b) Flexão na direcção Longitudinal

Analisando os resultados do cálculo da abertura de fendas nas várias secções para a combinação frequente de acções (Quadros 5.47 e 5.48 em anexo), verifica-se que as secções do tabuleiro apresentam uma tensão de tracção máxima de 0.60MPa.

A verificação da segurança em relação ao estado limite de abertura de fendas fica assim satisfeita, dado que o valor da tensão de tracção não excede o valor característico da tensão de rotura do betão à tracção simples (C35/45 → $f_{ctk}=2.2\text{MPa}$).

5.5.2.3. TENSÃO MÁXIMA DE COMPRESSÃO

A verificação da tensão máxima de compressão no betão, foi efectuada para as combinações raras de acções.

Analisando os resultados do cálculo das tensões nas secções para as combinações raras apresentadas nos Quadros 5.49 e 5.50, (ANEXOS), verifica-se que a tensão de compressão obtida é inferior ao valor de cálculo da tensão de rotura do betão à compressão, à idade de aplicação do pré-esforço 7 dias; deste modo, fica verificado o art. 71º do REBAPE, relativamente à tensão máxima de compressão no betão.

5.5.3. ASSENTAMENTOS DIFERENCIAIS DE APOIOS

Esta acção foi considerada de acordo com as Especificações Técnicas da Concessionária, correspondendo ao assentamento de 10mm em qualquer dos apoios do tabuleiro.

As tensões que se desenvolvem no tabuleiro, correspondentes à combinação accidental em que o assentamento de um apoio é a acção variável de base e na qual foram consideradas parcelas quase permanentes das restantes acções variáveis, encontram-se nos Quadros 5.51 e 5.52 presentes nos anexos.

Da análise destes resultados observa-se que não são atingidas nem as tensões de resistência à tracção nem de compressão máxima do betão, pelo que se considera satisfeita esta verificação.

5.5.4. LEVANTAMENTO DO TABULEIRO

Esta acção corresponde ao levantamento do tabuleiro para a realização de substituição de aparelhos de apoio, tendo sido considerado um levantamento de 25 mm para a realização desta operação.

As tensões que se desenvolvem no tabuleiro, correspondentes à combinação accidental em que o levantamento de um apoio é a acção variável de base e na qual foram consideradas parcelas quase permanentes das restantes acções variáveis, encontram-se nos Quadros 5.53 e 5.54, (ANEXOS).

Da análise destes resultados observa-se que não são atingidas nem as tensões de resistência à tracção nem de compressão máxima do betão, pelo que se considera satisfeita esta verificação.

5.5.4.1. ESTADO LIMITE DE DEFORMAÇÃO

Para a verificação dos estados limites de deformação efectuou-se o controle das deformações no final da construção e a longo prazo.

Para o cálculo das deformações a tempo infinito utilizou-se o processo da tensão média de modo a entrar com os efeitos da fluência do betão no valor das deformações finais.

sendo $E'_{c,28} = 1,25 E_{c,28}$

$\varphi_c(t_1, t_0)$ - coeficiente de fluência na idade t para aplicação de tensão na idade t_0 .

$$\varepsilon_{c,tot}(t, t_0) = \frac{\sigma_{c,t}}{E'_{c,28}} + \frac{\sigma_{c,t} - \sigma_{c,t_0}}{2} \times \frac{\varphi_c(t, t_0)}{E'_{c,28}}$$

Da análise de resultados para t_0 , foram obtidas deformações máximas de 0.58cm e 0.52cm para os vãos exteriores e 0.78cm para os vãos intermédios.

Da mesma forma, para t_∞ , foram obtidas deformações máximas de 2.97cm e 2.52cm para os vãos exteriores e de 4.27cm para os vãos intermédios, a que

corresponde uma flecha máxima da ordem de $L/1400$, verificando assim as condições regulamentares.

6. CONCLUSÕES

A realização deste estágio foi um passo bastante marcante no âmbito de iniciação de uma carreira profissional. Por ser a transição entre o mundo académico e o mundo empresarial permitiu a solidificação de conhecimentos adquiridos ao longo do percurso escolar bem como a aquisição de novos.

A interacção com equipas especializadas em diversas áreas é bastante enriquecedora permitindo que, sempre que surjam qualquer tipo de dúvidas seja possível elucidá-las com clareza.

Apesar de pertencer ao perfil de Estruturas, este estágio incidiu bastante na componente prática da realização de obra, tendo sido então possível compreender com maior clareza o funcionamento deste tipo de cimbres. No entanto, também foi possível aceder ao projecto de adaptação da Viga de Lançamento, bem como, ao projecto de execução do Viaduto V3 da subconcessão do Douro Interior. Desta forma, e como está patente neste relatório, foi possível estudar os referidos projectos, permitindo assim uma melhor compreensão do funcionamento de ambas as estruturas.

Conforme descrito no Capítulo 3, além de ter sido facultado o acesso ao projecto de execução do viaduto acima referido, foi ainda possível aceder à solução inicial do mesmo, o que constitui uma grande mais-valia no sentido de percepção das principais diferenças entre os dois tipos de soluções quer em termos estruturais quer relativamente às quantidades de trabalhos, e à respectiva consequência em termos económicos. Este dado é bastante relevante uma vez que, na vida profissional, os factores de ordem económica, têm um peso elevadíssimo em toda a envolvente da construção.

Em suma, a realização do estágio possibilitou um vasto alargamento de horizontes pessoais devido à interacção diária com equipas bastante experientes, assim como, pela oportunidade de contactar de perto com algumas obras, todas elas de elevado grau de complexidade, tendo sido claramente cumpridos os objectivos propostos.

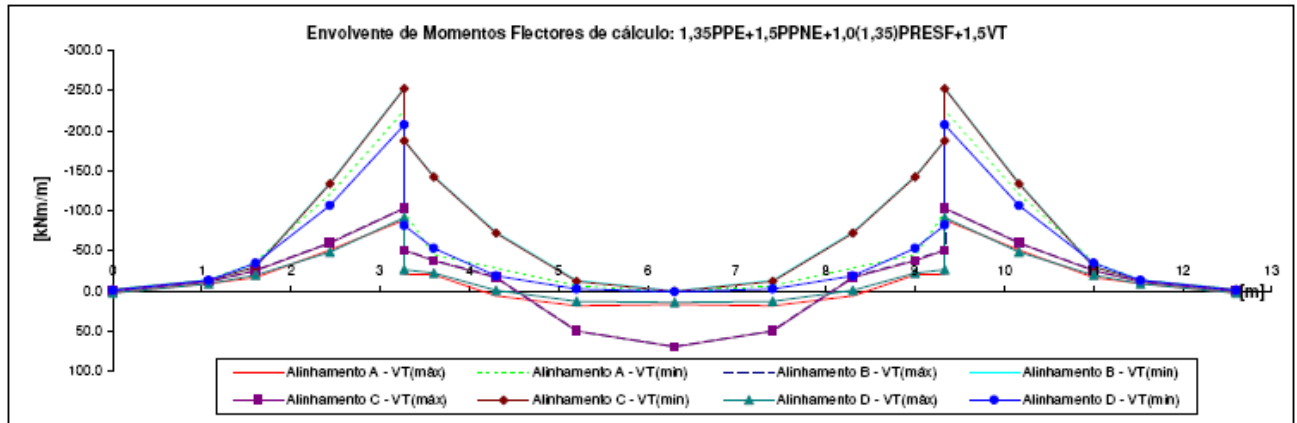
7. BIBLIOGRAFIA

- Viga de Lançamento Mézio – Salamanca, Projecto de Adaptação, Memória Descritiva, Janeiro 2010.
- Viga de Lançamento Mézio – Salamanca, Projecto de Adaptação, Peças Desenhadas, Janeiro 2010.
- Elementos da Disciplina “Betão Estrutural III” – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, (ISEL). Ano Lectivo 2007/2008.
- Subconcessão Douro Interior, Lanço IC5 – Nozelos (IP2) / Mogadouro – Viaduto 3 (Ribeira de Zacarias) – Projecto de Execução – Memória de Cálculo, “Doc. Nº NOMO_E_V3_180_C” Revisão 0: Dezembro/2009.
- Subconcessão Douro Interior, Lanço IC5 – Nozelos (IP2) / Mogadouro – Viaduto 3 (Ribeira de Zacarias) – Projecto de Execução – Anexos de Cálculo “Doc. Nº V3-ANEXOS_CALC” Revisão 0: Dezembro/2009.
- Subconcessão Douro Interior, Lanço IC5 – Nozelos (IP2) / Mogadouro – Viaduto 3 (Ribeira de Zacarias) – Projecto de Execução – Memória Descritiva e Justificativa, “Doc. Nº NOMO_E_V3_180_M” Revisão 0: Dezembro/2009.
- Eurocódigo 2: Projecto de estruturas de betão – Parte 1-1: Regras gerais e regras para edifícios (EC2) – NP EN 1992-1-1. Abril 2004.
- Eurocódigo 2: Projecto de estruturas de betão – Parte 2: Regras gerais e regras para edifícios (EC2) – NP EN 1992-1-1. Abril 2004.
- Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado (REBAPE). Porto: Porto Editora, Agosto 2005
- Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes (RSA). Porto: Porto Editora 2005.

ANEXOS

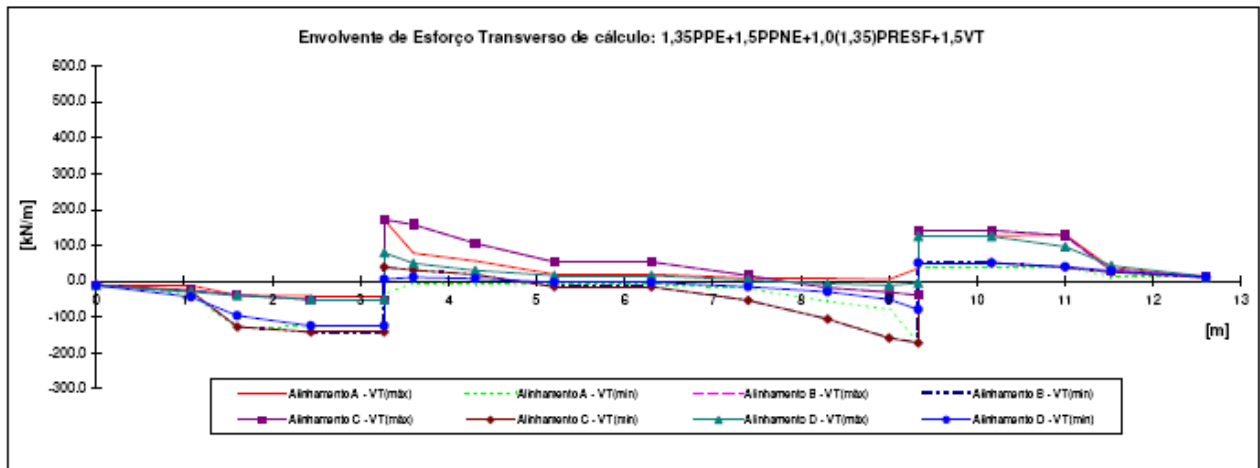
Quadro 4.6
Momentos Flectores na Direcção Transversal - Combinação Veículo Tipo - Banzo Superior
1,35PPE+1,5PPNE+1,0(1,35)PRESF+1,5VT

NÓ	Momentos Flectores (kNm/m)							
	Alinhamento A		Alinhamento B		Alinhamento C		Alinhamento D	
	VT(máx)	VT(min)	VT(máx)	VT(min)	VT(máx)	VT(min)	VT(máx)	VT(min)
1	2.5	-1.1	0.5	-1.5	0.4	-1.8	2.8	-0.5
2	-9.3	-13.9	-11.6	-13.2	-11.7	-13.5	-8.8	-12.9
3	-16.7	-35.5	-25.3	-29.7	-25.5	-30.5	-19.6	-34.6
4	-51.0	-121.4	-59.5	-133.7	-60.2	-134.7	-48.5	-106.4
5'	-88.3	-223.4	-103.0	-252.4	-103.6	-253.1	-91.5	-207.1
5"	-20.1	-97.6	-50.5	-187.2	-51.3	-187.5	-26.3	-81.7
6	-20.0	-45.1	-37.8	-142.3	-38.6	-143.2	-21.9	-53.1
7	6.2	-28.7	-16.7	-72.0	-17.2	-73.3	-0.8	-18.6
8	18.6	-6.2	50.2	-11.9	50.3	-13.0	12.9	-2.3
9	17.2	0.8	69.8	0.6	69.5	0.3	14.3	1.2
10	18.7	-6.1	50.2	-11.9	50.3	-13.0	12.9	-2.3
11	6.3	-28.6	-16.7	-71.9	-17.2	-73.3	-0.8	-18.6
12	-19.9	-45.0	-37.8	-142.3	-38.6	-143.2	-22.0	-53.1
13'	-20.0	-97.5	-50.4	-187.2	-51.3	-187.5	-26.4	-81.7
13"	-88.3	-223.4	-103.0	-252.4	-103.6	-253.1	-91.5	-207.1
14	-51.0	-121.4	-59.5	-133.7	-60.2	-134.7	-48.5	-106.4
15	-16.7	-35.5	-25.3	-29.7	-25.5	-30.5	-19.6	-34.6
16	-9.3	-13.9	-11.6	-13.2	-11.7	-13.5	-8.9	-12.9
17	2.5	-1.1	0.5	-1.5	0.4	-1.8	2.8	-0.5



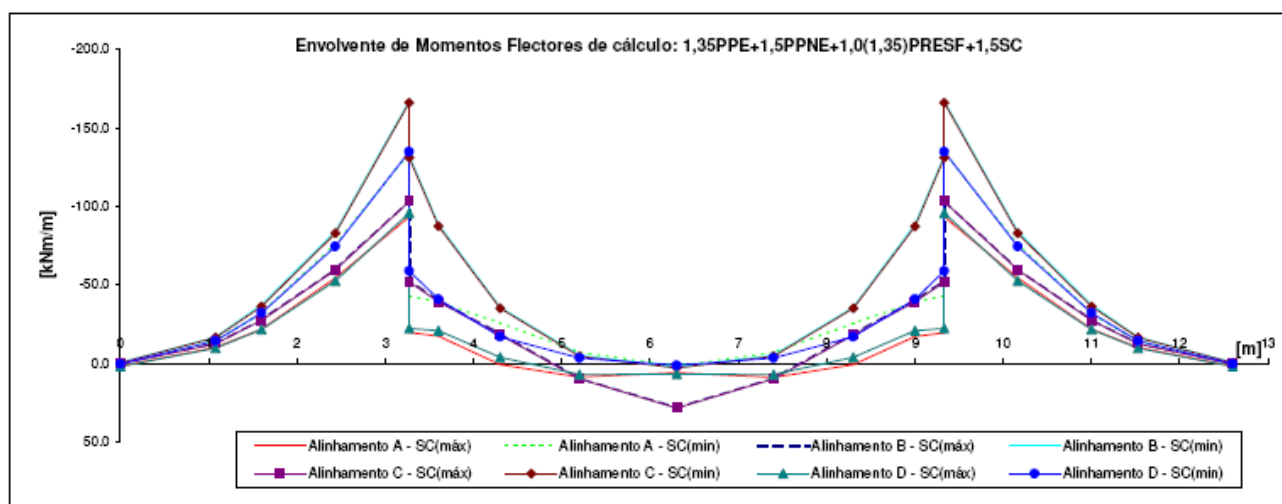
Quadro 4.7
Esforços Transversos na Direcção Transversal - Combinação Veículo Tipo - Banço Superior
1,35PPE+1,5PPNE+1,0(1,35)PRESF+1,5VT

NÓ	Esforço Transverso [kN/m]							
	Alinhamento A		Alinhamento B		Alinhamento C		Alinhamento D	
	VT(máx)	VT(min)	VT(máx)	VT(min)	VT(máx)	VT(min)	VT(máx)	VT(min)
1	-12.8	-11.0	-12.1	-10.1	-12.1	-10.2	-12.7	-12.1
2	-11.5	-36.7	-25.2	-29.1	-25.1	-29.0	-29.4	-43.5
3	-39.4	-129.8	-38.6	-127.9	-38.5	-127.8	-40.1	-96.2
4	-39.9	-126.9	-51.8	-141.9	-51.6	-141.6	-50.5	-124.4
5*	-39.9	-126.9	-51.8	-141.9	-51.6	-141.6	-50.5	-124.4
5*	170.9	-36.1	172.2	39.4	171.5	39.1	79.3	5.3
6	78.2	-5.1	158.5	30.8	157.9	30.7	50.2	11.4
7	56.5	-7.6	105.7	18.3	105.6	18.3	30.0	6.8
8	20.0	-9.3	53.6	-15.4	53.7	-15.9	15.4	-3.6
9	20.0	-9.3	53.6	-15.4	53.7	-15.9	15.4	-3.6
10	9.4	-19.8	15.4	-53.5	15.9	-53.6	3.6	-15.4
11	7.8	-56.4	-18.2	-105.6	-18.2	-105.6	-6.8	-30.1
12	5.1	-78.1	-30.8	-158.4	-30.7	-157.9	-11.4	-50.2
13*	36.0	-170.8	-39.4	-172.2	-39.1	-171.5	-5.4	-79.4
13*	126.9	39.9	141.9	51.8	141.6	51.6	124.4	50.5
14	126.9	39.9	141.9	51.8	141.6	51.6	124.4	50.5
15	129.8	39.4	127.9	38.6	127.8	38.5	96.1	40.1
16	36.7	11.5	29.1	25.2	29.1	25.1	43.5	29.4
17	13.0	10.9	12.1	10.1	12.1	10.1	12.8	12.0



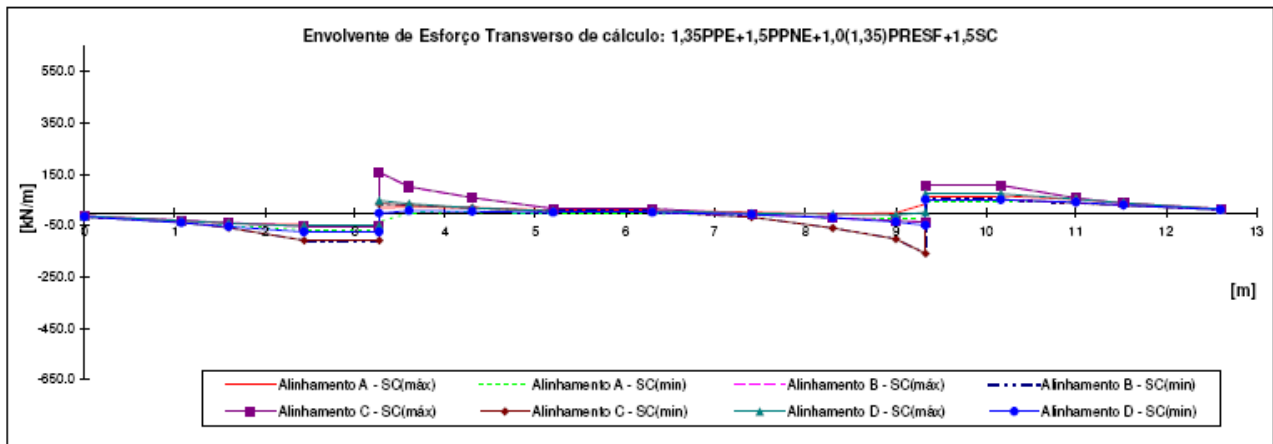
Quadro 4.8
Momentos Flectores na Direcção Transversal - Combinação Sobrecargas SDU+SDL - Banço Superior
1,35PPE+1,5PPNE+1,0(1,35)PRESF+1,5SC

NÓ	Momentos Flectores [kNm/m]							
	Alinhamento A		Alinhamento B		Alinhamento C		Alinhamento D	
	SC(máx)	SC(min)	SC(máx)	SC(min)	SC(máx)	SC(min)	SC(máx)	SC(min)
1	1.6	0.3	0.2	-0.4	0.0	-0.7	1.7	0.3
2	-10.4	-14.7	-12.7	-16.5	-12.9	-16.9	-9.9	-14.4
3	-22.0	-32.1	-27.5	-36.4	-28.0	-37.4	-21.6	-32.1
4	-54.6	-76.5	-59.6	-82.8	-60.2	-84.1	-52.7	-74.5
5'	-93.5	-133.5	-103.2	-166.0	-103.7	-167.0	-95.8	-134.8
5"	-19.7	-43.2	-51.9	-131.0	-53.0	-132.2	-22.4	-59.8
6	-17.5	-39.3	-39.3	-87.5	-40.4	-88.7	-21.0	-41.0
7	0.6	-25.8	-18.2	-35.2	-19.1	-35.8	-3.9	-17.0
8	8.6	-7.1	9.7	-4.8	9.3	-5.3	6.9	-3.5
9	5.8	1.6	28.2	2.8	28.0	2.4	6.6	1.1
10	8.7	-7.0	9.7	-4.8	9.3	-5.3	6.9	-3.5
11	0.7	-25.6	-18.1	-35.2	-19.1	-35.8	-3.9	-17.1
12	-17.4	-39.2	-39.3	-87.5	-40.4	-88.7	-21.1	-41.0
13'	-19.6	-43.1	-51.8	-131.0	-53.0	-132.2	-22.5	-59.9
13"	-93.5	-133.5	-103.2	-166.0	-103.7	-167.0	-95.8	-134.8
14	-54.6	-76.5	-59.6	-82.8	-60.2	-84.1	-52.7	-74.5
15	-22.0	-32.1	-27.5	-36.4	-28.0	-37.4	-21.6	-32.1
16	-10.4	-14.7	-12.7	-16.5	-12.9	-16.9	-9.9	-14.4
17	1.6	0.3	0.2	-0.4	0.0	-0.7	1.7	0.3



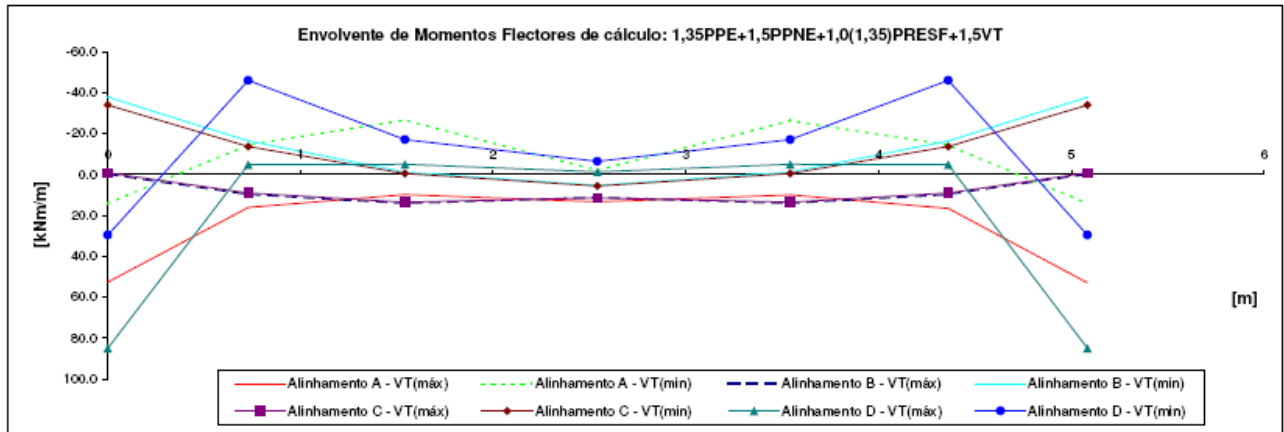
Quadro 4.9
Esforços Transversos na Direção Transversal - Combinação Sobrecargas SDU+SDL - Banzo Superior
1,35PPE+1,5PPNE+1,0(1,35)PRESF+1,5SC

NÓ	Esforço Transverso [kNm]							
	Alinhamento A		Alinhamento B		Alinhamento C		Alinhamento D	
	SC(máx)	SC(mín)	SC(máx)	SC(mín)	SC(máx)	SC(mín)	SC(máx)	SC(mín)
1	-12.2	-15.5	-11.9	-15.0	-11.9	-15.0	-12.2	-15.5
2	-30.0	-38.4	-28.8	-36.8	-28.8	-36.7	-29.9	-38.4
3	-40.9	-52.9	-38.9	-58.4	-38.8	-58.3	-41.2	-54.1
4	-45.3	-65.7	-52.3	-108.2	-52.1	-107.9	-50.5	-73.9
5'	-45.3	-65.7	-52.3	-108.2	-52.1	-107.9	-50.5	-73.9
5*	21.0	-35.2	159.1	36.5	158.6	35.9	47.9	-1.8
6	22.7	-0.5	101.7	30.9	101.4	30.5	36.0	8.2
7	21.1	3.7	59.6	18.7	59.5	18.8	19.8	6.0
8	9.0	-2.2	16.7	5.5	16.7	5.7	6.5	0.9
9	9.0	-2.2	16.7	5.5	16.7	5.7	6.5	0.9
10	2.3	-8.9	-5.5	-16.6	-5.7	-16.6	-0.9	-6.5
11	-3.6	-21.0	-18.7	-59.5	-18.8	-59.4	-6.1	-19.9
12	0.5	-22.7	-30.9	-101.6	-30.5	-101.3	-8.2	-36.1
13'	35.2	-20.9	-36.5	-159.0	-35.9	-158.5	1.8	-48.0
13"	65.7	45.3	108.2	52.3	107.9	52.1	73.9	50.5
14	65.7	45.3	108.2	52.3	107.9	52.1	73.9	50.5
15	52.9	40.9	58.4	38.9	58.3	38.8	54.1	41.2
16	38.4	30.0	36.8	28.9	36.7	28.8	38.4	29.9
17	15.5	12.2	15.0	11.9	15.0	11.9	15.5	12.2



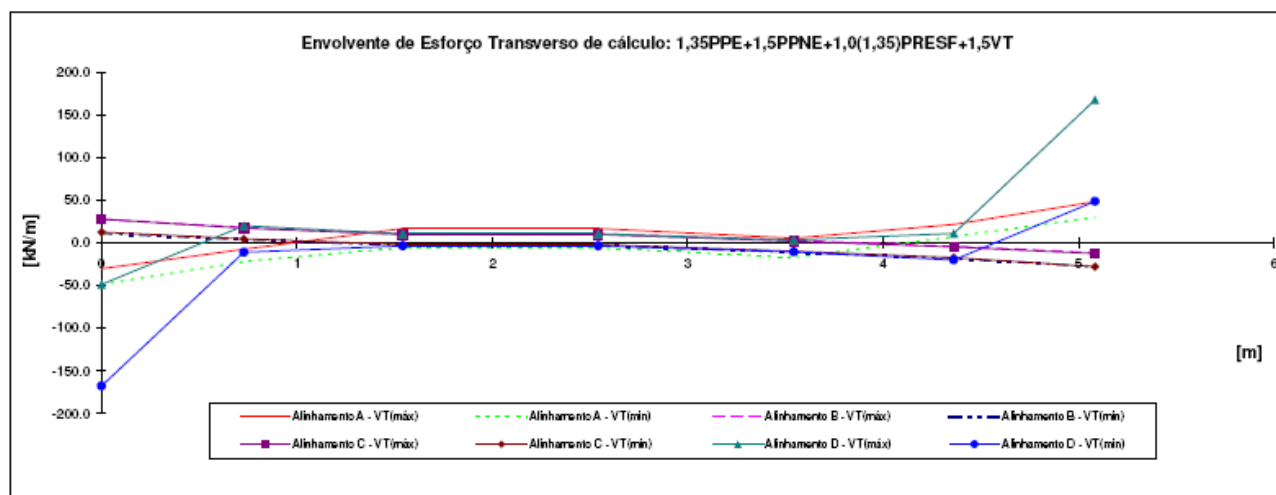
Quadro 4.10
Momentos Flectores na Direcção Transversal - Combinação Veículo Tipo - Barzo Inferior
1,35PPE+1,5PPNE+1,0(1,35)PRESF+1,5VT

NÓ	Momentos Flectores [kNm/m]							
	Alinhamento A		Alinhamento B		Alinhamento C		Alinhamento D	
	VT(máx)	VT(min)	VT(máx)	VT(min)	VT(máx)	VT(min)	VT(máx)	VT(min)
1	52.6	14.1	-0.9	-34.1	-0.3	-37.9	85.0	29.6
2	16.1	-14.7	9.0	-13.8	9.5	-16.4	-4.8	-46.1
3	9.8	-26.9	13.5	-0.5	14.0	-1.3	-5.1	-17.1
4	13.3	-2.2	11.3	5.6	11.1	5.3	-1.4	-6.5
5	10.0	-26.5	13.5	-0.5	14.0	-1.3	-5.1	-17.1
6	16.5	-14.5	9.0	-13.7	9.5	-16.4	-4.8	-46.1
7	53.0	14.1	-0.9	-34.0	-0.3	-37.9	84.9	29.6



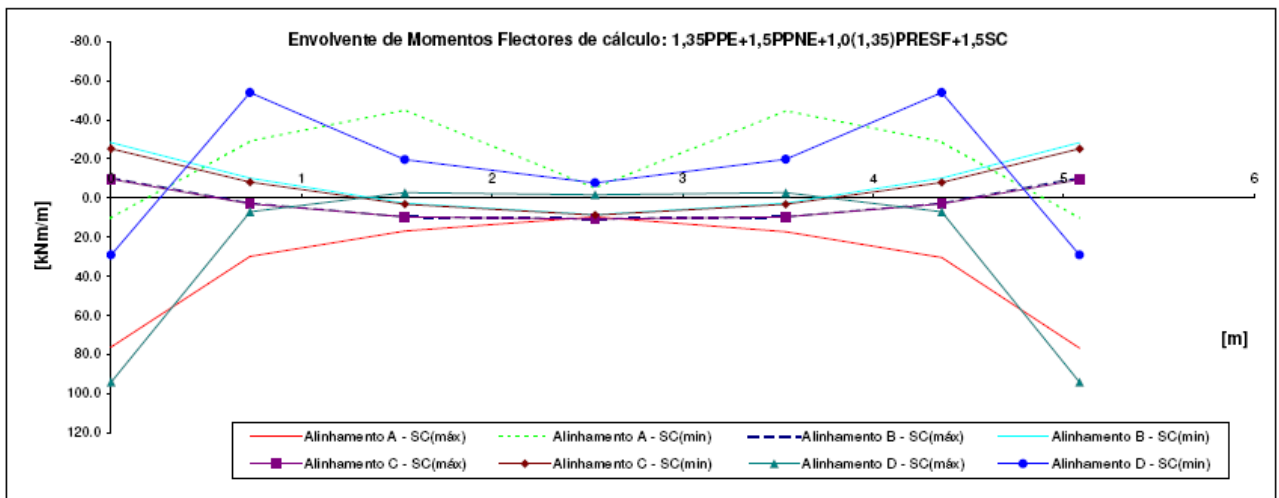
Quadro 4.11
Esforços Transversos na Direção Transversal - Combinação Veículo Tipo - Banzo Inferior
1,35PPE+1,5PPNE+1,0(1,35)PRESF+1,5VT

NÓ	Esforço Transverso [kN/m]							
	Alinhamento A		Alinhamento B		Alinhamento C		Alinhamento D	
	VT(máx)	VT(min)	VT(máx)	VT(min)	VT(máx)	VT(min)	VT(máx)	VT(min)
1	-30.2	-48.5	27.7	12.4	28.0	11.4	-48.8	-167.6
2	-7.5	-21.7	17.4	4.8	18.2	4.1	19.8	-11.1
3	17.1	-5.4	9.8	-2.0	10.6	-2.7	10.7	-3.3
4	17.1	-5.4	9.8	-2.0	10.6	-2.7	10.7	-3.3
5	5.6	-16.8	2.0	-9.8	2.7	-10.6	3.4	-10.7
6	21.5	7.4	-4.8	-17.4	-4.1	-18.2	11.0	-19.8
7	48.3	30.2	-12.4	-27.7	-11.4	-28.0	167.6	48.8



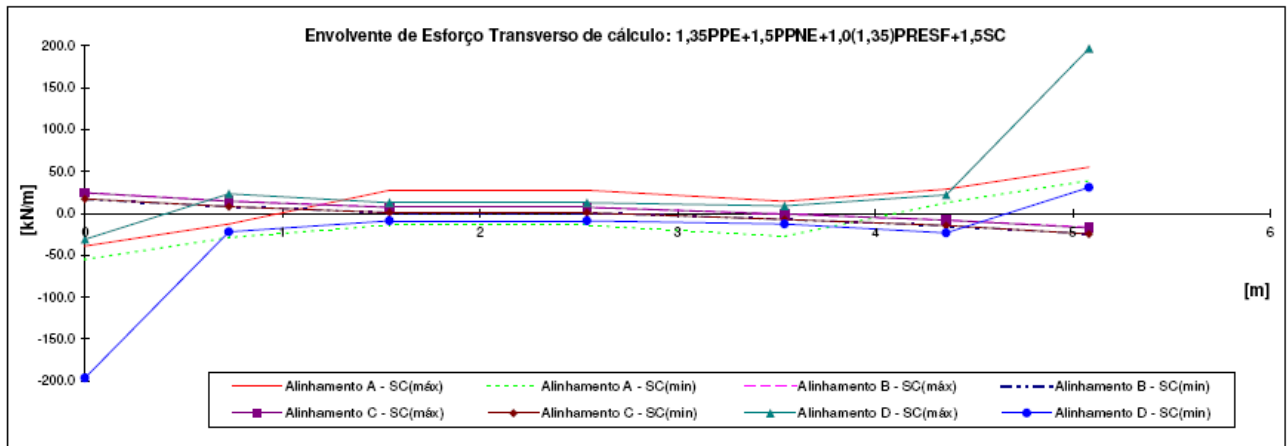
Quadro 4.12
 Momentos Flectores na Direcção Transversal - Combinação Sobrecargas SDU+SDL - Banzo Inferior
 1,35PPE+1,5PPNE+1,0(1,35)PRESF+1,5SC

NÓ	Momentos Flectores [kNm/m]							
	Alinhamento A		Alinhamento B		Alinhamento C		Alinhamento D	
	SC(máx)	SC(min)	SC(máx)	SC(min)	SC(máx)	SC(min)	SC(máx)	SC(min)
1	76.1	10.2	-9.5	-25.2	-10.4	-28.2	94.1	29.0
2	29.9	-29.0	3.0	-8.1	2.6	-10.1	7.0	-53.9
3	16.9	-45.0	9.5	3.2	9.6	2.6	-2.7	-19.7
4	9.7	-4.9	10.8	8.8	10.5	8.4	-1.6	-7.8
5	17.2	-44.6	9.6	3.2	9.6	2.6	-2.7	-19.7
6	30.4	-28.8	3.0	-8.1	2.6	-10.1	7.0	-53.9
7	76.6	10.2	-9.5	-25.1	-10.4	-28.2	94.1	29.1



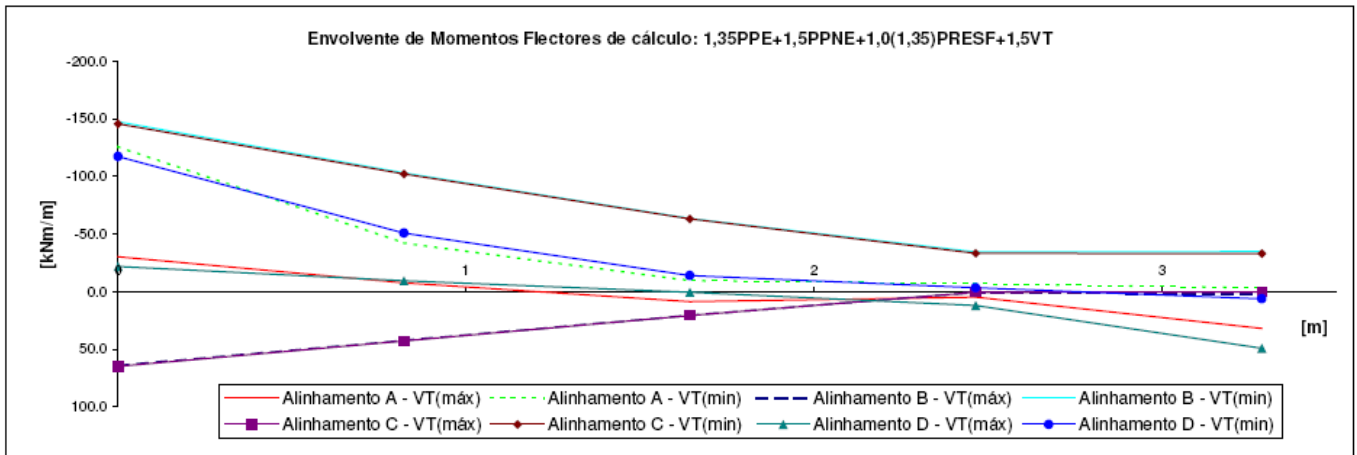
Quadro 4.13
Esforços Transversos na Direcção Transversal - Combinação Sobrecargas SDU+SDL - Banzo Inferior
1,35PPE+1,5PPNE+1,0(1,35)PRESF+1,5SC

NÓ	Esforço Transverso [kNm]							
	Alinhamento A		Alinhamento B		Alinhamento C		Alinhamento D	
	SC(máx)	SC(min)	SC(máx)	SC(min)	SC(máx)	SC(min)	SC(máx)	SC(min)
1	-38.9	-54.9	24.6	17.3	24.4	16.7	-31.0	-196.2
2	-12.6	-28.8	14.4	8.2	14.7	7.9	23.5	-21.9
3	27.7	-14.0	7.0	1.0	7.3	0.8	12.7	-8.9
4	27.7	-14.0	7.0	1.0	7.3	0.8	12.7	-8.9
5	14.2	-27.5	-1.0	-7.0	-0.8	-7.3	8.9	-12.7
6	28.9	12.6	-8.1	-14.4	-7.9	-14.7	21.9	-23.5
7	54.9	38.8	-17.3	-24.6	-16.7	-24.4	196.4	31.0



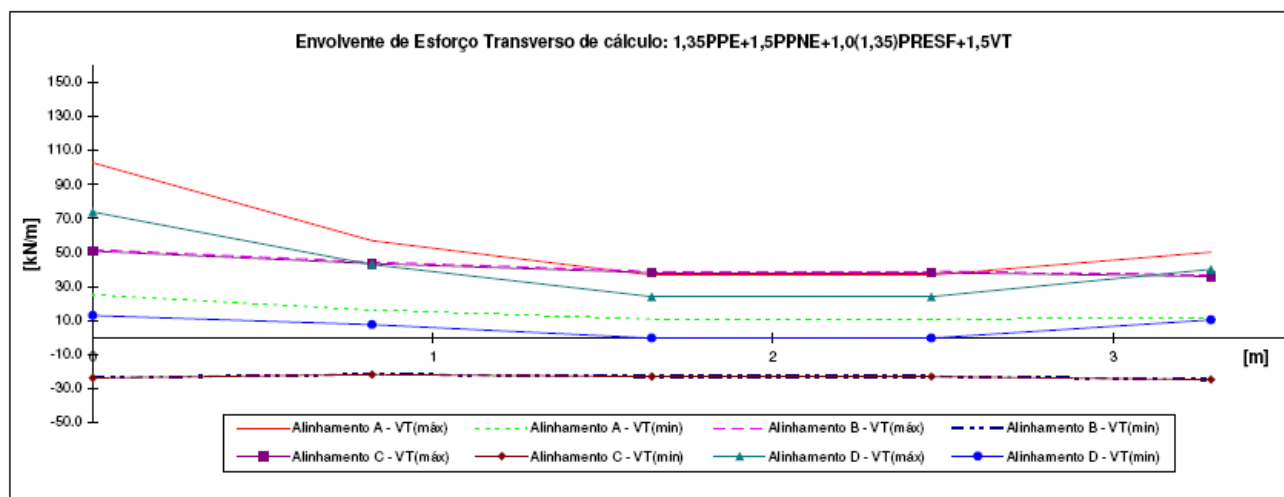
Quadro 4.14
Momentos Flectores na Direcção Transversal - Combinação Veículo Tipo - Almas
1,35PPE+1,5PPNE+1,0(1,35)PRESF+1,5VT

NÓ	Momentos Flectores [kNm/m]							
	Alinhamento A		Alinhamento B		Alinhamento C		Alinhamento D	
	VT(máx)	VT(min)	VT(máx)	VT(min)	VT(máx)	VT(min)	VT(máx)	VT(min)
1	-30.5	-126.2	64.8	-145.7	63.8	-147.5	-21.9	-117.2
2	-7.7	-42.4	42.6	-102.1	42.1	-103.0	-9.4	-51.0
3	8.5	-9.9	20.5	-63.4	20.4	-63.5	0.3	-14.2
4	4.7	-7.2	0.3	-33.5	0.4	-34.7	11.7	-3.6
5	31.7	-3.5	0.3	-33.2	1.8	-35.0	48.9	6.1



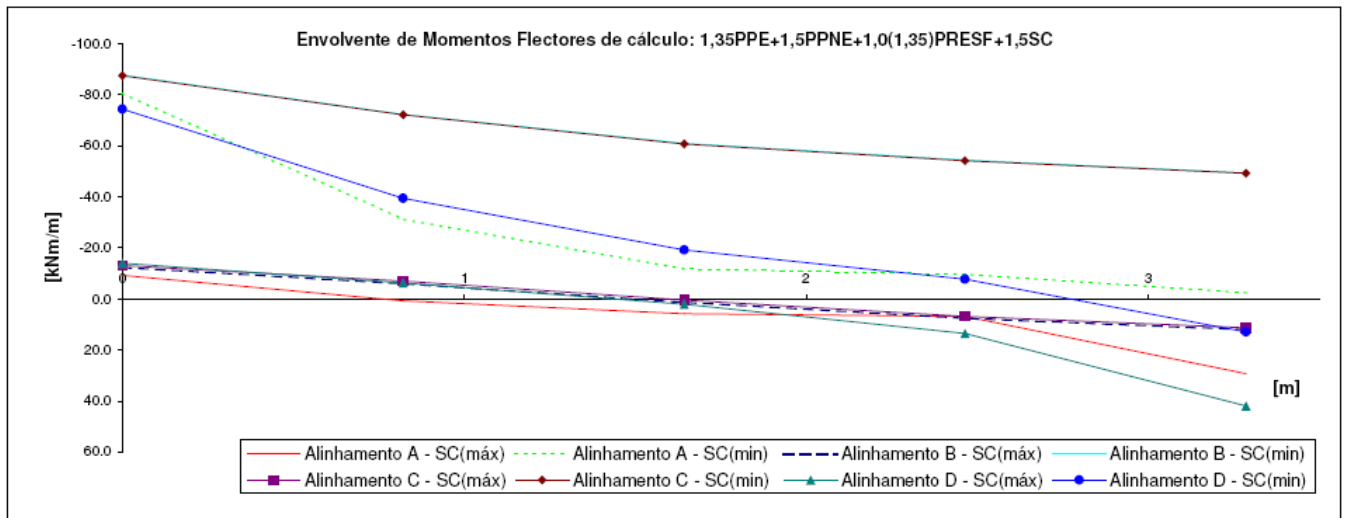
Quadro 4.15
Esforços Transversos na Direcção Transversal - Combinação Veículo Tipo - Almas
1,35PPE+1,5PPNE+1,0(1,35)PRESF+1,5VT

NÓ	Esforço Transverso [kN/m]							
	Sec. de apoio A		Sec. 1/4 Vão		Sec. de meio vão		Sec. de apoio B	
	VT(máx)	VT(min)	VT(máx)	VT(min)	VT(máx)	VT(min)	VT(máx)	VT(min)
1	102.8	25.1	50.8	-23.8	51.7	-23.7	73.8	12.9
2	57.0	16.2	43.4	-21.8	44.4	-21.6	42.7	7.5
3	36.7	10.9	38.0	-23.0	39.1	-22.9	24.0	-0.4
4	36.7	10.9	38.0	-23.0	39.1	-22.9	24.0	-0.4
5	50.1	11.9	35.8	-24.7	36.9	-24.6	40.0	10.4



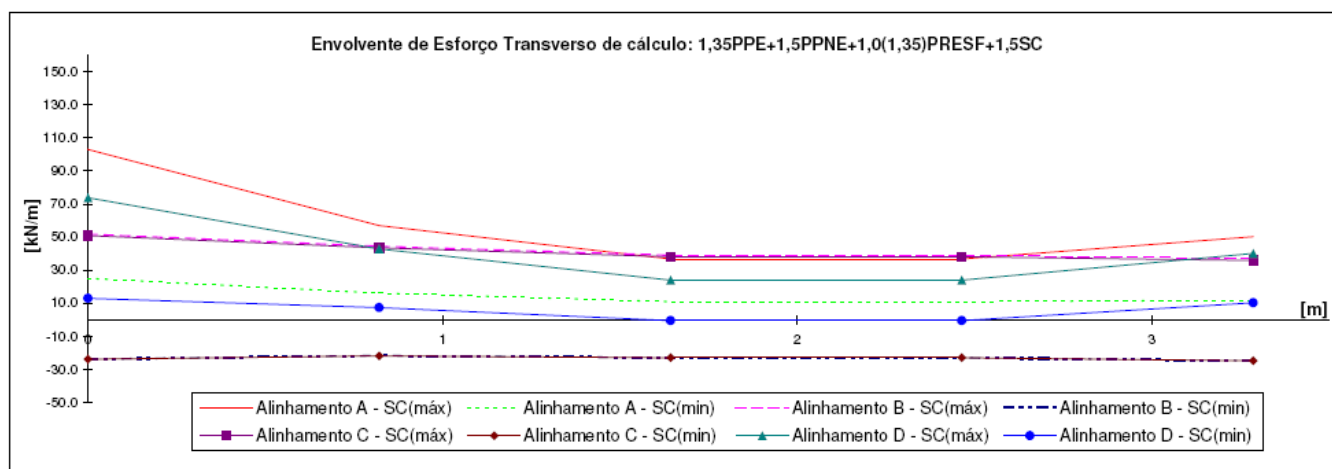
Quadro 4.16
Momentos Flectores na Direcção Transversal - Combinação Sobrecargas SDU+SDL - Almas
1,35PPE+1,5PPNE+1,0(1,35)PRESF+1,5SC

NÓ	Momentos Flectores [kNm/m]							
	Alinhamento A		Alinhamento B		Alinhamento C		Alinhamento D	
	SC(máx)	SC(min)	SC(máx)	SC(min)	SC(máx)	SC(min)	SC(máx)	SC(min)
1	-9.1	-80.5	-13.0	-87.4	-12.2	-87.6	-13.9	-74.3
2	0.8	-31.2	-6.9	-72.0	-5.9	-72.2	-6.2	-39.3
3	5.9	-11.7	0.5	-60.6	1.4	-60.9	2.2	-19.1
4	6.9	-9.5	6.9	-54.1	7.7	-54.3	13.7	-7.7
5	29.4	-2.3	11.4	-49.2	12.2	-49.3	42.1	13.1



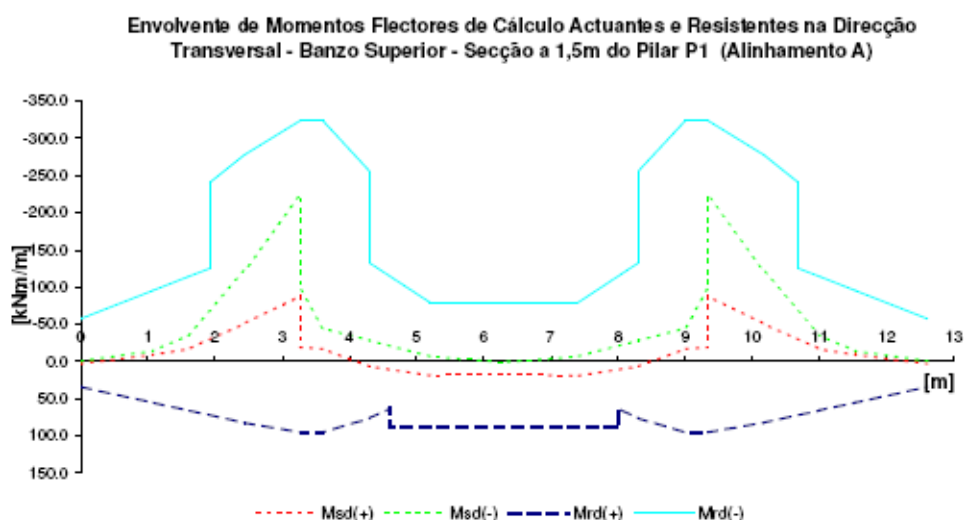
Quadro 4.17
Esforços Transversos na Direção Transversal - Combinação Sobrecargas SDU+SDL - Almas
1,35PPE+1,5PPNE+1,0(1,35)PRESF+1,5SC

NÓ	Esforço Transverso [kN/m]							
	Sec. de apoio A		Sec. 1/4 Vão		Sec. de meio vão		Sec. de apoio B	
	SC(máx)	SC(min)	SC(máx)	SC(min)	SC(máx)	SC(min)	SC(máx)	SC(min)
1	102.8	25.1	50.8	-23.8	51.7	-23.7	73.8	12.9
2	57.0	16.2	43.4	-21.8	44.4	-21.6	42.7	7.5
3	36.7	10.9	38.0	-23.0	39.1	-22.9	24.0	-0.4
4	36.7	10.9	38.0	-23.0	39.1	-22.9	24.0	-0.4
5	50.1	11.9	35.8	-24.7	36.9	-24.6	40.0	10.4



Quadro 5.1
Envolvente de Momentos Flectores de Cálculo Actuantes e Resistentes na Direcção Transversal - Banzo Superior - Secção a 1,5m do Pilar P1 (Alinhamento A)

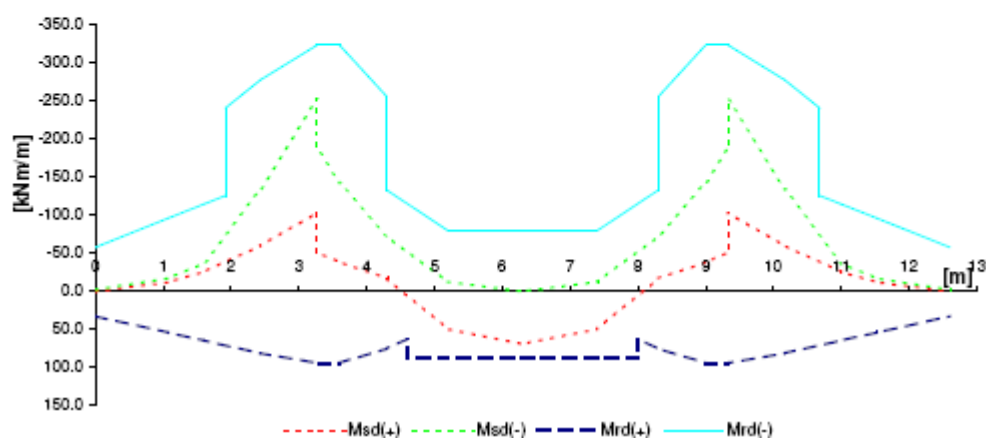
NÓ	d (m)	Msd (+) [KN.m]	Msd (-) [KN.m]	As,eff (+) [cm ² /m]	As,eff (-) [cm ² /m]	Mrd (+) [KN.m/m]	Mrd (-) [KN.m/m]
1	0.143	2.5	-1.1	5.65	10.05	33.6	-57.6
2	0.230	-9.3	-14.7	5.65	10.05	55.0	-95.6
3	0.273	-16.7	-35.5	5.65	10.05	65.4	-114.2
4	0.340	-51.0	-121.4	5.65	20.11	82.0	-277.7
5'	0.393	-88.3	-223.4	5.65	20.11	95.0	-323.9
5"	0.393	-19.7	-97.6	5.65	20.11	95.0	-323.9
6	0.393	-17.5	-45.1	5.65	20.11	95.0	-323.9
7	0.315	6.2	-28.7	5.65	20.11	75.9	-255.9
8	0.193	18.6	-7.1	11.31	10.05	89.7	-79.4
9	0.193	17.2	0.8	11.31	10.05	89.7	-79.4
10	0.193	18.7	-7.0	11.31	10.05	89.7	-79.4
11	0.315	6.3	-28.6	5.65	20.11	75.9	-255.9
12	0.393	-17.4	-45.0	5.65	20.11	95.0	-323.9
13'	0.393	-19.6	-97.5	5.65	20.11	95.0	-323.9
13"	0.393	-88.3	-223.4	5.65	20.11	95.0	-323.9
14	0.340	-51.0	-121.4	5.65	20.11	82.0	-277.7
15	0.273	-16.7	-35.5	5.65	10.05	65.4	-114.2
16	0.230	-9.3	-14.7	5.65	10.05	55.0	-95.6
17	0.143	2.5	-1.1	5.65	10.05	33.6	-57.6



Quadro 5.2
 Envolvente de Momentos Flectores de Cálculo Actuantes e Resistentes na Direcção Transversal - Banzo Superior - Secção a 1/4 de vão do tramo central (Alinhamento B)

NÓ	d (m)	Msd (+) [KN.m]	Msd (-) [KN.m]	As,eff (+) [cm ² /m]	As,eff (-) [cm ² /m]	Mrd (+) [KN.m/m]	Mrd (-) [KN.m/m]
1	0.143	0.5	-1.5	5.65	10.05	33.6	-57.6
2	0.230	-11.6	-16.5	5.65	10.05	55.0	-95.6
3	0.273	-25.3	-36.4	5.65	10.05	65.4	-114.2
4	0.340	-59.5	-133.7	5.65	20.11	82.0	-277.7
5'	0.393	-103.0	-252.4	5.65	20.11	95.0	-323.9
5*	0.393	-50.5	-187.2	5.65	20.11	95.0	-323.9
6	0.393	-37.8	-142.3	5.65	20.11	95.0	-323.9
7	0.315	-16.7	-72.0	5.65	20.11	75.9	-255.9
8	0.193	50.2	-11.9	11.31	10.05	88.7	-79.4
9	0.193	69.8	0.6	11.31	10.05	88.7	-79.4
10	0.193	50.2	-11.9	11.31	10.05	88.7	-79.4
11	0.315	-16.7	-71.9	5.65	20.11	75.9	-255.9
12	0.393	-37.8	-142.3	5.65	20.11	95.0	-323.9
13'	0.393	-50.4	-187.2	5.65	20.11	95.0	-323.9
13"	0.393	-103.0	-252.4	5.65	20.11	95.0	-323.9
14	0.340	-59.5	-133.7	5.65	20.11	82.0	-277.7
15	0.273	-25.3	-36.4	5.65	10.05	65.4	-114.2
16	0.230	-11.6	-16.5	5.65	10.05	55.0	-95.6
17	0.143	0.5	-1.5	5.65	10.05	33.6	-57.6

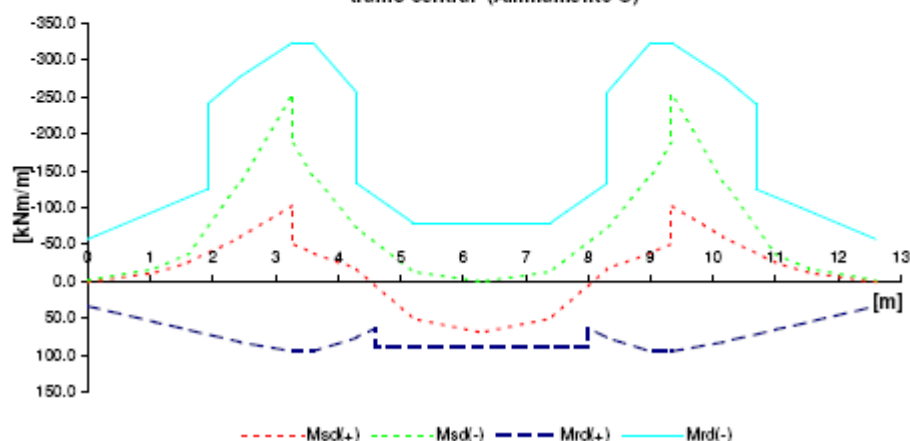
Envolvente de Momentos Flectores de Cálculo Actuantes e Resistentes na Direcção Transversal - Banzo Superior - Secção a 1/4 de vão do tramo central (Alinhamento B)



Quadro 5.3
 Envolvente de Momentos Flectores de Cálculo Actuantes e Resistentes na Direcção Transversal - Banzo Superior - Secção a 1/2 vão do tramo central (Alinhamento C)

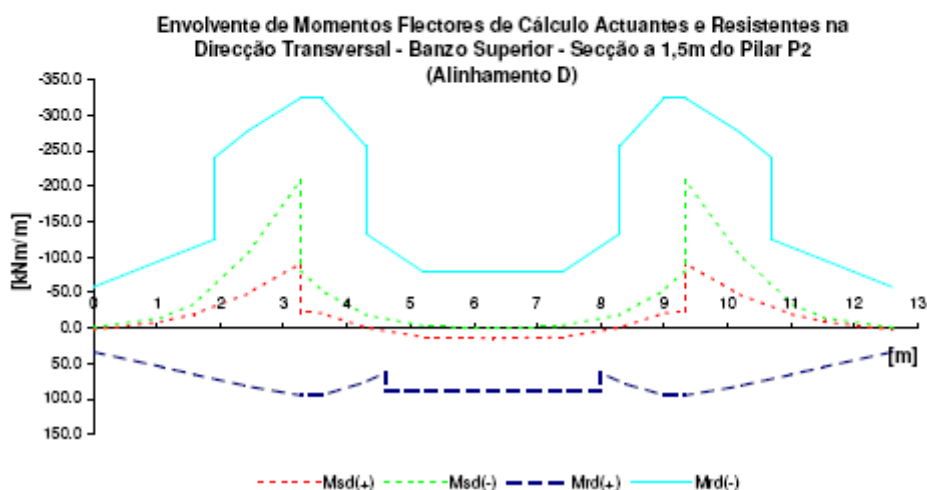
NÓ	d (m)	Msd (+) [KN.m]	Msd (-) [KN.m]	As,eff (+) [cm ² /m]	As,eff (-) [cm ² /m]	Mrd (+) [KN.m/m]	Mrd (-) [KN.m/m]
1	0.143	0.4	-1.8	5.65	10.05	33.6	-57.6
2	0.230	-11.7	-16.9	5.65	10.05	55.0	-95.6
3	0.273	-25.5	-37.4	5.65	10.05	65.4	-114.2
4	0.340	-60.2	-134.7	5.65	20.11	82.0	-277.7
5*	0.393	-103.6	-253.1	5.65	20.11	95.0	-323.9
5*	0.393	-51.3	-187.5	5.65	20.11	95.0	-323.9
6	0.393	-38.6	-143.2	5.65	20.11	95.0	-323.9
7	0.315	-17.2	-73.3	5.65	20.11	75.9	-255.9
8	0.193	50.3	-13.0	11.31	10.05	88.7	-79.4
9	0.193	69.5	0.3	11.31	10.05	88.7	-79.4
10	0.193	50.3	-13.0	11.31	10.05	88.7	-79.4
11	0.315	-17.2	-73.3	5.65	20.11	75.9	-255.9
12	0.393	-38.6	-143.2	5.65	20.11	95.0	-323.9
13'	0.393	-51.3	-187.5	5.65	20.11	95.0	-323.9
13''	0.393	-103.6	-253.1	5.65	20.11	95.0	-323.9
14	0.340	-60.2	-134.7	5.65	20.11	82.0	-277.7
15	0.273	-25.5	-37.4	5.65	10.05	65.4	-114.2
16	0.230	-11.7	-16.9	5.65	10.05	55.0	-95.6
17	0.143	0.4	-1.8	5.65	10.05	33.6	-57.6

Fig. 3.1.1 - Envolvente de Momentos Flectores de Cálculo Actuantes e Resistentes na Direcção Transversal - Banzo Superior - Secção a 1/2 vão do tramo central (Alinhamento C)



Quadro 5.4
Envoltura de Momentos Factores de Cálculo Actuantes e Resistentes na Direcção Transversal - Banzo Superior - Secção a 1,5m do Pilar P2 (Alinhamento D)

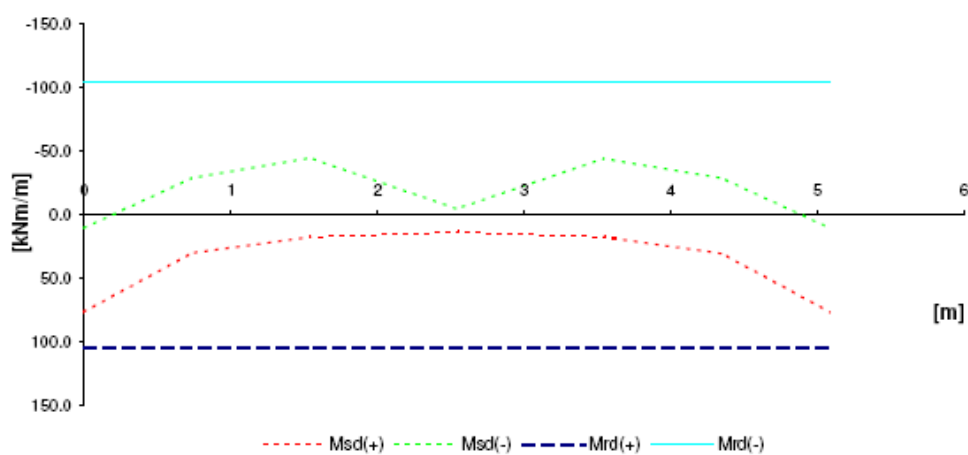
NÓ	d (m)	Msd (+) [KN.m]	Msd (-) [KN.m]	As,eff (+) [cm ² /m]	As,eff (-) [cm ² /m]	Mrd (+) [KN.m/m]	Mrd (-) [KN.m/m]
1	0.143	2.8	-0.5	5.65	10.05	33.6	-57.6
2	0.230	-8.8	-14.4	5.65	10.05	55.0	-95.6
3	0.273	-19.6	-34.6	5.65	10.05	65.4	-114.2
4	0.340	-48.5	-106.4	5.65	20.11	82.0	-277.7
5'	0.393	-91.5	-207.1	5.65	20.11	95.0	-323.9
5"	0.393	-22.4	-81.7	5.65	20.11	95.0	-323.9
6	0.393	-21.0	-53.1	5.65	20.11	95.0	-323.9
7	0.315	-0.8	-18.6	5.65	20.11	75.9	-255.9
8	0.193	12.9	-3.5	11.31	10.05	88.7	-79.4
9	0.193	14.3	1.1	11.31	10.05	88.7	-79.4
10	0.193	12.9	-3.5	11.31	10.05	88.7	-79.4
11	0.315	-0.8	-18.6	5.65	20.11	75.9	-255.9
12	0.393	-21.1	-53.1	5.65	20.11	95.0	-323.9
13'	0.393	-22.5	-81.7	5.65	20.11	95.0	-323.9
13"	0.393	-91.5	-207.1	5.65	20.11	95.0	-323.9
14	0.340	-48.5	-106.4	5.65	20.11	82.0	-277.7
15	0.273	-19.6	-34.6	5.65	10.05	65.4	-114.2
16	0.230	-8.9	-14.4	5.65	10.05	55.0	-95.6
17	0.143	2.8	-0.5	5.65	10.05	33.6	-57.6



Quadro 5.5
Envolve de Momentos Flectores de Cálculo Actuantes e Resistentes na Direcção Transversal - Banzo Inferior - Secção a 1,5m do Pilar P1 (Alinhamento A)

NÓ	d (m)	Msd (+) [KN.m]	Msd (-) [KN.m]	As,eff (+) [cm ² /m]	As,eff (-) [cm ² /m]	Mrd (+) [KN.m/m]	Mrd (-) [KN.m/m]
1	0.433	76.1	10.2	5.65	5.65	104.9	-104.9
2	0.433	29.9	-29.0	5.65	5.65	104.9	-104.9
3	0.433	16.9	-45.0	5.65	5.65	104.9	-104.9
4	0.433	13.3	-4.9	5.65	5.65	104.9	-104.9
5	0.433	17.2	-44.6	5.65	5.65	104.9	-104.9
6	0.433	30.4	-28.8	5.65	5.65	104.9	-104.9
7	0.433	76.6	10.2	5.65	5.65	104.9	-104.9

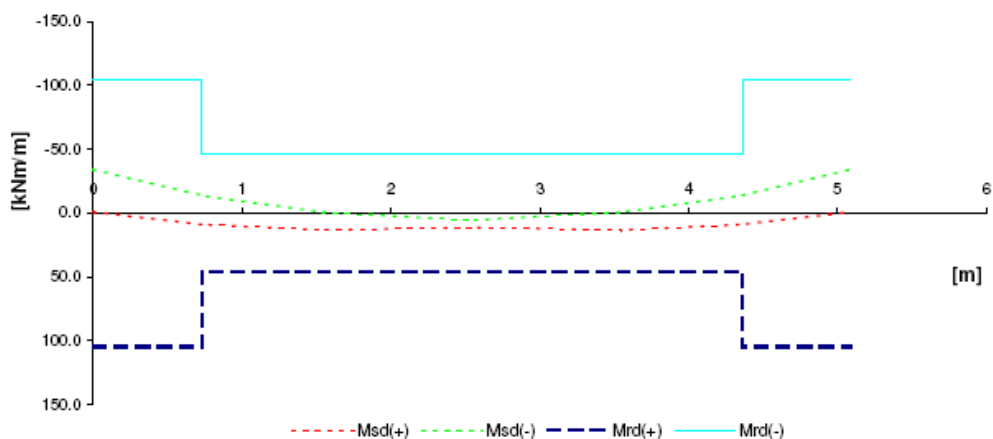
Envolve de Momentos Flectores de Cálculo Actuantes e Resistentes na Direcção Transversal - Banzo Inferior - Secção a 1,5m do Pilar P1 (Alinhamento A)



Quadro 5.6
 Envolvente de Momentos Flectores de Cálculo Actuantes e Resistentes na Direcção Transversal - Banzo Inferior - Secção a 1/4 de vão do tramo central (Alinhamento B)

NÓ	d (m)	Msd (+) [KN.m]	Msd (-) [KN.m]	As,eff (+) [cm ² /m]	As,eff (-) [cm ² /m]	Mrd (+) [KN.m/m]	Mrd (-) [KN.m/m]
1	0.433	-0.9	-34.1	5.65	5.65	104.9	-104.9
2	0.193	9.0	-13.8	5.65	5.65	45.9	-45.9
3	0.193	13.5	-0.5	5.65	5.65	45.9	-45.9
4	0.193	11.3	5.6	5.65	5.65	45.9	-45.9
5	0.193	13.5	-0.5	5.65	5.65	45.9	-45.9
6	0.193	9.0	-13.7	5.65	5.65	45.9	-45.9
7	0.433	-0.9	-34.0	5.65	5.65	104.9	-104.9

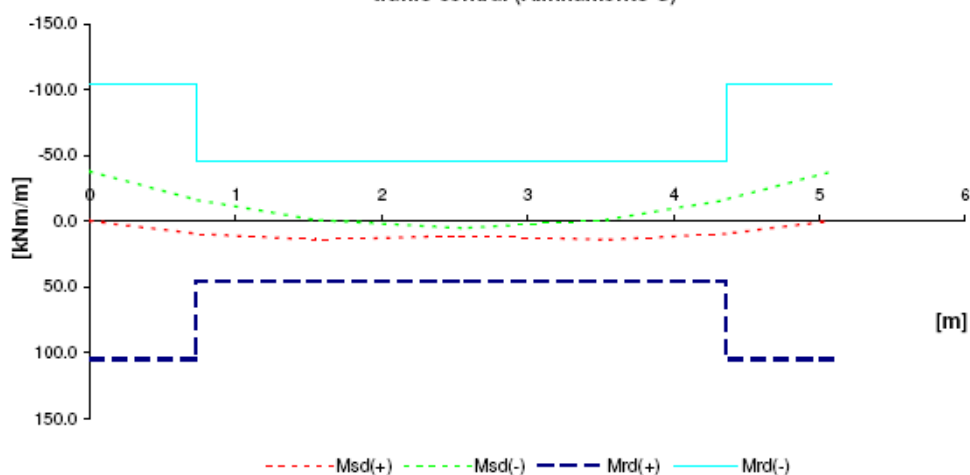
Envolvente de Momentos Flectores de Cálculo Actuantes e Resistentes na Direcção Transversal - Banzo Inferior - Secção a 1/4 de vão do tramo central (Alinhamento B)



Quadro 5.7
Envoltura de Momentos Flectores de Cálculo Actuantes e Resistentes na Direcção Transversal - Banzo Inferior - Secção a 1/2 vão do tramo central (Alinhamento C)

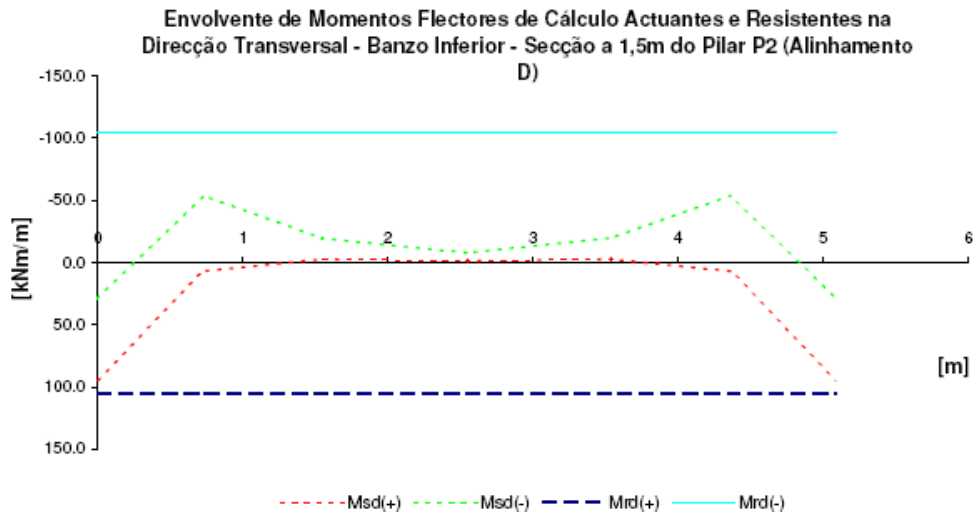
NÓ	d (m)	Msd (+) [KN.m]	Msd (-) [KN.m]	As,eff (+) [cm ² /m]	As,eff (-) [cm ² /m]	Mrd (+) [KN.m/m]	Mrd (-) [KN.m/m]
1	0.433	-0.3	-37.9	5.65	5.65	104.9	-104.9
2	0.193	9.5	-16.4	5.65	5.65	45.9	-45.9
3	0.193	14.0	-1.3	5.65	5.65	45.9	-45.9
4	0.193	11.1	5.3	5.65	5.65	45.9	-45.9
5	0.193	14.0	-1.3	5.65	5.65	45.9	-45.9
6	0.193	9.5	-16.4	5.65	5.65	45.9	-45.9
7	0.433	-0.3	-37.9	5.65	5.65	104.9	-104.9

Fig. 3.1.1 - Envoltura de Momentos Flectores de Cálculo Actuantes e Resistentes na Direcção Transversal - Banzo Inferior - Secção a 1/2 vão do tramo central (Alinhamento C)



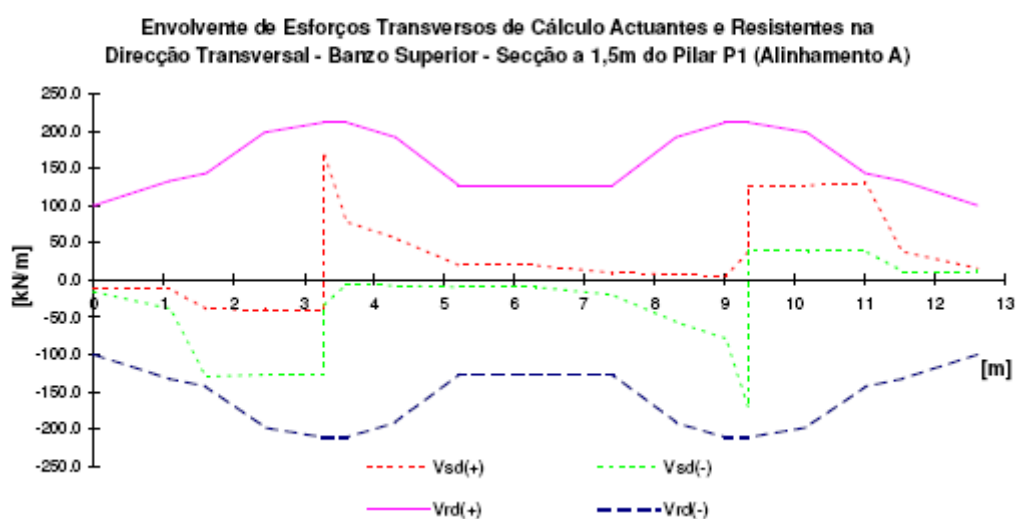
Quadro 5.8
Envoltório de Momentos Flectores de Cálculo Actuantes e Resistentes na Direcção Transversal - Banzo Inferior - Secção a 1,5m do Pilar P2 (Alinhamento D)

NÓ	d (m)	Msd (+) [KN.m]	Msd (-) [KN.m]	As,eff (+) [cm ² /m]	As,eff (-) [cm ² /m]	Mrd (+) [KN.m/m]	Mrd (-) [KN.m/m]
1	0.433	94.1	29.0	5.65	5.65	104.9	-104.9
2	0.433	7.0	-53.9	5.65	5.65	104.9	-104.9
3	0.433	-2.7	-19.7	5.65	5.65	104.9	-104.9
4	0.433	-1.4	-7.8	5.65	5.65	104.9	-104.9
5	0.433	-2.7	-19.7	5.65	5.65	104.9	-104.9
6	0.433	7.0	-53.9	5.65	5.65	104.9	-104.9
7	0.433	94.1	29.1	5.65	5.65	104.9	-104.9



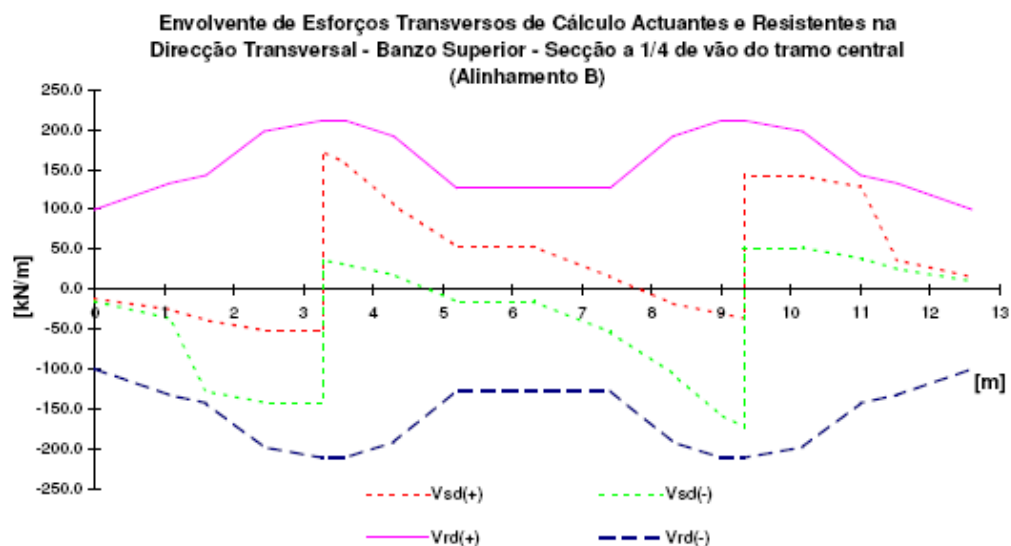
Quadro 5.9
Envoltório de Esforços Transversos de Cálculo Actuantes e Resistentes na Direcção Transversal - Banzo Superior - Secção a 1,5m do Pilar P1 (Alinhamento A)

NÓ	d (m)	Vsd (+) [KN/m]	Vsd (-) [KN/m]	Asw/s [cm ² /m ²]	Vrd (EC2) [KN/m]
1	0.14	-12.2	-15.5		99.8
2	0.23	-11.5	-38.4		132.4
3	0.27	-39.4	-129.8		142.8
4	0.34	-39.9	-126.9		198.0
5'	0.39	-39.9	-126.9		211.4
5*	0.39	170.9	-36.1		211.4
6	0.39	78.2	-5.1		211.4
7	0.32	56.5	-7.6		191.4
8	0.19	20.0	-9.3		126.8
9	0.19	20.0	-9.3		126.8
10	0.19	9.4	-19.8		126.8
11	0.32	7.8	-56.4		191.4
12	0.39	5.1	-78.1		211.4
13'	0.39	36.0	-170.8		211.4
13*	0.39	126.9	39.9		211.4
14	0.34	126.9	39.9		198.0
15	0.27	129.8	39.4		142.8
16	0.23	38.4	11.5		132.4
17	0.14	15.5	10.9		99.8



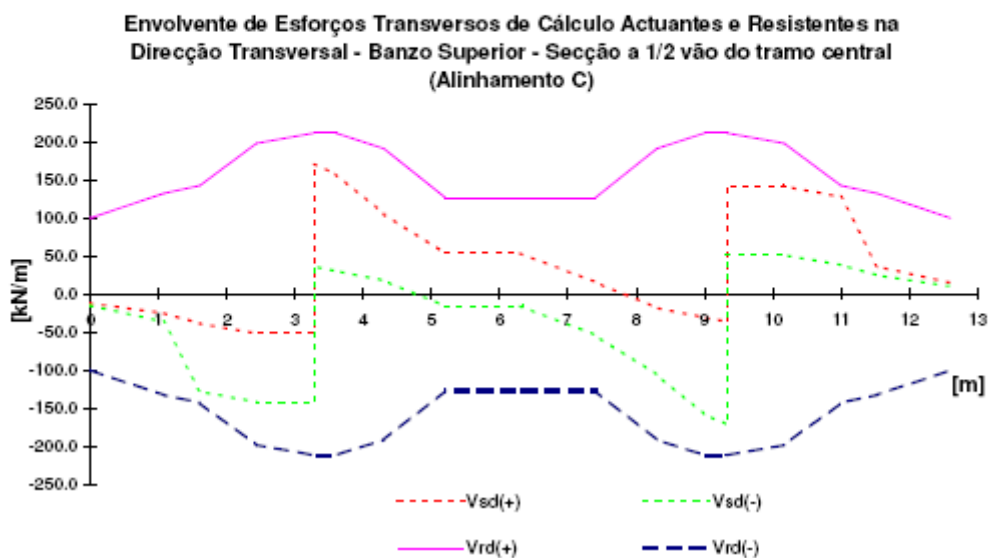
Quadro 5.10
Envolvente de Esforços Transversos de Cálculo Actuantes e Resistentes na Direcção Transversal - Banzo Superior - Secção a 1/4 vao do tramo central (Alinhamento B)

NÓ	d (m)	Vsd (+) [KN/m]	Vsd (-) [KN/m]	Asw/s [cm ² /m ²]	Vrd (EC2) [KN/m]
1	0.14	-11.9	-15.0		99.8
2	0.23	-25.2	-36.8		132.4
3	0.27	-38.6	-127.9		142.8
4	0.34	-51.8	-141.9		198.0
5'	0.39	-51.8	-141.9		211.4
5"	0.39	172.2	36.5		211.4
6	0.39	158.5	30.8		211.4
7	0.32	105.7	18.3		191.4
8	0.19	53.6	-15.4		126.8
9	0.19	53.6	-15.4		126.8
10	0.19	15.4	-53.5		126.8
11	0.32	-18.2	-105.6		191.4
12	0.39	-30.8	-158.4		211.4
13'	0.39	-36.5	-172.2		211.4
13"	0.39	141.9	51.8		211.4
14	0.34	141.9	51.8		198.0
15	0.27	127.9	38.6		142.8
16	0.23	36.8	25.2		132.4
17	0.14	15.0	10.1		99.8



Quadro 5.11
Envolvente de Esforços Transversos de Cálculo Actuantes e Resistentes na Direcção Transversal - Banzo Superior - Secção a 1/2 vão do tramo central (Alinhamento C)

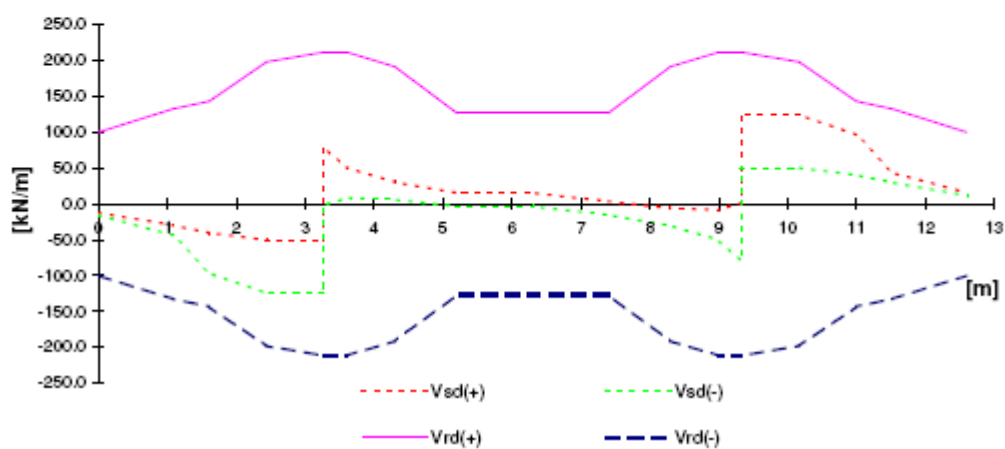
NÓ	d (m)	Vsd (+) [KN/m]	Vsd (-) [KN/m]	Asw/s [cm2/m2]	Vrd (EC2) [KN/m]
1	0.14	-11.9	-15.0		99.8
2	0.23	-25.1	-36.7		132.4
3	0.27	-38.5	-127.8		142.8
4	0.34	-51.6	-141.6		198.0
5'	0.39	-51.6	-141.6		211.4
5''	0.39	171.5	35.9		211.4
6	0.39	157.9	30.5		211.4
7	0.32	105.6	18.3		191.4
8	0.19	53.7	-15.9		126.8
9	0.19	53.7	-15.9		126.8
10	0.19	15.9	-53.6		126.8
11	0.32	-18.2	-105.6		191.4
12	0.39	-30.5	-157.9		211.4
13'	0.39	-35.9	-171.5		211.4
13''	0.39	141.6	51.6		211.4
14	0.34	141.6	51.6		198.0
15	0.27	127.8	38.5		142.8
16	0.23	36.7	25.1		132.4
17	0.14	15.0	10.1		99.8



Quadro 5.12
Envolvente de Esforços Transversos de Cálculo Actuantes e Resistentes na Direcção Transversal - Banzo Superior - Secção a 1,5m do Pilar P2 (Alinhamento D)

NÓ	d (m)	Vsd (+) [KN/m]	Vsd (-) [KN/m]	Asw/s [cm ² /m ²]	Vrd (EC2) [KN/m]
1	0.14	-12.2	-15.5		99.8
2	0.23	-29.4	-43.5		132.4
3	0.27	-40.1	-96.2		142.8
4	0.34	-50.5	-124.4		198.0
5'	0.39	-50.5	-124.4		211.4
5"	0.39	79.3	-1.8		211.4
6	0.39	50.2	8.2		211.4
7	0.32	30.0	6.0		191.4
8	0.19	15.4	-3.6		126.8
9	0.19	15.4	-3.6		126.8
10	0.19	3.6	-15.4		126.8
11	0.32	-6.1	-30.1		191.4
12	0.39	-8.2	-50.2		211.4
13'	0.39	1.8	-79.4		211.4
13"	0.39	124.4	50.5		211.4
14	0.34	124.4	50.5		198.0
15	0.27	96.1	40.1		142.8
16	0.23	43.5	29.4		132.4
17	0.14	15.5	12.0		99.8

Envolvente de Esforços Transversos de Cálculo Actuantes e Resistentes na Direcção Transversal - Banzo Superior - Secção a 1,5m do Pilar P2 (Alinhamento D)



Trabalho Final de Mestrado - Relatório de Estágio: "Construção de Viadutos através do método de Viga de Lançamento"

96	179	1.29	4.81	2.46	5.65	5.65	2.79	3.08	2.46	5.65	5.65	Verifica
97	181	1.29	4.81	2.28	5.65	5.65	2.79	3.08	2.28	5.65	5.65	Verifica
98	183	1.82	0.63	2.22	5.65	5.65	1.65	3.08	2.22	5.65	5.65	Verifica
99	185	1.82	0.63	2.18	5.65	5.65	1.65	3.08	2.18	5.65	5.65	Verifica
100	187	1.82	0.63	2.15	5.65	5.65	1.65	3.08	2.15	5.65	5.65	Verifica
101	189	1.82	0.63	2.12	5.65	5.65	1.65	3.08	2.12	5.65	5.65	Verifica
102	191	1.82	0.63	2.10	5.65	5.65	1.65	3.08	2.10	5.65	5.65	Verifica
103	193	1.87	0.20	2.08	5.65	5.65	1.77	1.76	2.08	5.65	5.65	Verifica
104	195	1.87	0.20	2.06	5.65	5.65	1.77	1.76	2.06	5.65	5.65	Verifica
105	197	1.87	0.20	2.05	5.65	5.65	1.77	1.76	2.05	5.65	5.65	Verifica
106	199	1.87	0.20	2.05	5.65	5.65	1.77	1.76	2.05	5.65	5.65	Verifica
107	201	1.87	0.20	2.05	5.65	5.65	1.77	1.76	2.05	5.65	5.65	Verifica
108	203	1.87	0.20	2.05	5.65	5.65	1.77	1.76	2.05	5.65	5.65	Verifica
109	205	1.87	0.20	2.06	5.65	5.65	1.77	1.76	2.06	5.65	5.65	Verifica
110	207	1.87	0.20	2.07	5.65	5.65	1.77	1.76	2.07	5.65	5.65	Verifica
111	209	1.87	0.20	2.09	5.65	5.65	1.77	1.76	2.09	5.65	5.65	Verifica
112	211	1.87	0.20	2.12	5.65	5.65	1.77	1.76	2.12	5.65	5.65	Verifica
113	213	1.87	0.20	2.15	5.65	5.65	1.77	1.76	2.15	5.65	5.65	Verifica
114	215	1.87	0.20	2.18	5.65	5.65	1.77	1.76	2.18	5.65	5.65	Verifica
115	217	1.87	0.20	2.22	5.65	5.65	1.77	1.76	2.22	5.65	5.65	Verifica
116	219	1.82	0.63	2.26	5.65	5.65	1.65	3.08	2.26	5.65	5.65	Verifica
117	221	1.82	0.63	2.31	5.65	5.65	1.65	3.08	2.31	5.65	5.65	Verifica
118	223	1.82	0.63	2.36	5.65	5.65	1.65	3.08	2.36	5.65	5.65	Verifica
119	225	1.82	0.63	2.41	5.65	5.65	1.65	3.08	2.41	5.65	5.65	Verifica
120	227	1.82	0.63	2.47	5.65	5.65	1.65	3.08	2.47	5.65	5.65	Verifica
121	229	1.29	4.81	2.53	5.65	5.65	2.79	3.08	2.53	5.65	5.65	Verifica

Trabalho Final de Mestrado - Relatório de Estágio: "Construção de Viadutos através do método de Viga de Lançamento"

Quadro 5.14

Interação dos esforços de flexão transversal e de torção - Verificação das Armaduras do banzo superior

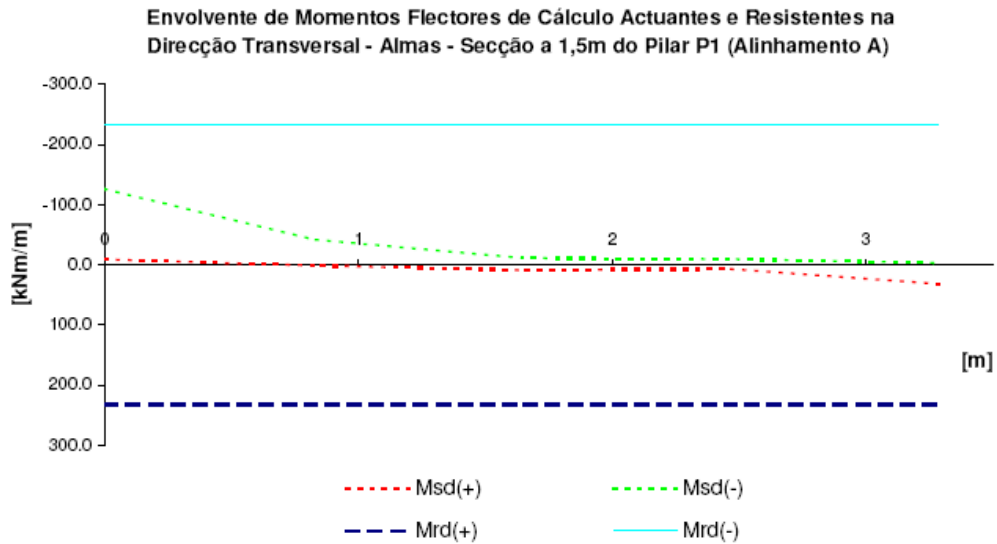
SECÇÃO	x [m]	Banzo Superior										Verifica
		Junto às almas					Entre as almas					
		As,sup Flexão	As,inf Flexão	A _s /s Torção	A _s /s,sup [cm ² /m]	A _s /s,inf [cm ² /m]	As,sup Flexão	As,inf Flexão	A _s /s Torção	A _s /s,sup [cm ² /m]	A _s /s,inf [cm ² /m]	
1	0	15,80	2,79	5,23	20,10	5,65	5,41	8,98	5,23	10,05	11,30	Verifica
2	2	15,80	2,79	5,17	20,10	5,65	5,41	8,98	5,17	10,05	11,30	Verifica
3	4	15,80	2,79	5,11	20,10	5,65	5,41	8,98	5,11	10,05	11,30	Verifica
4	6	15,80	2,79	5,05	20,10	5,65	5,41	8,98	5,05	10,05	11,30	Verifica
5	8	15,80	2,79	5,00	20,10	5,65	5,41	8,98	5,00	10,05	11,30	Verifica
6	10	15,80	2,79	4,95	20,10	5,65	5,41	8,98	4,95	10,05	11,30	Verifica
7	12	15,80	2,79	4,91	20,10	5,65	5,41	8,98	4,91	10,05	11,30	Verifica
8	14	15,80	2,79	4,86	20,10	5,65	5,41	8,98	4,86	10,05	11,30	Verifica
9	16	15,80	3,31	4,82	20,10	5,65	5,41	8,98	4,82	10,05	11,30	Verifica
10	18	15,80	3,31	4,79	20,10	5,65	5,41	8,98	4,79	10,05	11,30	Verifica
11	20	15,80	3,31	4,76	20,10	5,65	5,41	8,98	4,76	10,05	11,30	Verifica
12	22	15,80	3,31	4,73	20,10	5,65	5,41	8,98	4,73	10,05	11,30	Verifica
13	24	15,80	3,31	4,70	20,10	5,65	5,41	8,98	4,70	10,05	11,30	Verifica
14	26	15,80	3,31	4,67	20,10	5,65	5,41	8,98	4,67	10,05	11,30	Verifica
15	28	15,80	3,31	4,65	20,10	5,65	5,41	8,98	4,65	10,05	11,30	Verifica
16	30	15,80	3,31	4,63	20,10	5,65	5,41	8,98	4,63	10,05	11,30	Verifica
17	32	15,80	3,31	4,61	20,10	5,65	5,41	8,98	4,61	10,05	11,30	Verifica
18	34	15,80	3,31	4,60	20,10	5,65	5,41	8,98	4,60	10,05	11,30	Verifica
19	36	15,80	3,31	4,59	20,10	5,65	5,41	8,98	4,59	10,05	11,30	Verifica
20	38	15,80	3,31	4,58	20,10	5,65	5,41	8,98	4,58	10,05	11,30	Verifica
21	40,5	15,80	0,00	4,58	20,10	5,65	5,41	8,98	4,58	10,05	11,30	Verifica
22	43	15,80	0,00	4,58	20,10	5,65	5,41	8,98	4,58	10,05	11,30	Verifica
23	45	15,80	0,00	4,58	20,10	5,65	5,41	8,98	4,58	10,05	11,30	Verifica
24	47	15,80	0,00	4,59	20,10	5,65	5,41	8,98	4,59	10,05	11,30	Verifica
25	49	15,45	0,46	4,60	20,10	5,65	5,00	8,50	4,60	10,05	11,30	Verifica
26	51	15,45	0,46	4,86	20,10	5,65	5,00	8,50	4,86	10,05	11,30	Verifica
27	53	15,45	0,46	4,88	20,10	5,65	5,00	8,50	4,88	10,05	11,30	Verifica
28	54	15,45	0,46	6,28	20,10	5,65	5,00	8,50	6,28	10,05	11,30	Verifica
29	55	15,45	0,46	6,30	20,10	5,65	5,00	8,50	6,30	10,05	11,30	Verifica
29	55	15,45	0,46	4,90	20,10	5,65	5,00	8,50	4,90	10,05	11,30	Verifica
30	56	15,45	0,46	4,84	20,10	5,65	5,00	8,50	4,84	10,05	11,30	Verifica
31	57	15,45	0,46	3,73	20,10	5,65	5,00	8,50	3,73	10,05	11,30	Verifica
32	59	15,45	0,46	3,66	20,10	5,65	5,00	8,50	3,66	10,05	11,30	Verifica
33	61	15,45	0,46	3,41	20,10	5,65	5,00	8,50	3,41	10,05	11,30	Verifica
34	63	15,80	0,00	3,36	20,10	5,65	5,41	8,98	3,36	10,05	11,30	Verifica
35	65	15,80	0,00	3,32	20,10	5,65	5,41	8,98	3,32	10,05	11,30	Verifica
36	67	15,80	0,00	3,27	20,10	5,65	5,41	8,98	3,27	10,05	11,30	Verifica
37	69	15,80	0,00	3,23	20,10	5,65	5,41	8,98	3,23	10,05	11,30	Verifica
38	71	15,80	0,00	3,20	20,10	5,65	5,41	8,98	3,20	10,05	11,30	Verifica
39	73	15,85	0,00	3,16	20,10	5,65	5,41	8,98	3,16	10,05	11,30	Verifica
40	75	15,85	0,00	3,13	20,10	5,65	5,41	8,98	3,13	10,05	11,30	Verifica
41	77	15,85	0,00	3,10	20,10	5,65	5,41	8,98	3,10	10,05	11,30	Verifica
42	79	15,85	0,00	3,08	20,10	5,65	5,41	8,98	3,08	10,05	11,30	Verifica
43	81	15,85	0,00	3,05	20,10	5,65	5,41	8,98	3,05	10,05	11,30	Verifica
44	83	15,85	0,00	3,03	20,10	5,65	5,41	8,98	3,03	10,05	11,30	Verifica
45	85	15,85	0,00	3,01	20,10	5,65	5,41	8,98	3,01	10,05	11,30	Verifica
46	87	15,85	0,00	3,00	20,10	5,65	5,41	8,98	3,00	10,05	11,30	Verifica
47	89	15,85	0,00	2,98	20,10	5,65	5,41	8,98	2,98	10,05	11,30	Verifica
48	91	15,85	0,00	2,97	20,10	5,65	5,41	8,98	2,97	10,05	11,30	Verifica
49	93	15,85	0,00	2,97	20,10	5,65	5,41	8,98	2,97	10,05	11,30	Verifica
50	95	15,85	0,00	2,96	20,10	5,65	5,41	8,98	2,96	10,05	11,30	Verifica
51	97	15,85	0,00	2,97	20,10	5,65	5,41	8,98	2,97	10,05	11,30	Verifica
52	99	15,80	0,00	2,99	20,10	5,65	5,41	8,98	2,99	10,05	11,30	Verifica
53	101	15,80	0,00	3,01	20,10	5,65	5,41	8,98	3,01	10,05	11,30	Verifica
54	103	15,80	0,00	3,04	20,10	5,65	5,41	8,98	3,04	10,05	11,30	Verifica
55	105	15,80	0,00	3,08	20,10	5,65	5,41	8,98	3,08	10,05	11,30	Verifica
56	107	15,80	0,00	3,12	20,10	5,65	5,41	8,98	3,12	10,05	11,30	Verifica
57	109	15,46	0,00	3,17	20,10	5,65	4,94	8,38	3,17	10,05	11,30	Verifica
58	111	15,46	0,00	3,40	20,10	5,65	4,94	8,38	3,40	10,05	11,30	Verifica
59	113	15,46	0,00	3,47	20,10	5,65	4,94	8,38	3,47	10,05	11,30	Verifica
60	113,7	15,46	0,00	4,49	20,10	5,65	4,94	8,38	4,49	10,05	11,30	Verifica
61E	115	15,46	0,00	4,54	20,10	5,65	4,94	8,38	4,54	10,05	11,30	Verifica
61D	115	15,46	0,00	3,81	20,10	5,65	4,94	8,38	3,81	10,05	11,30	Verifica
62	116,3	15,46	0,00	3,74	20,10	5,65	4,94	8,38	3,74	10,05	11,30	Verifica
63	117	15,46	0,00	2,89	20,10	5,65	4,94	8,38	2,89	10,05	11,30	Verifica
64	119	15,46	0,00	2,82	20,10	5,65	4,94	8,38	2,82	10,05	11,30	Verifica
65	121	15,46	0,00	2,62	20,10	5,65	4,94	8,38	2,62	10,05	11,30	Verifica
66	123	15,80	0,00	2,56	20,10	5,65	5,41	8,98	2,56	10,05	11,30	Verifica
67	125	15,80	0,00	2,50	20,10	5,65	5,41	8,98	2,50	10,05	11,30	Verifica
68	127	15,80	0,00	2,44	20,10	5,65	5,41	8,98	2,44	10,05	11,30	Verifica
69	129	15,80	0,00	2,39	20,10	5,65	5,41	8,98	2,39	10,05	11,30	Verifica
70	131	15,80	0,00	2,34	20,10	5,65	5,41	8,98	2,34	10,05	11,30	Verifica

Trabalho Final de Mestrado - Relatório de Estágio: "Construção de Viadutos através do método de Viga de Lançamento"

71	133	15,85	0,00	2,30	20,10	5,65	5,41	8,98	2,30	10,05	11,30	Verifica
72	135	15,85	0,00	2,26	20,10	5,65	5,41	8,98	2,26	10,05	11,30	Verifica
73	137	15,85	0,00	2,23	20,10	5,65	5,41	8,98	2,23	10,05	11,30	Verifica
74	139	15,85	0,00	2,20	20,10	5,65	5,41	8,98	2,20	10,05	11,30	Verifica
75	141	15,85	0,00	2,18	20,10	5,65	5,41	8,98	2,18	10,05	11,30	Verifica
76	143	15,85	0,00	2,16	20,10	5,65	5,41	8,98	2,16	10,05	11,30	Verifica
77	145	15,85	0,00	2,15	20,10	5,65	5,41	8,98	2,15	10,05	11,30	Verifica
78	147	15,85	0,00	2,14	20,10	5,65	5,41	8,98	2,14	10,05	11,30	Verifica
79	149	15,85	0,00	2,13	20,10	5,65	5,41	8,98	2,13	10,05	11,30	Verifica
80	151	15,85	0,00	2,13	20,10	5,65	5,41	8,98	2,13	10,05	11,30	Verifica
81	153	15,85	0,00	2,14	20,10	5,65	5,41	8,98	2,14	10,05	11,30	Verifica
82	155	15,85	0,00	2,15	20,10	5,65	5,41	8,98	2,15	10,05	11,30	Verifica
83	157	15,85	0,00	2,16	20,10	5,65	5,41	8,98	2,16	10,05	11,30	Verifica
84	159	15,80	0,00	2,18	20,10	5,65	5,41	8,98	2,18	10,05	11,30	Verifica
85	161	15,80	0,00	2,20	20,10	5,65	5,41	8,98	2,20	10,05	11,30	Verifica
86	163	15,80	0,00	2,23	20,10	5,65	5,41	8,98	2,23	10,05	11,30	Verifica
87	165	15,80	0,00	2,26	20,10	5,65	5,41	8,98	2,26	10,05	11,30	Verifica
88	167	15,80	0,00	2,30	20,10	5,65	5,41	8,98	2,30	10,05	11,30	Verifica
89	169	15,46	0,00	2,36	20,10	5,65	4,94	8,38	2,36	10,05	11,30	Verifica
90	171	15,46	0,00	2,54	20,10	5,65	4,94	8,38	2,54	10,05	11,30	Verifica
91	173	15,46	0,00	2,61	20,10	5,65	4,94	8,38	2,61	10,05	11,30	Verifica
92	173,7	15,46	0,00	3,38	20,10	5,65	4,94	8,38	3,38	10,05	11,30	Verifica
93E	175	15,46	0,00	3,43	20,10	5,65	4,94	8,38	3,43	10,05	11,30	Verifica
93D	175	15,46	0,00	3,32	20,10	5,65	4,94	8,38	3,32	10,05	11,30	Verifica
94	176,3	15,46	0,00	3,27	20,10	5,65	4,94	8,38	3,27	10,05	11,30	Verifica
95	177	15,46	0,00	2,52	20,10	5,65	4,94	8,38	2,52	10,05	11,30	Verifica
96	179	15,46	0,00	2,46	20,10	5,65	4,94	8,38	2,46	10,05	11,30	Verifica
97	181	15,46	0,00	2,28	20,10	5,65	4,94	8,38	2,28	10,05	11,30	Verifica
98	183	15,80	0,00	2,22	20,10	5,65	5,41	8,98	2,22	10,05	11,30	Verifica
99	185	15,80	0,00	2,18	20,10	5,65	5,41	8,98	2,18	10,05	11,30	Verifica
100	187	15,80	0,00	2,15	20,10	5,65	5,41	8,98	2,15	10,05	11,30	Verifica
101	189	15,80	0,00	2,12	20,10	5,65	5,41	8,98	2,12	10,05	11,30	Verifica
102	191	15,80	0,00	2,10	20,10	5,65	5,41	8,98	2,10	10,05	11,30	Verifica
103	193	15,85	0,00	2,08	20,10	5,65	5,41	8,98	2,08	10,05	11,30	Verifica
104	195	15,85	0,00	2,06	20,10	5,65	5,41	8,98	2,06	10,05	11,30	Verifica
105	197	15,85	0,00	2,05	20,10	5,65	5,41	8,98	2,05	10,05	11,30	Verifica
106	199	15,85	0,00	2,05	20,10	5,65	5,41	8,98	2,05	10,05	11,30	Verifica
107	201	15,85	0,00	2,05	20,10	5,65	5,41	8,98	2,05	10,05	11,30	Verifica
108	203	15,85	0,00	2,05	20,10	5,65	5,41	8,98	2,05	10,05	11,30	Verifica
109	205	15,85	0,00	2,06	20,10	5,65	5,41	8,98	2,06	10,05	11,30	Verifica
110	207	15,85	0,00	2,07	20,10	5,65	5,41	8,98	2,07	10,05	11,30	Verifica
111	209	15,85	0,00	2,09	20,10	5,65	5,41	8,98	2,09	10,05	11,30	Verifica
112	211	15,85	0,00	2,12	20,10	5,65	5,41	8,98	2,12	10,05	11,30	Verifica
113	213	15,85	0,00	2,15	20,10	5,65	5,41	8,98	2,15	10,05	11,30	Verifica
114	215	15,85	0,00	2,18	20,10	5,65	5,41	8,98	2,18	10,05	11,30	Verifica
115	217	15,85	0,00	2,22	20,10	5,65	5,41	8,98	2,22	10,05	11,30	Verifica
116	219	15,80	0,00	2,26	20,10	5,65	5,41	8,98	2,26	10,05	11,30	Verifica
117	221	15,80	0,00	2,31	20,10	5,65	5,41	8,98	2,31	10,05	11,30	Verifica
118	223	15,80	0,00	2,36	20,10	5,65	5,41	8,98	2,36	10,05	11,30	Verifica
119	225	15,80	0,00	2,41	20,10	5,65	5,41	8,98	2,41	10,05	11,30	Verifica
120	227	15,80	0,00	2,47	20,10	5,65	5,41	8,98	2,47	10,05	11,30	Verifica
121	229	15,46	0,00	2,53	20,10	5,65	4,94	8,38	2,53	10,05	11,30	Verifica

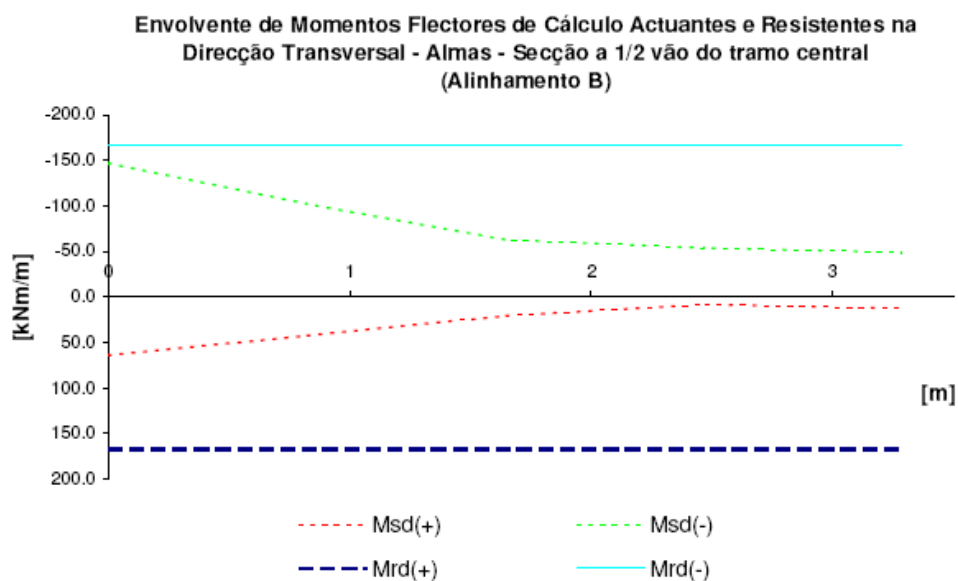
Quadro 5.15
Envolve de Momentos Flectores de Cálculo Actuantes e Resistentes na Direcção Transversal - Almas - Secção a 1,5m do Pilar P1 (Alinhamento A)

NÓ	d (m)	Msd (+) [KN.m]	Msd (-) [KN.m]	As,eff (+) [cm ² /m]	As,eff (-) [cm ² /m]	Mrd (+) [KN.m/m]	Mrd (-) [KN.m/m]
1	0.543	-9.1	-126.2	10.05	10.05	232.4	-232.4
2	0.543	0.8	-42.4	10.05	10.05	232.4	-232.4
3	0.543	8.5	-11.7	10.05	10.05	232.4	-232.4
4	0.543	6.9	-9.5	10.05	10.05	232.4	-232.4
5	0.543	31.7	-3.5	10.05	10.05	232.4	-232.4



Quadro 5.16
Envolvente de Momentos Flectores de Cálculo Actuantes e Resistentes na Direcção Transversal - Almas - Secção a 1/2 vão do tramo central (Alinhamento B)

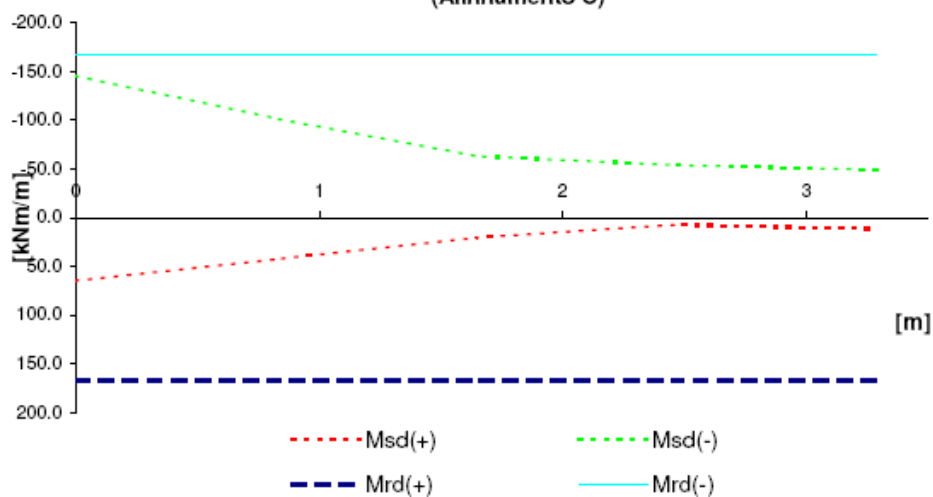
NÓ	d (m)	Msd (+) [KN.m]	Msd (-) [KN.m]	As,eff (+) [cm ² /m]	As,eff (-) [cm ² /m]	Mrd (+) [KN.m/m]	Mrd (-) [KN.m/m]
1	0.393	63.8	-147.5	10.05	10.05	166.8	-166.8
2	0.393	42.1	-103.0	10.05	10.05	166.8	-166.8
3	0.393	20.4	-63.5	10.05	10.05	166.8	-166.8
4	0.393	7.7	-54.3	10.05	10.05	166.8	-166.8
5	0.393	12.2	-49.3	10.05	10.05	166.8	-166.8



Quadro 5.17
Envoltura de Momentos Flectores de Cálculo Actuantes e Resistentes na Direcção Transversal - Almas - Secção a 1/4 vão do tramo central (Alinhamento C)

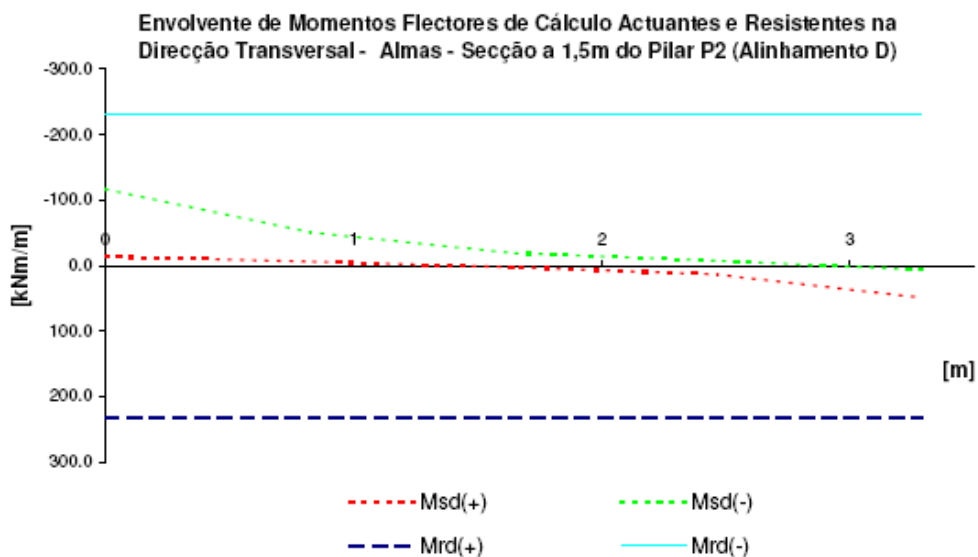
NÓ	d (m)	Msd (+) [KN.m]	Msd (-) [KN.m]	As,eff (+) [cm ² /m]	As,eff (-) [cm ² /m]	Mrd (+) [KN.m/m]	Mrd (-) [KN.m/m]
1	0.393	64.8	-145.7	10.05	10.05	166.8	-166.8
2	0.393	42.6	-102.1	10.05	10.05	166.8	-166.8
3	0.393	20.5	-63.4	10.05	10.05	166.8	-166.8
4	0.393	6.9	-54.1	10.05	10.05	166.8	-166.8
5	0.393	11.4	-49.2	10.05	10.05	166.8	-166.8

Envoltura de Momentos Flectores de Cálculo Actuantes e Resistentes na Direcção Transversal - Almas - Secção a 1/2 vão do tramo central (Alinhamento C)



Quadro 5.18
Envolvente de Momentos Flectores de Cálculo Actuantes e Resistentes na Direcção Transversal - Almas - Secção a 1,5m do Pilar P2 (Alinhamento D)

NÓ	d (m)	Msd (+) [KN.m]	Msd (-) [KN.m]	As,eff (+) [cm ² /m]	As,eff (-) [cm ² /m]	Mrd (+) [KN.m/m]	Mrd (-) [KN.m/m]
1	0.543	-13.9	-117.2	10.05	10.05	232.4	-232.4
2	0.543	-6.2	-51.0	10.05	10.05	232.4	-232.4
3	0.543	2.2	-19.1	10.05	10.05	232.4	-232.4
4	0.543	13.7	-7.7	10.05	10.05	232.4	-232.4
5	0.543	48.9	6.1	10.05	10.05	232.4	-232.4



Quadro 5.22

Interação do esforço transversal com a torção – Esforços de cálculo (por alma) e propriedades geométricas da secção do caixão

SECÇÃO	x [m]	Esforços Actuantes			Propriedades geométricas					
		V _{sd} [kN]	T _{sd} [kN.m]	N _{PREESF} [kN]	h [m]	d [m]	b _w [m]	h _{ef} (m)	A _{ef} (m ²)	U _{ef} (m)
1	0	2696	14019	0	3.50	3.40	0.40	0.40	17.78	17.24
2	2	2301	13852	26359	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
3	4	2520	13694	30080	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
4	6	2273	13541	30313	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
5	8	2030	13400	30562	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
6	10	1792	13268	30817	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
7	12	1557	13146	31071	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
8	14	1320	13032	31311	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
9	16	1104	12926	31395	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
10	18	890	12830	31340	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
11	20	675	12743	31250	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
12	22	461	12664	31124	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
13	24	592	12594	30952	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
14	26	827	12523	30766	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
15	28	1050	12460	30578	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
16	30	1273	12406	30355	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
17	32	1500	12360	30106	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
18	34	1728	12325	29837	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
19	36	1891	12297	29551	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
20	38	2034	12278	29281	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
21	40.5	3537	12267	28972	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
22	43	3204	12270	36437	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
23	45	1985	12282	41332	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
24	47	2090	12302	41551	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
25	49	2939	12331	34046	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
26	51	3496	12368	34232	3.50	3.40	0.50	0.50	16.89	16.81
27	53	5970	12414	34549	3.50	3.40	0.50	0.50	16.89	16.81
28	54	6179	12439	35290	3.50	3.40	1.20	1.20	13.14	15.04
29	55	2788	12467	31715	3.50	3.40	1.20	1.20	13.14	15.04
29	55	7142	9695	31715	3.50	3.40	1.20	1.20	13.14	15.04
30	56	6932	9587	30815	3.50	3.40	1.20	1.20	13.14	15.04
31	57	4648	9494	30451	3.50	3.40	0.50	0.50	16.89	16.81
32	59	3663	9316	29874	3.50	3.40	0.50	0.50	16.89	16.81
33	61	2538	9150	29588	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
34	63	2460	9008	33286	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
35	65	2450	8885	33116	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
36	67	2473	8769	32993	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
37	69	2741	8662	24942	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
38	71	1832	8562	24845	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
39	73	1624	8470	24759	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
40	75	1414	8386	24679	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
41	77	1204	8310	24599	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
42	79	993	8241	24514	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
43	81	781	8181	24418	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
44	83	568	8128	24285	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
45	85	523	8076	24131	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
46	87	729	8032	23998	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
47	89	949	7996	23838	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
48	91	1172	7968	23634	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
49	93	1401	7948	23414	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
50	95	1618	7935	23163	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
51	97	1791	7956	22913	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
52	99	1968	8010	22674	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
53	101	3661	8077	22454	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
54	103	3394	8158	30060	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
55	105	1529	8251	37337	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
56	107	2271	8357	37567	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
57	109	2879	8504	30337	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
58	111	3814	8663	30680	3.50	3.40	0.50	0.50	16.89	16.81
59	113	6916	8833	31258	3.50	3.40	0.50	0.50	16.89	16.81
60	113.7	7062	8896	31908	3.50	3.40	1.20	1.20	13.14	15.04
61E	115	5737	8994	31908	3.50	3.40	1.20	1.20	13.14	15.04
61D	115	6785	7542	31863	3.50	3.40	1.20	1.20	13.14	15.04
62	116.3	6715	7405	30886	3.50	3.40	1.20	1.20	13.14	15.04
63	117	4509	7342	30627	3.50	3.40	0.50	0.50	16.89	16.81
64	119	3751	7169	30016	3.50	3.40	0.50	0.50	16.89	16.81
65	121	2627	7008	29682	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
66	123	2550	6859	33294	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
67	125	2539	6694	33086	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
68	127	2444	6543	32936	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
69	129	2712	6404	24823	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
70	131	1920	6278	24715	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
71	133	1711	6165	24624	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24

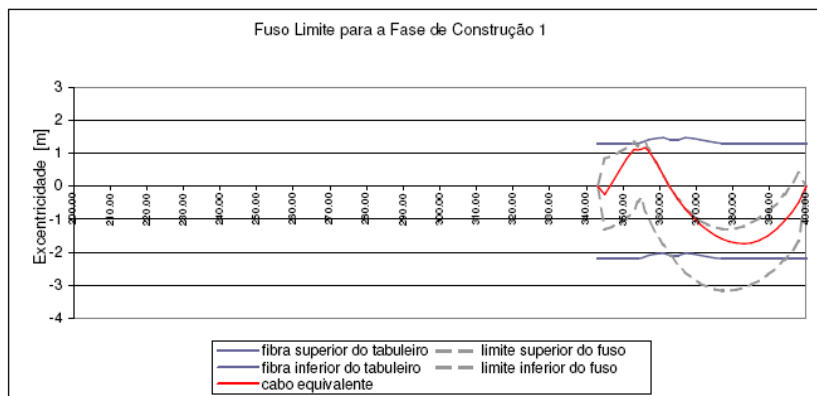
Trabalho Final de Mestrado - Relatório de Estágio: "Construção de Viadutos através do método de Viga de Lançamento"

72	135	1501	6064	24543	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
73	137	1294	5977	24467	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
74	139	1103	5902	24389	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
75	141	912	5840	24304	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
76	143	718	5791	24183	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
77	145	512	5752	24045	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
78	147	642	5726	23927	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
79	149	879	5713	23783	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
80	151	1119	5712	23596	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
81	153	1364	5725	23391	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
82	155	1588	5750	23155	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
83	157	1761	5788	22918	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
84	159	1937	5839	22688	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
85	161	3842	5903	22475	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
86	163	3575	5980	30072	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
87	165	1497	6069	37338	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
88	167	2445	6171	37552	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
89	169	2847	6316	30301	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
90	171	3783	6472	30624	3.50	3.40	0.50	0.50	16.89	16.81
91	173	6738	6641	31183	3.50	3.40	0.50	0.50	16.89	16.81
92	173.7	6884	6702	31846	3.50	3.40	1.20	1.20	13.14	15.04
93E	175	5674	6798	31846	3.50	3.40	1.20	1.20	13.14	15.04
93D	175	6714	6576	31846	3.50	3.40	1.20	1.20	13.14	15.04
94	176.3	6645	6480	30864	3.50	3.40	1.20	1.20	13.14	15.04
95	177	4490	6419	30606	3.50	3.40	0.50	0.50	16.89	16.81
96	179	3732	6252	29998	3.50	3.40	0.50	0.50	16.89	16.81
97	181	2609	6096	29669	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
98	183	2531	5952	33293	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
99	185	2520	5851	33091	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
100	187	2405	5761	32946	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
101	189	2672	5685	24847	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
102	191	1901	5620	24743	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
103	193	1692	5569	24656	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
104	195	1482	5530	24580	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
105	197	1271	5504	24507	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
106	199	1059	5487	24432	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
107	201	846	5486	24349	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
108	203	648	5497	24230	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
109	205	441	5522	24093	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
110	207	597	5560	23975	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
111	209	834	5610	23832	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
112	211	1074	5672	23643	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
113	213	1319	5751	23438	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
114	215	1543	5839	23199	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
115	217	1716	5939	22959	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
116	219	1892	6052	22725	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
117	221	3785	6178	22506	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
118	223	3517	6317	30085	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
119	225	1452	6467	37339	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
120	227	2388	6631	37542	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24
121	229	2802	6775	30279	3.50	3.40	0.35	0.35	17.78	17.24

Secções	x [m]	Fuso		Cabo Equivalente [m]
		Limite Inferior [m]	Limite Superior [m]	
182	343.00	0.00	0.00	0.00
183	345.00	-1.31	0.83	-0.26
184	347.00	-1.24	0.91	0.11
185	349.00	-1.12	1.03	0.47
186	351.00	-0.97	1.17	0.84
187	353.00	-0.78	1.34	1.11
188	354.00	-0.47	1.21	1.10
189	355.00	-0.35	1.32	1.12
190	356.00	-0.78	1.33	1.17
191	357.00	-1.01	1.13	1.07
192	359.00	-1.44	0.71	0.73
193	361.00	-1.79	0.29	0.32
194	363.00	-2.11	-0.09	-0.08
195	365.00	-2.38	-0.41	-0.41
196	367.00	-2.61	-0.66	-0.69
197	369.00	-2.79	-0.87	-0.94
198	371.00	-2.94	-1.04	-1.15
199	373.00	-3.05	-1.16	-1.34
200	375.00	-3.13	-1.25	-1.48
201	377.00	-3.17	-1.30	-1.60
202	379.00	-3.17	-1.31	-1.68
203	381.00	-3.15	-1.28	-1.73
204	383.00	-3.08	-1.22	-1.75
205	385.00	-2.99	-1.11	-1.72
206	387.00	-2.87	-0.98	-1.66
207	389.50	-2.69	-0.78	-1.51
208	392.00	-2.46	-0.51	-1.29
209	394.00	-2.24	-0.25	-1.07
210	396.00	-1.98	0.05	-0.80
211	398.00	-1.68	0.40	-0.49
212	400.00	0.00	0.00	0.00

Verificação do estado limite de descompressão
Fase de Construção 1 - Fuso Limite

Quadro 5.29

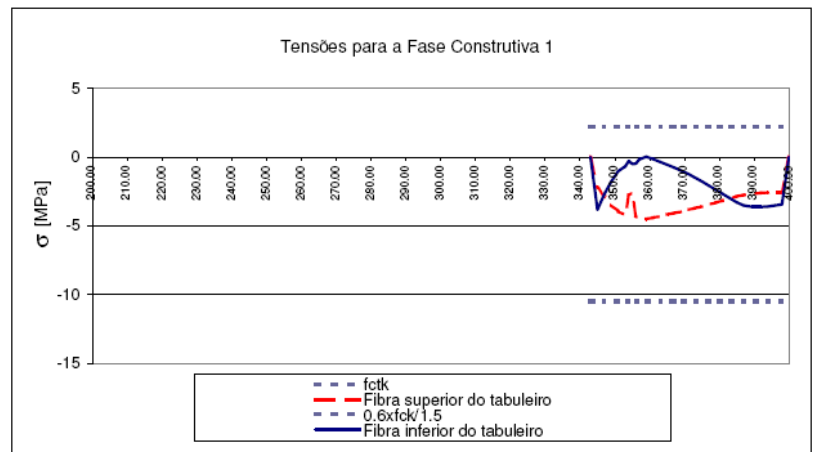


Secções	x [m]	Tensão para a Fase Construtiva 1			
		Tensões Máximas		Tensões Mínimas	
		$\sigma_{sup, viga}$ [MPa]	$\sigma_{inf, viga}$ [MPa]	$\sigma_{sup, viga}$ [MPa]	$\sigma_{inf, viga}$ [MPa]
182	343.00	0.00	0.00	0.00	0.00
183	345.00	-2.27	-3.84	-2.27	-3.84
184	347.00	-2.91	-2.70	-2.91	-2.70
185	349.00	-3.47	-1.77	-3.47	-1.77
186	351.00	-3.97	-1.03	-3.97	-1.03
187	353.00	-4.25	-0.69	-4.25	-0.69
188	354.00	-2.79	-0.30	-2.79	-0.30
189	355.00	-2.62	-0.51	-2.62	-0.51
190	356.00	-4.28	-0.50	-4.28	-0.50
191	357.00	-4.47	-0.18	-4.47	-0.18
192	359.00	-4.53	0.00	-4.53	0.00
193	361.00	-4.42	-0.17	-4.42	-0.17
194	363.00	-4.31	-0.37	-4.31	-0.37
195	365.00	-4.20	-0.57	-4.20	-0.57
196	367.00	-4.10	-0.77	-4.10	-0.77
197	369.00	-3.99	-0.99	-3.99	-0.99
198	371.00	-3.87	-1.23	-3.87	-1.23
199	373.00	-3.74	-1.50	-3.74	-1.50
200	375.00	-3.61	-1.78	-3.61	-1.78
201	377.00	-3.47	-2.08	-3.47	-2.08
202	379.00	-3.32	-2.38	-3.32	-2.38
203	381.00	-3.17	-2.69	-3.17	-2.69
204	383.00	-3.02	-3.01	-3.02	-3.01
205	385.00	-2.88	-3.32	-2.88	-3.32
206	387.00	-2.77	-3.53	-2.77	-3.53
207	389.50	-2.68	-3.63	-2.68	-3.63
208	392.00	-2.63	-3.63	-2.63	-3.63
209	394.00	-2.61	-3.60	-2.61	-3.60
210	396.00	-2.60	-3.54	-2.60	-3.54
211	398.00	-2.60	-3.47	-2.60	-3.47
212	400.00	0.00	0.00	0.00	0.00

VIADUTO SOBRE A RIBEIRA DE ZACARIAS (V3)

Tensões para a fase construtiva 1

Quadro 5.30

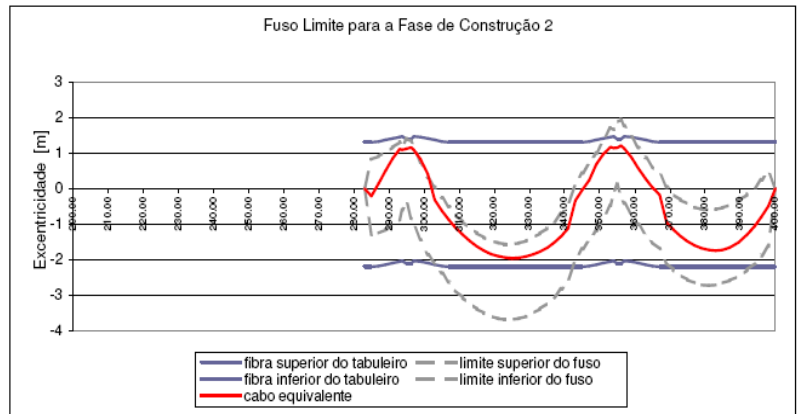


VIADUTO SOBRE A RIBEIRA DE ZACARIAS (V3)

Verificação do estado limite de descompressão
Fase de Construção 2 - Fuso Limite

Quadro 5.31

Secções	x [m]	Fuso		Cabo Equivalente [m]
		Limite Inferior [m]	Limite Superior [m]	
150	283.00	0.00	0.00	0.00
151	285.00	-1.31	0.82	-0.21
152	287.00	-1.25	0.91	0.15
153	289.00	-1.15	1.02	0.50
154	291.00	-1.02	1.16	0.85
155	293.00	-0.86	1.32	1.12
156	293.70	-0.59	1.16	1.09
157	295.00	-0.36	1.40	1.12
158	296.30	-0.85	1.33	1.16
159	297.00	-1.01	1.17	1.09
160	299.00	-1.45	0.72	0.82
161	301.00	-1.86	0.30	0.41
162	303.00	-2.09	0.04	-0.32
163	305.00	-2.38	-0.25	-0.62
164	307.00	-2.63	-0.51	-0.88
165	309.00	-2.86	-0.74	-1.11
166	311.00	-3.06	-0.94	-1.31
167	313.00	-3.23	-1.11	-1.48
168	315.00	-3.38	-1.26	-1.62
169	317.00	-3.50	-1.37	-1.74
170	319.00	-3.59	-1.46	-1.84
171	321.00	-3.65	-1.52	-1.90
172	323.00	-3.68	-1.56	-1.94
173	325.00	-3.69	-1.56	-1.95
174	327.00	-3.66	-1.53	-1.94
175	329.00	-3.60	-1.47	-1.91
176	331.00	-3.51	-1.38	-1.85
177	333.00	-3.38	-1.26	-1.77
178	335.00	-3.23	-1.11	-1.66
179	337.00	-3.05	-0.92	-1.52
180	339.00	-2.83	-0.70	-1.34
181	341.00	-2.57	-0.45	-1.12
182	343.00	-2.03	0.09	-0.34
183	345.00	-1.70	0.44	-0.04
184	347.00	-1.46	0.70	0.23
185	349.00	-1.18	0.99	0.69
186	351.00	-0.84	1.34	0.96
187	353.00	-0.48	1.70	1.16
188	354.00	-0.08	1.67	1.14
189	355.00	0.11	1.87	1.15
190	356.00	-0.25	1.93	1.21
191	357.00	-0.42	1.76	1.13
192	359.00	-0.72	1.45	0.88
193	361.00	-1.01	1.15	0.57
194	363.00	-1.27	0.87	0.28
195	365.00	-1.50	0.63	0.04
196	367.00	-1.70	0.43	-0.17
197	369.00	-2.08	0.05	-0.94
198	371.00	-2.28	-0.15	-1.15
199	373.00	-2.44	-0.31	-1.34
200	375.00	-2.56	-0.44	-1.48
201	377.00	-2.65	-0.53	-1.60
202	379.00	-2.70	-0.58	-1.68
203	381.00	-2.72	-0.60	-1.73
204	383.00	-2.71	-0.58	-1.75
205	385.00	-2.66	-0.54	-1.72
206	387.00	-2.59	-0.46	-1.66
207	389.50	-2.46	-0.34	-1.51
208	392.00	-2.29	-0.16	-1.29
209	394.00	-2.11	0.02	-1.07
210	396.00	-1.89	0.24	-0.80
211	398.00	-1.63	0.49	-0.49
212	400.00	0.00	0.00	0.00

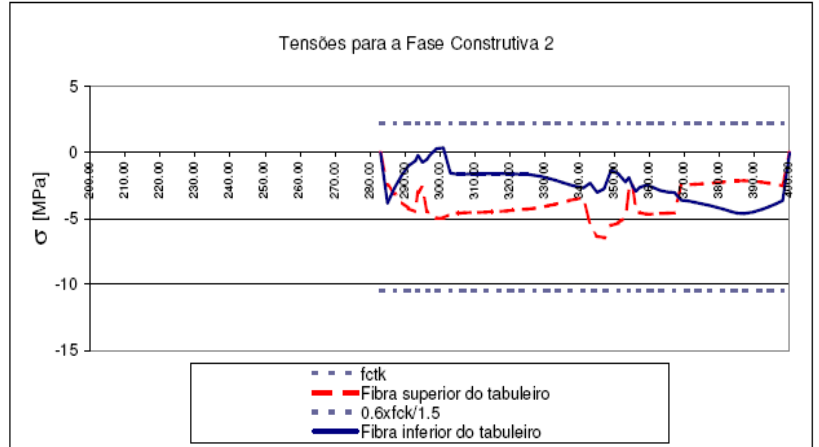


Secções	x [m]	Tensão para a Fase Construtiva 2			
		Tensões Máximas		Tensões Mínimas	
		$\sigma_{sup, viga}$ [MPa]	$\sigma_{inf, viga}$ [MPa]	$\sigma_{sup, viga}$ [MPa]	$\sigma_{inf, viga}$ [MPa]
150	283.00	0.00	0.00	0.00	0.00
151	285.00	-2.48	-3.85	-2.48	-3.85
152	287.00	-3.14	-2.68	-3.14	-2.68
153	289.00	-3.71	-1.74	-3.71	-1.74
154	291.00	-4.22	-0.98	-4.22	-0.98
155	293.00	-4.50	-0.64	-4.50	-0.64
156	293.70	-3.00	-0.20	-3.00	-0.20
157	295.00	-2.61	-0.74	-2.61	-0.74
158	296.30	-4.48	-0.52	-4.48	-0.52
159	297.00	-4.68	-0.23	-4.68	-0.23
160	299.00	-4.97	0.31	-4.97	0.31
161	301.00	-4.96	0.37	-4.96	0.37
162	303.00	-4.64	-1.56	-4.64	-1.56
163	305.00	-4.59	-1.64	-4.59	-1.64
164	307.00	-4.57	-1.63	-4.57	-1.63
165	309.00	-4.55	-1.62	-4.55	-1.62
166	311.00	-4.52	-1.61	-4.52	-1.61
167	313.00	-4.50	-1.60	-4.50	-1.60
168	315.00	-4.48	-1.59	-4.48	-1.59
169	317.00	-4.45	-1.59	-4.45	-1.59
170	319.00	-4.42	-1.60	-4.42	-1.60
171	321.00	-4.38	-1.61	-4.38	-1.61
172	323.00	-4.34	-1.62	-4.34	-1.62
173	325.00	-4.29	-1.65	-4.29	-1.65
174	327.00	-4.22	-1.72	-4.22	-1.72
175	329.00	-4.14	-1.82	-4.14	-1.82
176	331.00	-4.03	-1.94	-4.03	-1.94
177	333.00	-3.91	-2.10	-3.91	-2.10
178	335.00	-3.77	-2.26	-3.77	-2.26
179	337.00	-3.64	-2.41	-3.64	-2.41
180	339.00	-3.52	-2.56	-3.52	-2.56
181	341.00	-3.40	-2.68	-3.40	-2.68
182	343.00	-5.36	-2.31	-5.36	-2.31
183	345.00	-6.34	-3.02	-6.34	-3.02
184	347.00	-6.44	-2.73	-6.44	-2.73
185	349.00	-5.54	-1.33	-5.54	-1.33
186	351.00	-5.34	-1.61	-5.34	-1.61
187	353.00	-4.92	-2.22	-4.92	-2.22
188	354.00	-2.86	-1.90	-2.86	-1.90
189	355.00	-2.42	-2.53	-2.42	-2.53
190	356.00	-4.30	-2.94	-4.30	-2.94
191	357.00	-4.54	-2.64	-4.54	-2.64
192	359.00	-4.68	-2.47	-4.68	-2.47
193	361.00	-4.66	-2.64	-4.66	-2.64
194	363.00	-4.61	-2.86	-4.61	-2.86
195	365.00	-4.59	-2.99	-4.59	-2.99
196	367.00	-4.57	-3.03	-4.57	-3.03
197	369.00	-2.45	-3.60	-2.45	-3.60
198	371.00	-2.43	-3.67	-2.43	-3.67
199	373.00	-2.40	-3.77	-2.40	-3.77
200	375.00	-2.37	-3.89	-2.37	-3.89
201	377.00	-2.32	-4.01	-2.32	-4.01
202	379.00	-2.28	-4.15	-2.28	-4.15
203	381.00	-2.23	-4.29	-2.23	-4.29
204	383.00	-2.17	-4.44	-2.17	-4.44
205	385.00	-2.14	-4.58	-2.14	-4.58
206	387.00	-2.13	-4.63	-2.13	-4.63
207	389.50	-2.16	-4.51	-2.16	-4.51
208	392.00	-2.23	-4.30	-2.23	-4.30
209	394.00	-2.31	-4.10	-2.31	-4.10
210	396.00	-2.40	-3.88	-2.40	-3.88
211	398.00	-2.50	-3.64	-2.50	-3.64
212	400.00	0.00	0.00	0.00	0.00

VIADUTO SOBRE A RIBEIRA DE ZACARIAS (V3)

Tensões para a fase construtiva 2

Quadro 5.32

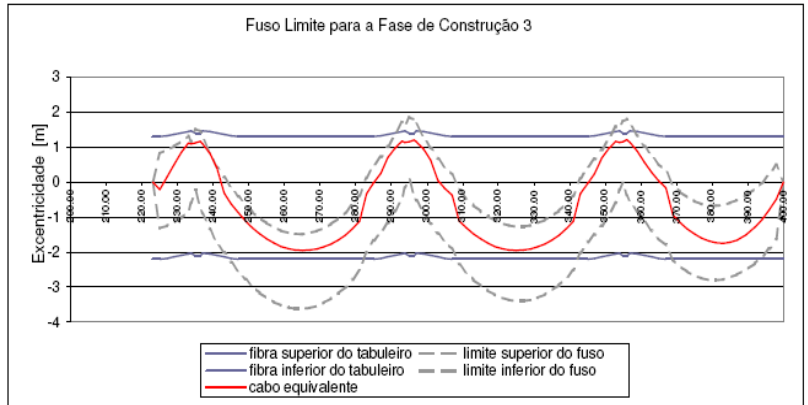


VIADUTO SOBRE A RIBEIRA DE ZACARIAS (V3)

Verificação do estado limite de descompressão
Fase de Construção 3 - Fuso Limite

Quadro 5.33

Secções	x [m]	Fuso		Cabo Equivalente [m]
		Limite Inferior [m]	Limite Superior [m]	
118	223.00	0.00	0.00	0.00
119	225.00	-1.31	0.82	-0.21
120	227.00	-1.25	0.91	0.15
121	229.00	-1.15	1.02	0.50
122	231.00	-1.02	1.16	0.85
123	233.00	-0.86	1.32	1.12
124	233.70	-0.59	1.16	1.09
125	235.00	-0.24	1.51	1.12
126	236.30	-0.74	1.45	1.16
127	237.00	-0.90	1.29	1.09
128	239.00	-1.34	0.84	0.82
129	241.00	-1.75	0.42	0.41
130	243.00	-2.01	0.14	-0.32
131	245.00	-2.29	-0.16	-0.62
132	247.00	-2.55	-0.42	-0.88
133	249.00	-2.78	-0.65	-1.11
134	251.00	-2.98	-0.85	-1.31
135	253.00	-3.16	-1.02	-1.48
136	255.00	-3.31	-1.17	-1.62
137	257.00	-3.43	-1.29	-1.74
138	259.00	-3.52	-1.38	-1.84
139	261.00	-3.58	-1.45	-1.90
140	263.00	-3.62	-1.48	-1.94
141	265.00	-3.62	-1.49	-1.95
142	267.00	-3.60	-1.46	-1.94
143	269.00	-3.54	-1.40	-1.91
144	271.00	-3.45	-1.32	-1.85
145	273.00	-3.33	-1.20	-1.77
146	275.00	-3.18	-1.05	-1.66
147	277.00	-3.00	-0.86	-1.52
148	279.00	-2.78	-0.65	-1.34
149	281.00	-2.53	-0.39	-1.12
150	283.00	-2.00	0.13	-0.34
151	285.00	-1.67	0.48	-0.02
152	287.00	-1.44	0.72	0.25
153	289.00	-1.16	1.02	0.70
154	291.00	-0.83	1.36	0.97
155	293.00	-0.49	1.70	1.17
156	293.70	-0.15	1.61	1.13
157	295.00	0.09	1.85	1.15
158	296.30	-0.40	1.78	1.21
159	297.00	-0.53	1.65	1.15
160	299.00	-0.87	1.31	0.94
161	301.00	-1.19	0.97	0.63
162	303.00	-1.47	0.67	0.05
163	305.00	-1.70	0.42	-0.19
164	307.00	-1.91	0.21	-0.38
165	309.00	-2.35	-0.23	-1.11
166	311.00	-2.58	-0.46	-1.31
167	313.00	-2.78	-0.66	-1.48
168	315.00	-2.95	-0.83	-1.62
169	317.00	-3.10	-0.97	-1.74
170	319.00	-3.22	-1.09	-1.84
171	321.00	-3.31	-1.18	-1.90
172	323.00	-3.37	-1.24	-1.94
173	325.00	-3.40	-1.27	-1.95
174	327.00	-3.40	-1.27	-1.94
175	329.00	-3.37	-1.24	-1.91
176	331.00	-3.31	-1.18	-1.85
177	333.00	-3.22	-1.09	-1.77
178	335.00	-3.09	-0.97	-1.66
179	337.00	-2.94	-0.81	-1.52
180	339.00	-2.75	-0.63	-1.34
181	341.00	-2.53	-0.40	-1.12
182	343.00	-2.02	0.10	-0.34
183	345.00	-1.71	0.43	-0.04
184	347.00	-1.50	0.66	0.23
185	349.00	-1.25	0.93	0.69
186	351.00	-0.93	1.25	0.96
187	353.00	-0.59	1.59	1.16
188	354.00	-0.21	1.55	1.14
189	355.00	-0.02	1.73	1.15
190	356.00	-0.39	1.79	1.21
191	357.00	-0.55	1.63	1.13
192	359.00	-0.85	1.32	0.88
193	361.00	-1.13	1.03	0.57
194	363.00	-1.39	0.75	0.28
195	365.00	-1.61	0.52	0.04
196	367.00	-1.80	0.32	-0.17
197	369.00	-2.21	-0.09	-0.94
198	371.00	-2.40	-0.28	-1.15
199	373.00	-2.55	-0.43	-1.34
200	375.00	-2.67	-0.54	-1.48
201	377.00	-2.75	-0.62	-1.60
202	379.00	-2.79	-0.67	-1.68
203	381.00	-2.80	-0.68	-1.73
204	383.00	-2.78	-0.66	-1.75
205	385.00	-2.72	-0.60	-1.72
206	387.00	-2.64	-0.51	-1.66
207	389.50	-2.50	-0.38	-1.51
208	392.00	-2.32	-0.19	-1.29
209	394.00	-2.13	-0.01	-1.07
210	396.00	-1.90	0.22	-0.80
211	398.00	-1.64	0.49	-0.49
212	400.00	0.00	0.00	0.00



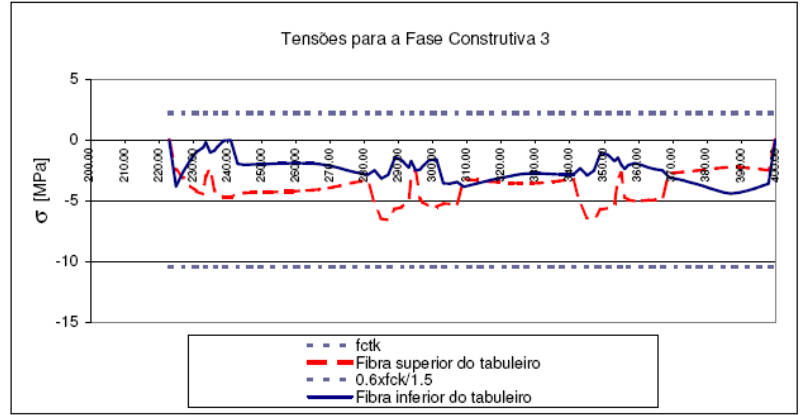
Trabalho Final de Mestrado - Relatório de Estágio: "Construção de Viadutos através do método de Viga de Lançamento"

Secções	x [m]	Tensão para a Fase Construtiva 3			
		Tensões Máximas		Tensões Mínimas	
		$\sigma_{sup,viga}$ [MPa]	$\sigma_{inf,viga}$ [MPa]	$\sigma_{sup,viga}$ [MPa]	$\sigma_{inf,viga}$ [MPa]
118	223.00	0.00	0.00	0.00	0.00
119	225.00	-2.48	-3.85	-2.48	-3.85
120	227.00	-3.14	-2.68	-3.14	-2.68
121	229.00	-3.71	-1.74	-3.71	-1.74
122	231.00	-4.22	-0.98	-4.22	-0.98
123	233.00	-4.50	-0.64	-4.50	-0.64
124	233.70	-3.00	-0.20	-3.00	-0.20
125	235.00	-2.41	-1.05	-2.42	-1.06
126	236.30	-4.23	-0.89	-4.23	-0.89
127	237.00	-4.43	-0.61	-4.43	-0.61
128	239.00	-4.74	-0.08	-4.74	-0.08
129	241.00	-4.73	-0.03	-4.73	-0.03
130	243.00	-4.41	-1.97	-4.41	-1.97
131	245.00	-4.37	-2.05	-4.37	-2.05
132	247.00	-4.35	-2.03	-4.35	-2.03
133	249.00	-4.34	-2.01	-4.34	-2.01
134	251.00	-4.32	-1.99	-4.32	-1.99
135	253.00	-4.30	-1.97	-4.30	-1.97
136	255.00	-4.29	-1.95	-4.29	-1.95
137	257.00	-4.27	-1.93	-4.27	-1.93
138	259.00	-4.24	-1.93	-4.24	-1.93
139	261.00	-4.21	-1.93	-4.21	-1.93
140	263.00	-4.18	-1.93	-4.18	-1.93
141	265.00	-4.13	-1.95	-4.13	-1.95
142	267.00	-4.07	-2.01	-4.07	-2.01
143	269.00	-3.99	-2.09	-3.99	-2.09
144	271.00	-3.90	-2.21	-3.90	-2.21
145	273.00	-3.78	-2.35	-3.78	-2.35
146	275.00	-3.65	-2.50	-3.65	-2.50
147	277.00	-3.53	-2.64	-3.53	-2.64
148	279.00	-3.41	-2.77	-3.41	-2.77
149	281.00	-3.30	-2.89	-3.30	-2.89
150	283.00	-5.26	-2.50	-5.26	-2.50
151	285.00	-6.46	-3.20	-6.46	-3.20
152	287.00	-6.59	-2.88	-6.59	-2.88
153	289.00	-5.71	-1.44	-5.71	-1.44
154	291.00	-5.52	-1.68	-5.52	-1.68
155	293.00	-5.12	-2.27	-5.12	-2.27
156	293.70	-3.11	-1.76	-3.11	-1.76
157	295.00	-2.56	-2.52	-2.57	-2.53
158	296.30	-4.88	-2.45	-4.88	-2.45
159	297.00	-5.10	-2.19	-5.10	-2.19
160	299.00	-5.46	-1.66	-5.46	-1.66
161	301.00	-5.51	-1.62	-5.51	-1.62
162	303.00	-5.24	-3.57	-5.24	-3.57
163	305.00	-5.26	-3.59	-5.26	-3.59
164	307.00	-5.29	-3.47	-5.29	-3.47
165	309.00	-3.23	-3.85	-3.23	-3.85
166	311.00	-3.29	-3.71	-3.29	-3.71
167	313.00	-3.34	-3.57	-3.34	-3.57
168	315.00	-3.39	-3.43	-3.39	-3.43
169	317.00	-3.44	-3.30	-3.44	-3.30
170	319.00	-3.48	-3.18	-3.48	-3.18
171	321.00	-3.52	-3.07	-3.52	-3.07
172	323.00	-3.55	-2.95	-3.55	-2.95
173	325.00	-3.58	-2.85	-3.58	-2.85
174	327.00	-3.59	-2.80	-3.59	-2.80
175	329.00	-3.58	-2.76	-3.58	-2.76
176	331.00	-3.55	-2.76	-3.55	-2.76
177	333.00	-3.50	-2.78	-3.50	-2.78
178	335.00	-3.44	-2.82	-3.44	-2.82
179	337.00	-3.39	-2.85	-3.39	-2.85
180	339.00	-3.34	-2.86	-3.34	-2.86
181	341.00	-3.30	-2.86	-3.30	-2.86
182	343.00	-5.33	-2.36	-5.33	-2.36
183	345.00	-6.38	-2.94	-6.38	-2.94
184	347.00	-6.56	-2.55	-6.56	-2.55
185	349.00	-5.73	-1.05	-5.73	-1.05
186	351.00	-5.60	-1.23	-5.60	-1.23
187	353.00	-5.25	-1.76	-5.25	-1.76
188	354.00	-3.15	-1.46	-3.15	-1.46
189	355.00	-2.74	-2.05	-2.74	-2.05
190	356.00	-4.70	-2.39	-4.70	-2.39
191	357.00	-4.93	-2.09	-4.93	-2.09
192	359.00	-5.06	-1.91	-5.06	-1.91
193	361.00	-5.02	-2.08	-5.02	-2.08
194	363.00	-4.96	-2.29	-4.96	-2.29
195	365.00	-4.92	-2.43	-4.92	-2.43
196	367.00	-4.88	-2.50	-4.88	-2.50
197	369.00	-2.74	-3.10	-2.74	-3.10
198	371.00	-2.70	-3.21	-2.70	-3.21
199	373.00	-2.65	-3.34	-2.65	-3.34
200	375.00	-2.60	-3.49	-2.60	-3.49
201	377.00	-2.54	-3.64	-2.54	-3.64
202	379.00	-2.48	-3.81	-2.48	-3.81
203	381.00	-2.41	-3.99	-2.41	-3.99
204	383.00	-2.33	-4.17	-2.33	-4.17
205	385.00	-2.28	-4.34	-2.28	-4.34
206	387.00	-2.25	-4.42	-2.25	-4.42
207	389.50	-2.26	-4.34	-2.26	-4.34
208	392.00	-2.31	-4.18	-2.31	-4.18
209	394.00	-2.37	-4.01	-2.37	-4.01
210	396.00	-2.44	-3.82	-2.44	-3.82
211	398.00	-2.52	-3.60	-2.52	-3.60
212	400.00	0.00	0.00	0.00	0.00

VIADUTO SOBRE A RIBEIRA DE ZACARIAS (V3)

Tensões para a fase construtiva 3

Quadro 5.34



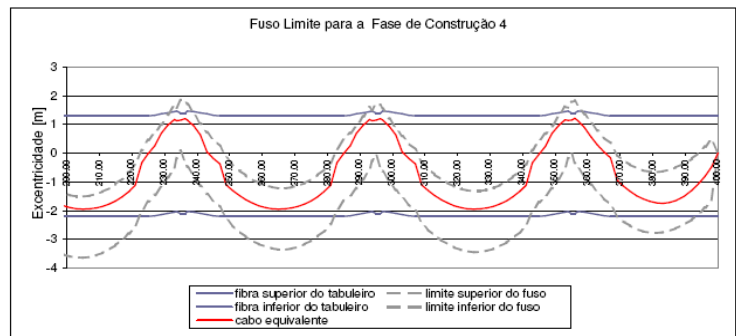
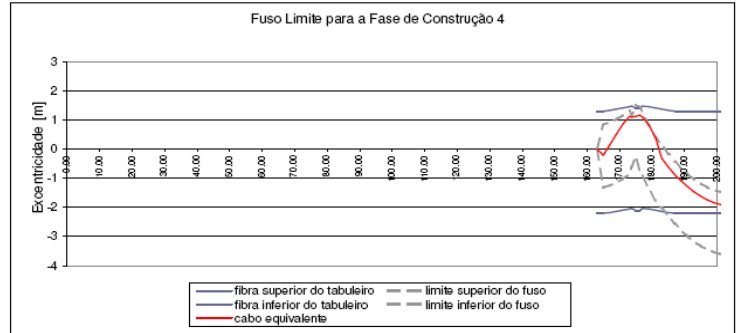
Trabalho Final de Mestrado - Relatório de Estágio: "Construção de Viadutos através do método de Viga de Lançamento"

VIADUTO SOBRE A RIBEIRA DE ZACARIAS (V3)

Secções	x [m]	Fuso		Cabo Equivalente
		Limite Inferior [m]	Limite Superior [m]	[m]
86	163.00	0.00	0.00	0.00
87	165.00	-1.31	0.82	-0.21
88	167.00	-1.25	0.91	0.15
89	169.00	-1.15	1.02	0.50
90	171.00	-1.02	1.16	0.85
91	173.00	-0.86	1.32	1.12
92	173.70	-0.59	1.16	1.09
93	175.00	-0.26	1.50	1.12
94	174.75	-1.43	1.43	1.16
95	177.00	-0.92	1.27	1.09
96	179.00	-1.36	0.82	0.82
97	181.00	-1.77	0.40	0.41
98	183.00	-2.02	0.12	-0.32
99	185.00	-2.31	-0.18	-0.62
100	187.00	-2.57	-0.43	-0.88
101	189.00	-2.80	-0.66	-1.11
102	191.00	-3.00	-0.87	-1.31
103	193.00	-3.18	-1.04	-1.48
104	195.00	-3.32	-1.19	-1.62
105	197.00	-3.45	-1.31	-1.74
106	199.00	-3.54	-1.40	-1.84
107	201.00	-3.60	-1.47	-1.90
108	203.00	-3.64	-1.50	-1.94
109	205.00	-3.64	-1.51	-1.95
110	207.00	-3.62	-1.48	-1.94
111	209.00	-3.56	-1.43	-1.91
112	211.00	-3.47	-1.34	-1.85
113	213.00	-3.35	-1.22	-1.77
114	215.00	-3.20	-1.07	-1.66
115	217.00	-3.02	-0.89	-1.52
116	219.00	-2.81	-0.67	-1.34
117	221.00	-2.55	-0.42	-1.12
118	223.00	-2.02	0.11	-0.34
119	225.00	-1.68	0.46	-0.02
120	227.00	-1.45	0.71	0.25
121	229.00	-1.18	1.00	0.70
122	231.00	-0.85	1.34	0.97
123	233.00	-0.51	1.68	1.17
124	233.70	-0.17	1.59	1.13
125	235.00	0.08	1.84	1.15
126	236.30	-0.35	1.84	1.21
127	237.00	-0.48	1.71	1.15
128	239.00	-0.82	1.36	0.94
129	241.00	-1.14	1.03	0.63
130	243.00	-1.42	0.72	0.05
131	245.00	-1.66	0.19	-0.19
132	247.00	-1.87	0.26	-0.38
133	249.00	-2.30	-0.17	-1.11
134	251.00	-2.53	-0.40	-1.31
135	253.00	-2.73	-0.60	-1.48
136	255.00	-2.90	-0.77	-1.62
137	257.00	-3.05	-0.92	-1.74
138	259.00	-3.17	-1.04	-1.84
139	261.00	-3.26	-1.12	-1.90
140	263.00	-3.32	-1.19	-1.94
141	265.00	-3.35	-1.22	-1.95
142	267.00	-3.35	-1.22	-1.94
143	269.00	-3.32	-1.19	-1.91
144	271.00	-3.27	-1.13	-1.85
145	273.00	-3.17	-1.04	-1.77
146	275.00	-3.05	-0.92	-1.66
147	277.00	-2.90	-0.77	-1.52
148	279.00	-2.71	-0.58	-1.34
149	281.00	-2.49	-0.36	-1.12
150	283.00	-2.00	0.14	-0.34
151	285.00	-1.68	0.46	-0.02
152	287.00	-1.47	0.69	0.25
153	289.00	-1.22	0.95	0.70
154	291.00	-0.91	1.27	0.97
155	293.00	-0.59	1.59	1.17
156	293.70	-0.27	1.50	1.13
157	295.00	-0.04	1.72	1.15
158	296.30	-0.50	1.68	1.21
159	297.00	-0.63	1.55	1.15
160	299.00	-0.97	1.20	0.94
161	301.00	-1.28	0.87	0.63
162	303.00	-1.55	0.59	0.05
163	305.00	-1.78	0.35	-0.19
164	307.00	-1.99	0.14	-0.38
165	309.00	-2.45	-0.32	-1.11
166	311.00	-2.67	-0.54	-1.31
167	313.00	-2.86	-0.74	-1.48
168	315.00	-3.03	-0.91	-1.66
169	317.00	-3.17	-1.05	-1.74
170	319.00	-3.28	-1.16	-1.84
171	321.00	-3.37	-1.24	-1.90
172	323.00	-3.42	-1.30	-1.94
173	325.00	-3.45	-1.32	-1.95
174	327.00	-3.44	-1.32	-1.94
175	329.00	-3.41	-1.28	-1.94
176	331.00	-3.34	-1.21	-1.85
177	333.00	-3.24	-1.12	-1.77
178	335.00	-3.11	-0.99	-1.66
179	337.00	-2.95	-0.83	-1.52
180	339.00	-2.76	-0.63	-1.34
181	341.00	-2.53	-0.40	-1.12
182	343.00	-2.02	0.11	-0.34
183	345.00	-1.71	0.43	-0.04
184	347.00	-1.48	0.67	0.23
185	349.00	-1.23	0.94	0.69
186	351.00	-0.90	1.28	0.96
187	353.00	-0.56	1.62	1.16
188	354.00	-0.18	1.58	1.14
189	355.00	0.01	1.77	1.15
190	356.00	-0.35	1.83	1.21
191	357.00	-0.52	1.66	1.13
192	359.00	-0.82	1.35	0.88
193	361.00	-1.10	1.06	0.57
194	363.00	-1.36	0.78	0.28
195	365.00	-1.58	0.54	0.04
196	367.00	-1.78	0.35	-0.17
197	369.00	-2.18	-0.25	-0.94
198	371.00	-2.37	-0.25	-1.15
199	373.00	-2.53	-0.40	-1.34
200	375.00	-2.64	-0.52	-1.48
201	377.00	-2.73	-0.60	-1.60
202	379.00	-2.77	-0.65	-1.68
203	381.00	-2.78	-0.66	-1.73
204	383.00	-2.76	-0.64	-1.75
205	385.00	-2.71	-0.58	-1.72
206	387.00	-2.63	-0.50	-1.66
207	389.50	-2.49	-0.37	-1.51
208	392.00	-2.31	-0.19	-1.29
209	394.00	-2.12	0.00	-1.07
210	396.00	-1.90	0.22	-0.80
211	398.00	-1.64	0.49	-0.49
212	400.00	0.00	0.00	0.00

Verificação do estado limite de descompressão
Fase de Construção 4 - Fuso Limite

Quadro 5.35



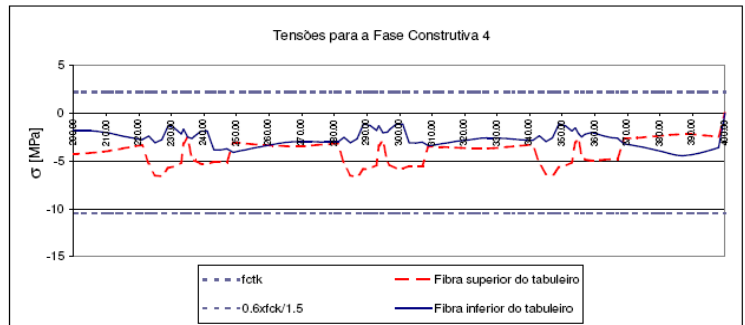
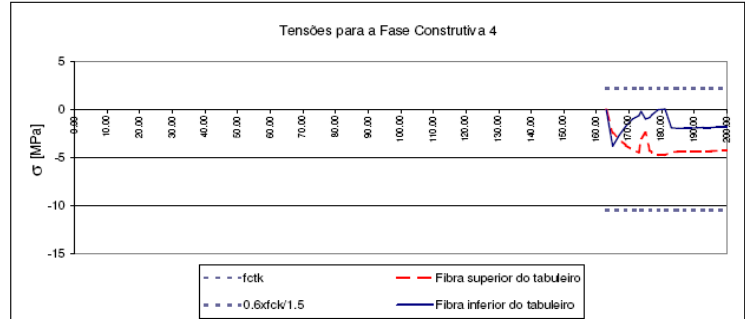
Trabalho Final de Mestrado - Relatório de Estágio: "Construção de Viadutos através do método de Viga de Lançamento"

Secções	x (m)	Tensão para a Fase Construtiva 4			
		Tensões Máximas		Tensões Mínimas	
		$\sigma_{sup, viga}$	$\sigma_{int, viga}$	$\sigma_{sup, viga}$	$\sigma_{int, viga}$
86	163.00	0.00	0.00	0.00	0.00
87	165.00	-2.48	-3.85	-2.48	-3.85
88	167.00	-3.14	-2.68	-3.14	-2.68
89	169.00	-3.71	-1.74	-3.71	-1.74
90	171.00	-4.22	-0.98	-4.22	-0.98
91	173.00	-4.50	-0.64	-4.50	-0.64
92	173.70	-3.00	-0.20	-3.00	-0.20
93	175.00	-2.44	-1.00	-2.45	-1.01
94	176.30	-4.27	-0.83	-4.27	-0.83
95	177.00	-4.47	-0.55	-4.47	-0.55
96	179.00	-4.77	-0.01	-4.77	-0.01
97	181.00	-4.77	0.04	-4.77	0.04
98	183.00	-4.45	-1.90	-4.45	-1.90
99	185.00	-4.41	-1.98	-4.41	-1.98
100	187.00	-4.40	-1.96	-4.40	-1.96
101	189.00	-4.38	-1.93	-4.38	-1.93
102	191.00	-4.37	-1.91	-4.37	-1.91
103	193.00	-4.35	-1.89	-4.35	-1.89
104	195.00	-4.33	-1.86	-4.33	-1.86
105	197.00	-4.31	-1.85	-4.31	-1.85
106	199.00	-4.29	-1.84	-4.29	-1.84
107	201.00	-4.26	-1.83	-4.26	-1.83
108	203.00	-4.23	-1.84	-4.23	-1.84
109	205.00	-4.18	-1.86	-4.18	-1.86
110	207.00	-4.12	-1.92	-4.12	-1.92
111	209.00	-4.05	-2.00	-4.05	-2.00
112	211.00	-3.95	-2.11	-3.95	-2.11
113	213.00	-3.83	-2.25	-3.83	-2.25
114	215.00	-3.70	-2.41	-3.70	-2.41
115	217.00	-3.59	-2.58	-3.58	-2.54
116	219.00	-3.47	-2.67	-3.47	-2.67
117	221.00	-3.36	-2.79	-3.36	-2.79
118	223.00	-3.32	-2.40	-3.32	-2.40
119	225.00	-6.52	-3.10	-6.52	-3.10
120	227.00	-6.65	-2.78	-6.65	-2.78
121	229.00	-5.77	-1.35	-5.77	-1.35
122	231.00	-5.58	-1.59	-5.58	-1.59
123	233.00	-5.18	-2.19	-5.18	-2.19
124	233.70	-3.15	-1.69	-3.15	-1.69
125	235.00	-2.58	-2.51	-2.58	-2.51
126	236.30	-4.73	-2.68	-4.73	-2.68
127	237.00	-4.95	-2.43	-4.95	-2.43
128	239.00	-5.32	-1.91	-5.32	-1.91
129	241.00	-5.36	-1.87	-5.36	-1.87
130	243.00	-5.09	-3.24	-5.09	-3.24
131	245.00	-5.11	-3.87	-5.11	-3.87
132	247.00	-5.15	-3.74	-5.15	-3.74
133	249.00	-3.09	-4.11	-3.09	-4.11
134	251.00	-3.15	-3.97	-3.15	-3.97
135	253.00	-3.21	-3.82	-3.21	-3.82
136	255.00	-3.26	-3.68	-3.26	-3.68
137	257.00	-3.31	-3.55	-3.31	-3.55
138	259.00	-3.36	-3.42	-3.36	-3.42
139	261.00	-3.40	-3.30	-3.40	-3.30
140	263.00	-3.44	-3.18	-3.44	-3.18
141	265.00	-3.47	-3.08	-3.47	-3.08
142	267.00	-3.48	-3.01	-3.48	-3.01
143	269.00	-3.47	-2.98	-3.47	-2.98
144	271.00	-3.44	-2.97	-3.44	-2.97
145	273.00	-3.40	-2.99	-3.40	-2.99
146	275.00	-3.34	-3.02	-3.34	-3.02
147	277.00	-3.29	-3.04	-3.29	-3.04
148	279.00	-3.25	-3.05	-3.25	-3.05
149	281.00	-3.21	-3.04	-3.21	-3.04
150	283.00	-5.24	-2.53	-5.24	-2.53
151	285.00	-6.51	-3.11	-6.51	-3.11
152	287.00	-6.71	-2.68	-6.71	-2.68
153	289.00	-5.90	-1.15	-5.90	-1.15
154	291.00	-5.78	-1.31	-5.78	-1.31
155	293.00	-5.44	-1.82	-5.44	-1.82
156	293.70	-3.38	-1.35	-3.38	-1.35
157	295.00	-2.87	-2.05	-2.88	-2.06
158	296.30	-5.20	-2.00	-5.20	-2.00
159	297.00	-3.42	-1.73	-3.42	-1.73
160	299.00	-5.77	-1.20	-5.77	-1.20
161	301.00	-5.81	-1.15	-5.81	-1.15
162	303.00	-5.53	-3.09	-5.53	-3.09
163	305.00	-5.53	-3.13	-5.53	-3.13
164	307.00	-5.55	-3.03	-5.55	-3.03
165	309.00	-3.48	-3.43	-3.48	-3.43
166	311.00	-3.51	-3.32	-3.51	-3.32
167	313.00	-3.55	-3.21	-3.55	-3.21
168	315.00	-3.59	-3.10	-3.59	-3.10
169	317.00	-3.62	-2.99	-3.62	-2.99
170	319.00	-3.65	-2.90	-3.65	-2.90
171	321.00	-3.67	-2.81	-3.67	-2.81
172	323.00	-3.69	-2.72	-3.69	-2.72
173	325.00	-3.70	-2.64	-3.70	-2.64
174	327.00	-3.69	-2.61	-3.69	-2.61
175	329.00	-3.67	-2.61	-3.67	-2.61
176	331.00	-3.63	-2.63	-3.63	-2.63
177	333.00	-3.56	-2.68	-3.56	-2.68
178	335.00	-3.49	-2.74	-3.49	-2.74
179	337.00	-3.42	-2.79	-3.42	-2.79
180	339.00	-3.36	-2.83	-3.36	-2.83
181	341.00	-3.30	-2.86	-3.30	-2.86
182	343.00	-3.32	-2.88	-3.32	-2.88
183	345.00	-6.36	-2.98	-6.36	-2.98
184	347.00	-6.52	-2.61	-6.52	-2.61
185	349.00	-5.68	-1.13	-5.68	-1.13
186	351.00	-5.53	-1.33	-5.53	-1.33
187	353.00	-5.17	-1.87	-5.17	-1.87
188	354.00	-3.08	-1.57	-3.08	-1.57
189	355.00	-2.66	-2.16	-2.66	-2.16
190	356.00	-4.61	-2.52	-4.61	-2.52
191	357.00	-4.84	-2.22	-4.84	-2.22
192	359.00	-4.97	-2.04	-4.97	-2.04
193	361.00	-4.94	-2.21	-4.94	-2.21
194	363.00	-4.88	-2.43	-4.88	-2.43
195	365.00	-4.84	-2.57	-4.84	-2.57
196	367.00	-4.81	-2.62	-4.81	-2.62
197	369.00	-2.67	-3.22	-2.67	-3.22
198	371.00	-2.63	-3.52	-2.63	-3.52
199	373.00	-2.59	-3.44	-2.59	-3.44
200	375.00	-2.54	-3.58	-2.54	-3.58
201	377.00	-2.49	-3.73	-2.49	-3.73
202	379.00	-2.43	-3.89	-2.43	-3.89
203	381.00	-2.36	-4.06	-2.36	-4.06
204	383.00	-2.30	-4.24	-2.30	-4.24
205	385.00	-2.24	-4.40	-2.24	-4.40
206	387.00	-2.22	-4.47	-2.22	-4.47
207	389.50	-2.24	-4.38	-2.24	-4.38
208	392.00	-2.29	-4.21	-2.29	-4.21
209	394.00	-2.35	-4.03	-2.35	-4.03
210	396.00	-2.43	-3.83	-2.43	-3.83
211	398.00	-2.51	-3.61	-2.51	-3.61
212	400.00	0.00	0.00	0.00	0.00

VIADUTO SOBRE A RIBEIRA DE ZACARIAS (V3)

Tensões para a fase construtiva 4

Quadro 5.36

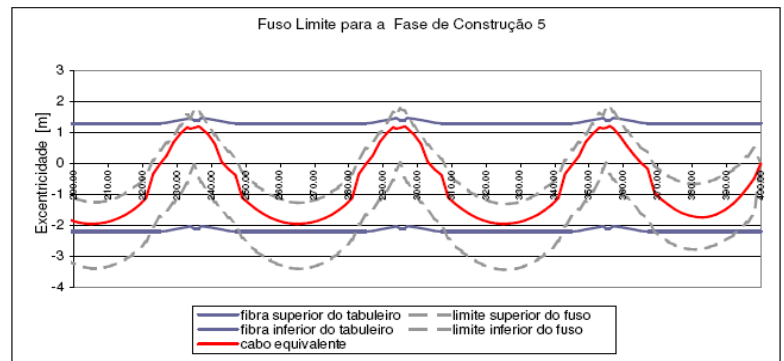
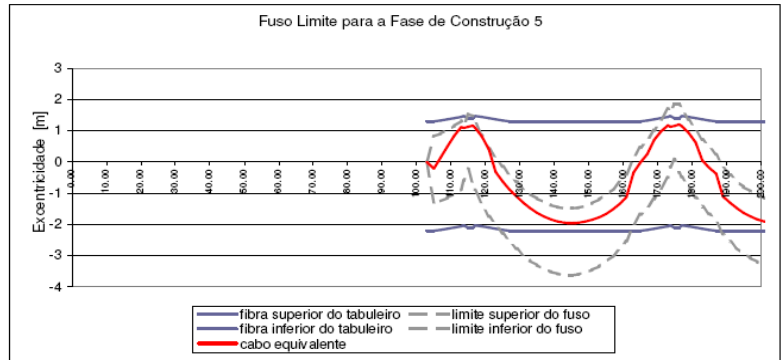


VIADUTO SOBRE A RIBEIRA DE ZACARIAS (V3)

Verificação do estado limite de descompressão
Fase de Construção 5 - Fuso Limite

Quadro 5.37

Seções	X [m]	Fuso		Cabo Equivalente [m]
		Limite Inferior [m]	Limite Superior [m]	
54	103.00	0.00	0.00	0.00
55	105.00	-1.31	0.82	-0.21
56	107.00	-1.25	0.91	0.15
57	109.00	-1.15	1.02	0.50
58	111.00	-1.02	1.16	0.85
59	113.00	-0.86	1.32	1.12
60	113.70	-0.59	1.16	1.09
61	115.00	-0.23	1.53	1.12
62	116.30	-0.72	1.47	1.16
63	117.00	-0.89	1.30	1.09
64	119.00	-1.33	0.86	0.82
65	121.00	-1.74	0.43	0.41
66	123.00	-2.00	0.15	-0.32
67	125.00	-2.29	-0.15	-0.62
68	127.00	-2.54	-0.41	-0.88
69	129.00	-2.77	-0.64	-1.11
70	131.00	-2.98	-0.84	-1.31
71	133.00	-3.15	-1.02	-1.48
72	135.00	-3.30	-1.17	-1.62
73	137.00	-3.42	-1.29	-1.74
74	139.00	-3.52	-1.38	-1.84
75	141.00	-3.58	-1.44	-1.90
76	143.00	-3.62	-1.48	-1.94
77	145.00	-3.63	-1.49	-1.95
78	147.00	-3.60	-1.46	-1.94
79	149.00	-3.54	-1.41	-1.91
80	151.00	-3.45	-1.32	-1.85
81	153.00	-3.34	-1.20	-1.77
82	155.00	-3.19	-1.05	-1.66
83	157.00	-3.01	-0.87	-1.52
84	159.00	-2.79	-0.65	-1.34
85	161.00	-2.54	-0.40	-1.12
86	163.00	-2.01	0.12	-0.34
87	165.00	-1.68	0.47	-0.02
88	167.00	-1.45	0.72	0.25
89	169.00	-1.17	1.01	0.70
90	171.00	-0.84	1.35	0.97
91	173.00	-0.50	1.69	1.17
92	173.70	-0.17	1.60	1.13
93	175.00	0.08	1.84	1.15
94	176.30	-0.35	1.84	1.21
95	177.00	-0.48	1.71	1.15
96	179.00	-0.82	1.36	0.94
97	181.00	-1.15	1.02	0.63
98	183.00	-1.43	0.71	0.05
99	185.00	-1.67	0.46	-0.19
100	187.00	-1.88	0.25	-0.38
101	189.00	-2.32	-0.18	-1.11
102	191.00	-2.55	-0.41	-1.31
103	193.00	-2.75	-0.62	-1.48
104	195.00	-2.93	-0.79	-1.62
105	197.00	-3.08	-0.94	-1.74
106	199.00	-3.20	-1.06	-1.84
107	201.00	-3.29	-1.15	-1.90
108	203.00	-3.35	-1.22	-1.94
109	205.00	-3.39	-1.25	-1.95
110	207.00	-3.39	-1.26	-1.94
111	209.00	-3.36	-1.23	-1.91
112	211.00	-3.31	-1.17	-1.85
113	213.00	-3.22	-1.08	-1.77
114	215.00	-3.10	-0.96	-1.66
115	217.00	-2.95	-0.81	-1.52
116	219.00	-2.76	-0.63	-1.34
117	221.00	-2.54	-0.41	-1.12
118	223.00	-2.04	0.10	-0.34
119	225.00	-1.72	0.43	-0.02
120	227.00	-1.51	0.66	0.25
121	229.00	-1.27	0.91	0.70
122	231.00	-0.96	1.22	0.97
123	233.00	-0.64	1.55	1.17
124	233.70	-0.32	1.45	1.13
125	235.00	-0.05	1.71	1.15
126	236.30	-0.48	1.71	1.21
127	237.00	-0.61	1.58	1.15
128	239.00	-0.94	1.24	0.94
129	241.00	-1.26	0.91	0.63
130	243.00	-1.52	0.62	0.05
131	245.00	-1.76	0.38	-0.19
132	247.00	-1.96	0.17	-0.38
133	249.00	-2.41	-0.28	-1.11
134	251.00	-2.63	-0.50	-1.31
135	253.00	-2.83	-0.69	-1.48
136	255.00	-3.00	-0.86	-1.62
137	257.00	-3.13	-1.00	-1.74
138	259.00	-3.24	-1.11	-1.84
139	261.00	-3.33	-1.19	-1.90
140	263.00	-3.38	-1.25	-1.94
141	265.00	-3.41	-1.27	-1.95
142	267.00	-3.40	-1.26	-1.94
143	269.00	-3.36	-1.23	-1.91
144	271.00	-3.29	-1.16	-1.85
145	273.00	-3.20	-1.06	-1.77
146	275.00	-3.07	-0.93	-1.66
147	277.00	-2.90	-0.77	-1.52
148	279.00	-2.71	-0.57	-1.34
149	281.00	-2.48	-0.34	-1.12
150	283.00	-1.98	0.15	-0.34
151	285.00	-1.66	0.48	-0.02
152	287.00	-1.45	0.72	0.25
153	289.00	-1.19	0.99	0.70
154	291.00	-0.87	1.31	0.97
155	293.00	-0.55	1.64	1.17
156	293.70	-0.22	1.55	1.13
157	295.00	0.02	1.77	1.15
158	296.30	-0.48	1.70	1.21
159	297.00	-0.61	1.57	1.15
160	299.00	-0.95	1.22	0.94
161	301.00	-1.27	0.89	0.63
162	303.00	-1.53	0.60	0.05
163	305.00	-1.77	0.36	-0.19
164	307.00	-1.97	0.15	-0.38
165	309.00	-2.43	-0.31	-1.11
166	311.00	-2.65	-0.53	-1.31
167	313.00	-2.85	-0.72	-1.48
168	315.00	-3.02	-0.89	-1.62
169	317.00	-3.16	-1.03	-1.74



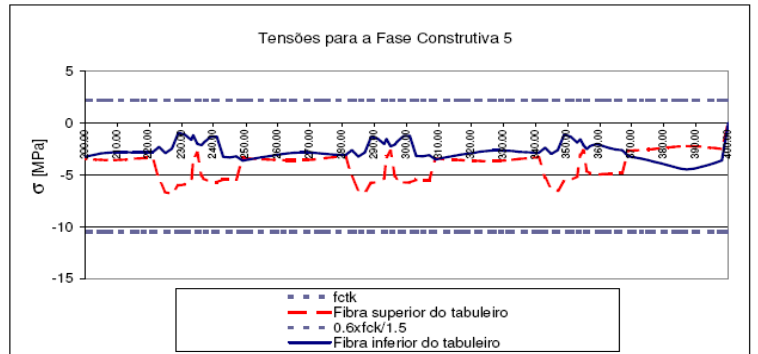
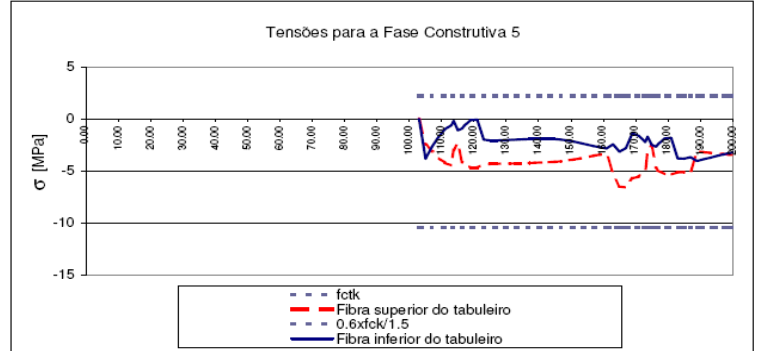
Trabalho Final de Mestrado - Relatório de Estágio: "Construção de Viadutos através do método de Viga de Lançamento"

Seções	x [m]	Tensão para a Fase Construtiva 5			
		Tensões Máximas		Tensões Mínimas	
		$\sigma_{sup, viga}$ [MPa]	$\sigma_{inf, viga}$ [MPa]	$\sigma_{sup, viga}$ [MPa]	$\sigma_{inf, viga}$ [MPa]
54	103.00	0.00	0.00	0.00	0.00
55	105.00	-2.48	-3.85	-2.48	-3.85
56	107.00	-3.14	-2.68	-3.14	-2.68
57	109.00	-3.71	-1.74	-3.71	-1.74
58	111.00	-4.22	-0.98	-4.22	-0.98
59	113.00	-4.50	-0.64	-4.50	-0.64
60	113.70	-3.00	-0.20	-3.00	-0.20
61	115.00	-2.38	-1.09	-2.39	-1.10
62	116.30	-4.20	-0.94	-4.20	-0.94
63	117.00	-4.40	-0.66	-4.40	-0.66
64	119.00	-4.71	-0.13	-4.71	-0.13
65	121.00	-4.70	-0.08	-4.70	-0.08
66	123.00	-4.39	-2.02	-4.39	-2.02
67	125.00	-4.35	-2.10	-4.35	-2.10
68	127.00	-4.33	-2.08	-4.33	-2.08
69	129.00	-4.32	-2.05	-4.32	-2.05
70	131.00	-4.31	-2.02	-4.31	-2.02
71	133.00	-4.29	-2.00	-4.29	-2.00
72	135.00	-4.28	-1.97	-4.28	-1.97
73	137.00	-4.26	-1.95	-4.26	-1.95
74	139.00	-4.24	-1.94	-4.24	-1.94
75	141.00	-4.21	-1.94	-4.21	-1.94
76	143.00	-4.18	-1.94	-4.18	-1.94
77	145.00	-4.14	-1.95	-4.14	-1.95
78	147.00	-4.08	-2.01	-4.08	-2.01
79	149.00	-4.00	-2.09	-4.00	-2.09
80	151.00	-3.91	-2.19	-3.91	-2.19
81	153.00	-3.79	-2.33	-3.79	-2.33
82	155.00	-3.67	-2.48	-3.67	-2.48
83	157.00	-3.55	-2.62	-3.55	-2.62
84	159.00	-3.44	-2.74	-3.44	-2.74
85	161.00	-3.33	-2.86	-3.33	-2.86
86	163.00	-5.29	-2.46	-5.29	-2.46
87	165.00	-6.49	-3.16	-6.49	-3.16
88	167.00	-6.62	-2.83	-6.62	-2.83
89	169.00	-5.74	-1.39	-5.74	-1.39
90	171.00	-5.56	-1.64	-5.56	-1.64
91	173.00	-5.16	-2.23	-5.16	-2.23
92	173.70	-3.14	-1.72	-3.14	-1.72
93	175.00	-2.59	-2.51	-2.59	-2.51
94	176.30	-4.74	-2.87	-4.74	-2.87
95	177.00	-4.96	-2.42	-4.96	-2.42
96	179.00	-5.33	-1.89	-5.33	-1.89
97	181.00	-5.39	-1.85	-5.39	-1.85
98	183.00	-5.12	-3.80	-5.12	-3.80
99	185.00	-5.15	-3.82	-5.15	-3.82
100	187.00	-5.19	-3.68	-5.19	-3.68
101	189.00	-3.14	-4.05	-3.14	-4.05
102	191.00	-3.20	-3.89	-3.20	-3.89
103	193.00	-3.26	-3.74	-3.26	-3.74
104	195.00	-3.32	-3.59	-3.32	-3.59
105	197.00	-3.38	-3.44	-3.38	-3.44
106	199.00	-3.43	-3.31	-3.43	-3.31
107	201.00	-3.48	-3.18	-3.48	-3.18
108	203.00	-3.52	-3.05	-3.52	-3.05
109	205.00	-3.55	-2.94	-3.55	-2.94
110	207.00	-3.57	-2.87	-3.57	-2.87
111	209.00	-3.57	-2.82	-3.57	-2.82
112	211.00	-3.55	-2.80	-3.55	-2.80
113	213.00	-3.51	-2.82	-3.51	-2.82
114	215.00	-3.45	-2.84	-3.45	-2.84
115	217.00	-3.41	-2.85	-3.41	-2.85
116	219.00	-3.37	-2.85	-3.37	-2.85
117	221.00	-3.34	-2.84	-3.34	-2.84
118	223.00	-5.38	-2.32	-5.38	-2.32
119	225.00	-6.65	-2.90	-6.65	-2.90
120	227.00	-6.85	-2.47	-6.85	-2.47
121	229.00	-6.04	-0.95	-6.04	-0.95
122	231.00	-5.92	-1.11	-5.92	-1.11
123	233.00	-5.59	-1.62	-5.59	-1.62
124	233.70	-3.50	-1.17	-3.50	-1.17
125	235.00	-2.91	-2.02	-2.91	-2.03
126	236.30	-5.13	-2.13	-5.13	-2.13
127	237.00	-5.35	-1.88	-5.35	-1.88
128	239.00	-5.70	-1.35	-5.70	-1.35
129	241.00	-5.73	-1.32	-5.73	-1.32
130	243.00	-5.44	-3.27	-5.44	-3.27
131	245.00	-5.45	-3.32	-5.45	-3.32
132	247.00	-5.47	-3.22	-5.47	-3.22
133	249.00	-3.39	-3.63	-3.39	-3.63
134	251.00	-3.42	-3.52	-3.42	-3.52
135	253.00	-3.46	-3.41	-3.46	-3.41
136	255.00	-3.49	-3.30	-3.49	-3.30
137	257.00	-3.53	-3.20	-3.53	-3.20
138	259.00	-3.55	-3.11	-3.55	-3.11
139	261.00	-3.57	-3.03	-3.57	-3.03
140	263.00	-3.59	-2.94	-3.59	-2.94
141	265.00	-3.60	-2.87	-3.60	-2.87
142	267.00	-3.59	-2.84	-3.59	-2.84
143	269.00	-3.56	-2.84	-3.56	-2.84
144	271.00	-3.52	-2.86	-3.52	-2.86
145	273.00	-3.45	-2.91	-3.45	-2.91
146	275.00	-3.37	-2.98	-3.37	-2.98
147	277.00	-3.30	-3.03	-3.30	-3.03
148	279.00	-3.24	-3.08	-3.24	-3.08
149	281.00	-3.18	-3.11	-3.18	-3.11
150	283.00	-5.19	-2.63	-5.19	-2.63
151	285.00	-6.45	-3.24	-6.45	-3.24
152	287.00	-6.62	-2.83	-6.62	-2.83
153	289.00	-5.79	-1.32	-5.79	-1.32
154	291.00	-5.65	-1.50	-5.65	-1.50
155	293.00	-5.30	-2.03	-5.30	-2.03
156	293.70	-3.26	-1.53	-3.26	-1.53
157	295.00	-2.74	-2.25	-2.75	-2.26
158	296.30	-5.15	-2.07	-5.15	-2.07
159	297.00	-5.37	-1.81	-5.37	-1.81
160	299.00	-5.72	-1.27	-5.72	-1.27
161	301.00	-5.76	-1.23	-5.76	-1.23
162	303.00	-5.48	-3.17	-5.48	-3.17
163	305.00	-5.48	-3.21	-5.48	-3.21
164	307.00	-5.51	-3.11	-5.51	-3.11
165	309.00	-3.43	-3.51	-3.43	-3.51

VIADUTO SOBRE A RIBEIRA DE ZACARIAS (V3)

Tensões para a fase construtiva 5

Quadro 5.38

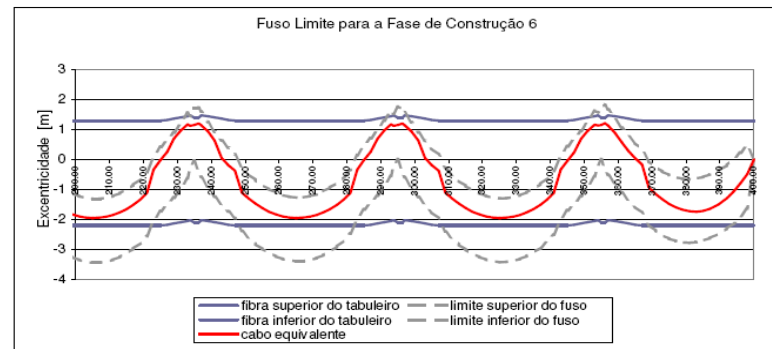
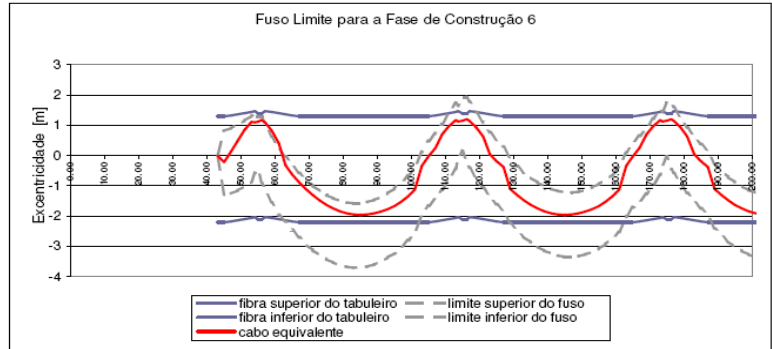


VIADUTO SOBRE A RIBEIRA DE ZACARIAS (V3)

Secções	x [m]	Fuso		Cabo Equivalente [m]
		Limite Inferior [m]	Limite Superior [m]	
22	43.00	0.00	0.00	0.00
23	45.00	0.00	0.00	0.00
24	47.00	-1.31	0.82	-0.21
25	49.00	-1.25	0.91	0.14
26	51.00	-1.15	1.02	0.50
27	53.00	-1.02	1.16	0.85
28	54.00	-0.86	1.32	1.12
29	55.00	-0.57	1.19	1.10
30	56.00	-0.47	1.29	1.12
31	57.00	-0.90	1.29	1.18
32	59.00	-1.12	1.06	1.09
33	61.00	-1.55	0.62	0.82
34	63.00	-1.96	0.20	0.41
35	65.00	-2.17	-0.03	-0.32
36	67.00	-2.45	-0.33	-0.62
37	69.00	-2.70	-0.58	-0.88
38	71.00	-2.92	-0.80	-1.11
39	73.00	-3.12	-0.99	-1.31
40	75.00	-3.28	-1.16	-1.48
41	77.00	-3.42	-1.30	-1.62
42	79.00	-3.54	-1.41	-1.74
43	81.00	-3.62	-1.49	-1.84
44	83.00	-3.67	-1.55	-1.90
45	85.00	-3.70	-1.58	-1.94
46	87.00	-3.70	-1.57	-1.95
47	89.00	-3.66	-1.54	-1.94
48	91.00	-3.59	-1.47	-1.91
49	93.00	-3.50	-1.37	-1.85
50	95.00	-3.37	-1.25	-1.77
51	97.00	-3.21	-1.11	-1.66
52	99.00	-3.02	-0.89	-1.52
53	101.00	-2.79	-0.67	-1.34
54	103.00	-2.53	-0.40	-1.12
55	105.00	-2.00	0.13	-0.34
56	107.00	-1.66	0.48	-0.02
57	109.00	-1.42	0.74	0.25
58	111.00	-1.13	1.04	0.70
59	113.00	-0.80	1.38	0.97
60	113.70	-0.44	1.74	1.17
61	115.00	-0.11	1.65	1.13
62	116.30	0.15	1.92	1.15
63	117.00	-0.27	1.91	1.21
64	119.00	-0.40	1.78	1.15
65	121.00	-0.74	1.43	0.94
66	123.00	-1.07	1.09	0.63
67	125.00	-1.37	0.77	0.05
68	127.00	-1.61	0.52	-0.19
69	129.00	-1.82	0.31	-0.38
70	131.00	-2.24	-0.11	-1.11
71	133.00	-2.47	-0.35	-1.31
72	135.00	-2.68	-0.58	-1.48
73	137.00	-2.86	-0.73	-1.62
74	139.00	-3.01	-0.88	-1.74
75	141.00	-3.13	-1.01	-1.84
76	143.00	-3.23	-1.10	-1.90
77	145.00	-3.30	-1.17	-1.94
78	147.00	-3.34	-1.21	-1.95
79	149.00	-3.34	-1.22	-1.94
80	151.00	-3.32	-1.19	-1.91
81	153.00	-3.27	-1.14	-1.85
82	155.00	-3.18	-1.06	-1.77
83	157.00	-3.07	-0.94	-1.66
84	159.00	-2.92	-0.79	-1.52
85	161.00	-2.74	-0.61	-1.34
86	163.00	-2.52	-0.40	-1.12
87	165.00	-2.03	0.10	-0.34
88	167.00	-1.71	0.43	-0.02
89	169.00	-1.50	0.66	0.25
90	171.00	-1.27	0.90	0.70
91	173.00	-0.96	1.22	0.97
92	173.70	-0.64	1.54	1.17
93	175.00	-0.32	1.44	1.13
94	176.30	-0.02	1.74	1.15
95	177.00	-0.45	1.74	1.21
96	179.00	-0.58	1.60	1.15
97	181.00	-0.92	1.26	0.94
98	183.00	-1.24	0.93	0.63
99	185.00	-1.51	0.63	0.05
100	187.00	-1.75	0.38	-0.19
101	189.00	-1.95	0.17	-0.38
102	191.00	-2.41	-0.28	-1.11
103	193.00	-2.64	-0.51	-1.31
104	195.00	-2.83	-0.70	-1.48
105	197.00	-3.01	-0.88	-1.62
106	199.00	-3.15	-1.02	-1.74
107	201.00	-3.27	-1.14	-1.84
108	203.00	-3.35	-1.22	-1.90
109	205.00	-3.42	-1.29	-1.94
110	207.00	-3.45	-1.32	-1.95
111	209.00	-3.44	-1.31	-1.94
112	211.00	-3.41	-1.28	-1.91
113	213.00	-3.35	-1.22	-1.85
114	215.00	-3.26	-1.13	-1.77
115	217.00	-3.14	-1.01	-1.66
116	219.00	-2.98	-0.85	-1.52
117	221.00	-2.79	-0.66	-1.34
118	223.00	-2.56	-0.43	-1.12
119	225.00	-2.05	0.08	-0.34
120	227.00	-1.72	0.42	-0.02
121	229.00	-1.51	0.65	0.25
122	231.00	-1.27	0.90	0.70
123	233.00	-0.96	1.22	0.97
124	233.70	-0.63	1.55	1.17
125	235.00	-0.31	1.45	1.13
126	236.30	-0.03	1.73	1.15
127	237.00	-0.46	1.73	1.21
128	239.00	-0.59	1.60	1.15
129	241.00	-0.92	1.25	0.94
130	243.00	-1.24	0.92	0.63
131	245.00	-1.51	0.63	0.05
132	247.00	-1.74	0.39	-0.19
133	249.00	-1.95	0.18	-0.38
134	251.00	-2.40	-0.27	-1.11
135	253.00	-2.62	-0.49	-1.31
136	255.00	-2.82	-0.68	-1.48
137	257.00	-2.98	-0.85	-1.62

Verificação do estado limite de descompressão
Fase de Construção 6 - Fuso Limite

Quadro 5.39

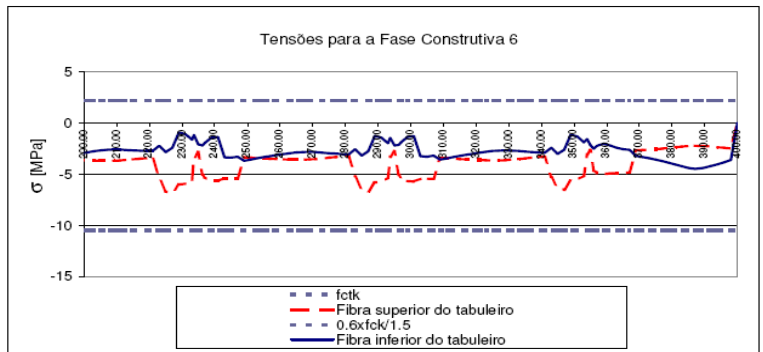
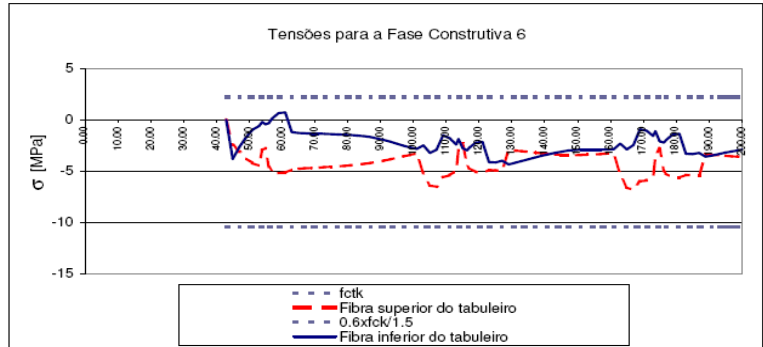


Secções	X [m]	Tensão para a Fase Construtiva 6			
		Tensões Máximas		Tensões Mínimas	
		$\sigma_{sup. viga}$ [MPa]	$\sigma_{inf. viga}$ [MPa]	$\sigma_{sup. viga}$ [MPa]	$\sigma_{inf. viga}$ [MPa]
22	43.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23	45.00	-2.48	-3.85	-2.48	-3.85
24	47.00	-3.13	-2.68	-3.13	-2.68
25	49.00	-3.71	-1.74	-3.71	-1.74
26	51.00	-4.22	-0.98	-4.22	-0.98
27	53.00	-4.50	-0.64	-4.50	-0.64
28	54.00	-2.97	-0.24	-2.97	-0.24
29	55.00	-2.81	-0.45	-2.81	-0.45
30	56.00	-4.63	-0.33	-4.63	-0.33
31	57.00	-4.92	0.12	-4.92	0.12
32	59.00	-5.20	0.65	-5.20	0.65
33	61.00	-5.18	0.71	-5.18	0.71
34	63.00	-4.84	-1.22	-4.84	-1.22
35	65.00	-4.79	-1.31	-4.79	-1.31
36	67.00	-4.74	-1.33	-4.74	-1.33
37	69.00	-4.70	-1.35	-4.70	-1.35
38	71.00	-4.67	-1.37	-4.67	-1.37
39	73.00	-4.63	-1.38	-4.63	-1.38
40	75.00	-4.59	-1.40	-4.59	-1.40
41	77.00	-4.54	-1.43	-4.54	-1.43
42	79.00	-4.50	-1.46	-4.50	-1.46
43	81.00	-4.44	-1.51	-4.44	-1.51
44	83.00	-4.38	-1.55	-4.38	-1.55
45	85.00	-4.32	-1.60	-4.32	-1.60
46	87.00	-4.23	-1.70	-4.23	-1.70
47	89.00	-4.13	-1.82	-4.13	-1.82
48	91.00	-4.01	-1.97	-4.01	-1.97
49	93.00	-3.87	-2.15	-3.87	-2.15
50	95.00	-3.72	-2.35	-3.72	-2.35
51	97.00	-3.58	-2.53	-3.58	-2.53
52	99.00	-3.44	-2.69	-3.44	-2.69
53	101.00	-3.31	-2.85	-3.31	-2.85
54	103.00	-5.24	-2.50	-5.24	-2.50
55	105.00	-6.42	-3.24	-6.42	-3.24
56	107.00	-6.52	-2.95	-6.52	-2.95
57	109.00	-5.62	-1.54	-5.62	-1.54
58	111.00	-5.41	-1.81	-5.41	-1.81
59	113.00	-4.99	-2.42	-4.99	-2.42
60	113.70	-3.00	-1.90	-3.00	-1.90
61	115.00	-2.39	-2.79	-2.39	-2.79
62	116.30	-4.48	-2.99	-4.48	-2.99
63	117.00	-4.71	-2.75	-4.71	-2.75
64	119.00	-5.09	-2.22	-5.09	-2.22
65	121.00	-5.15	-2.18	-5.15	-2.18
66	123.00	-4.89	-4.14	-4.89	-4.14
67	125.00	-4.92	-4.16	-4.92	-4.16
68	127.00	-4.98	-4.01	-4.98	-4.01
69	129.00	-2.94	-4.35	-2.94	-4.35
70	131.00	-3.01	-4.18	-3.01	-4.18
71	133.00	-3.08	-4.02	-3.08	-4.02
72	135.00	-3.15	-3.85	-3.15	-3.85
73	137.00	-3.21	-3.69	-3.21	-3.69
74	139.00	-3.27	-3.54	-3.27	-3.54
75	141.00	-3.33	-3.39	-3.33	-3.39
76	143.00	-3.38	-3.25	-3.38	-3.25
77	145.00	-3.43	-3.12	-3.43	-3.12
78	147.00	-3.45	-3.03	-3.45	-3.03
79	149.00	-3.46	-2.97	-3.46	-2.97
80	151.00	-3.45	-2.93	-3.45	-2.93
81	153.00	-3.42	-2.93	-3.42	-2.93
82	155.00	-3.38	-2.94	-3.38	-2.94
83	157.00	-3.34	-2.93	-3.34	-2.93
84	159.00	-3.31	-2.91	-3.31	-2.91
85	161.00	-3.29	-2.88	-3.29	-2.88
86	163.00	-5.34	-2.35	-5.34	-2.35
87	165.00	-6.62	-2.91	-6.62	-2.91
88	167.00	-6.53	-2.47	-6.53	-2.47
89	169.00	-6.03	-0.93	-6.03	-0.93
90	171.00	-5.92	-1.08	-5.92	-1.08
91	173.00	-5.60	-1.58	-5.60	-1.58
92	173.70	-3.51	-1.13	-3.51	-1.13
93	175.00	-2.83	-2.13	-2.83	-2.13
94	176.30	-5.04	-2.24	-5.04	-2.24
95	177.00	-5.26	-1.98	-5.26	-1.98
96	179.00	-5.62	-1.44	-5.62	-1.44
97	181.00	-5.67	-1.39	-5.67	-1.39
98	183.00	-5.39	-3.33	-5.39	-3.33
99	185.00	-5.41	-3.36	-5.41	-3.36
100	187.00	-5.44	-3.24	-5.44	-3.24
101	189.00	-3.38	-3.62	-3.38	-3.62
102	191.00	-3.43	-3.49	-3.43	-3.49
103	193.00	-3.48	-3.36	-3.48	-3.36
104	195.00	-3.52	-3.23	-3.52	-3.23
105	197.00	-3.57	-3.10	-3.57	-3.10
106	199.00	-3.61	-2.99	-3.61	-2.99
107	201.00	-3.64	-2.88	-3.64	-2.88
108	203.00	-3.67	-2.77	-3.67	-2.77
109	205.00	-3.70	-2.67	-3.70	-2.67
110	207.00	-3.70	-2.62	-3.70	-2.62
111	209.00	-3.69	-2.60	-3.69	-2.60
112	211.00	-3.65	-2.60	-3.65	-2.60
113	213.00	-3.60	-2.63	-3.60	-2.63
114	215.00	-3.54	-2.68	-3.54	-2.68
115	217.00	-3.48	-2.71	-3.48	-2.71
116	219.00	-3.43	-2.72	-3.43	-2.72
117	221.00	-3.39	-2.73	-3.39	-2.73
118	223.00	-5.41	-2.23	-5.41	-2.23
119	225.00	-6.68	-2.83	-6.68	-2.83
120	227.00	-6.86	-2.43	-6.86	-2.43
121	229.00	-6.04	-0.93	-6.04	-0.93
122	231.00	-5.92	-1.11	-5.92	-1.11
123	233.00	-5.57	-1.63	-5.57	-1.63
124	233.70	-3.48	-1.19	-3.48	-1.19
125	235.00	-2.86	-2.09	-2.86	-2.09
126	236.30	-5.07	-2.21	-5.07	-2.21
127	237.00	-5.29	-1.95	-5.29	-1.95
128	239.00	-5.64	-1.42	-5.64	-1.42
129	241.00	-5.68	-1.38	-5.68	-1.38
130	243.00	-5.39	-3.34	-5.39	-3.34
131	245.00	-5.40	-3.38	-5.40	-3.38
132	247.00	-5.42	-3.28	-5.42	-3.28
133	249.00	-3.35	-3.68	-3.35	-3.68

VIADUTO SOBRE A RIBEIRA DE ZACARIAS (V3)

Tensões para a fase construtiva 6

Quadro 5.40

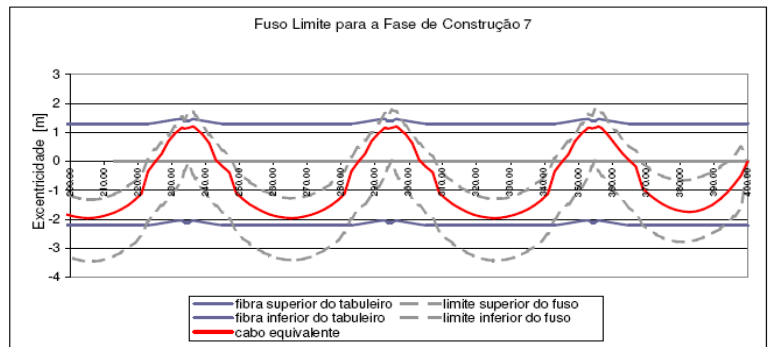
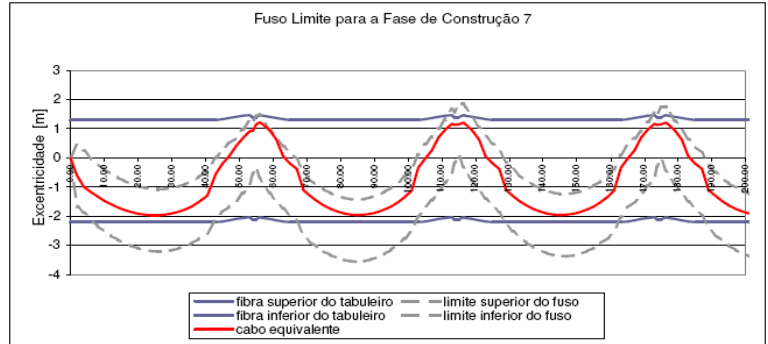


VIADUTO SOBRE A RIBEIRA DE ZACARIAS (V3)

Secções	x [m]	Fuso		Cabo Equivalente [m]
		Limite Inferior [m]	Limite Superior [m]	
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	2,00	-1,67	0,46	-0,61
3	4,00	-1,89	0,24	-0,99
4	6,00	-2,12	0,00	-1,17
5	8,00	-2,33	-0,20	-1,33
6	10,00	-2,51	-0,39	-1,47
7	12,00	-2,67	-0,54	-1,59
8	14,00	-2,80	-0,68	-1,70
9	16,00	-2,92	-0,79	-1,79
10	18,00	-3,02	-0,89	-1,86
11	20,00	-3,10	-0,97	-1,91
12	22,00	-3,16	-1,03	-1,95
13	24,00	-3,19	-1,07	-1,96
14	26,00	-3,21	-1,08	-1,96
15	28,00	-3,19	-1,07	-1,94
16	30,00	-3,16	-1,03	-1,90
17	32,00	-3,10	-0,98	-1,84
18	34,00	-3,02	-0,89	-1,76
19	36,00	-2,91	-0,79	-1,65
20	38,00	-2,78	-0,66	-1,51
21	40,50	-2,58	-0,46	-1,29
22	43,00	-2,12	0,01	-0,55
23	45,00	-1,86	0,28	-0,20
24	47,00	-1,66	0,50	0,06
25	49,00	-1,49	0,68	0,40
26	51,00	-1,21	0,97	0,67
27	53,00	-0,92	1,26	0,91
28	54,00	-0,56	1,20	0,92
29	55,00	-0,32	1,44	1,15
30	56,00	-0,70	1,48	1,22
31	57,00	-0,87	1,31	1,15
32	59,00	-1,20	0,97	0,94
33	61,00	-1,51	0,65	0,63
34	63,00	-1,74	0,40	0,05
35	65,00	-1,96	0,17	-0,19
36	67,00	-2,15	-0,03	-0,38
37	69,00	-2,66	-0,53	-1,11
38	71,00	-2,87	-0,74	-1,31
39	73,00	-3,05	-0,92	-1,48
40	75,00	-3,20	-1,08	-1,62
41	77,00	-3,33	-1,20	-1,74
42	79,00	-3,43	-1,30	-1,84
43	81,00	-3,50	-1,37	-1,90
44	83,00	-3,54	-1,41	-1,94
45	85,00	-3,55	-1,43	-1,95
46	87,00	-3,53	-1,41	-1,94
47	89,00	-3,48	-1,36	-1,91
48	91,00	-3,40	-1,28	-1,85
49	93,00	-3,29	-1,16	-1,77
50	95,00	-3,15	-1,02	-1,66
51	97,00	-2,97	-0,85	-1,52
52	99,00	-2,76	-0,64	-1,34
53	101,00	-2,52	-0,39	-1,12
54	103,00	-2,00	0,13	-0,34
55	105,00	-1,67	0,47	0,02
56	107,00	-1,45	0,71	0,25
57	109,00	-1,18	1,00	0,70
58	111,00	-0,85	1,33	0,97
59	113,00	-0,51	1,67	1,17
60	113,70	-0,18	1,58	1,13
61	115,00	0,11	1,87	1,15
62	116,30	-0,32	1,86	1,21
63	117,00	-0,45	1,73	1,15
64	119,00	-0,79	1,38	0,94
65	121,00	-1,11	1,05	0,63
66	123,00	-1,41	0,74	0,05
67	125,00	-1,64	0,48	-0,19
68	127,00	-1,86	0,27	-0,38
69	129,00	-2,29	-0,16	-1,11
70	131,00	-2,52	-0,39	-1,31
71	133,00	-2,72	-0,59	-1,48
72	135,00	-2,90	-0,77	-1,62
73	137,00	-3,05	-0,92	-1,74
74	139,00	-3,17	-1,04	-1,84
75	141,00	-3,26	-1,13	-1,90
76	143,00	-3,33	-1,20	-1,94
77	145,00	-3,36	-1,23	-1,95
78	147,00	-3,37	-1,24	-1,94
79	149,00	-3,34	-1,21	-1,91
80	151,00	-3,28	-1,16	-1,85
81	153,00	-3,20	-1,07	-1,77
82	155,00	-3,08	-0,95	-1,66
83	157,00	-2,93	-0,80	-1,52
84	159,00	-2,74	-0,62	-1,34
85	161,00	-2,53	-0,40	-1,12
86	163,00	-2,03	0,10	-0,34
87	165,00	-1,71	0,43	-0,02
88	167,00	-1,50	0,66	0,25
89	169,00	-1,26	0,91	0,70
90	171,00	-0,95	1,23	0,97
91	173,00	-0,63	1,55	1,17
92	173,70	-0,31	1,45	1,13
93	175,00	-0,01	1,75	1,15
94	176,30	-0,44	1,75	1,21
95	177,00	-0,57	1,62	1,15
96	179,00	-0,91	1,27	0,94
97	181,00	-1,23	0,94	0,63
98	183,00	-1,50	0,64	0,05
99	185,00	-1,74	0,39	-0,19
100	187,00	-1,95	0,18	-0,38
101	189,00	-2,40	-0,27	-1,11
102	191,00	-2,63	-0,50	-1,31
103	193,00	-2,83	-0,70	-1,48
104	195,00	-3,01	-0,87	-1,62
105	197,00	-3,15	-1,02	-1,74
106	199,00	-3,27	-1,14	-1,84
107	201,00	-3,36	-1,23	-1,90
108	203,00	-3,42	-1,29	-1,94
109	205,00	-3,45	-1,32	-1,95
110	207,00	-3,45	-1,32	-1,94
111	209,00	-3,42	-1,29	-1,91
112	211,00	-3,36	-1,23	-1,85
113	213,00	-3,27	-1,14	-1,77
114	215,00	-3,15	-1,02	-1,66
115	217,00	-2,99	-0,86	-1,52
116	219,00	-2,81	-0,67	-1,34

Verificação do estado limite de descompressão
Fase de Construção 7 - Fuso Limite

Quadro 5.41



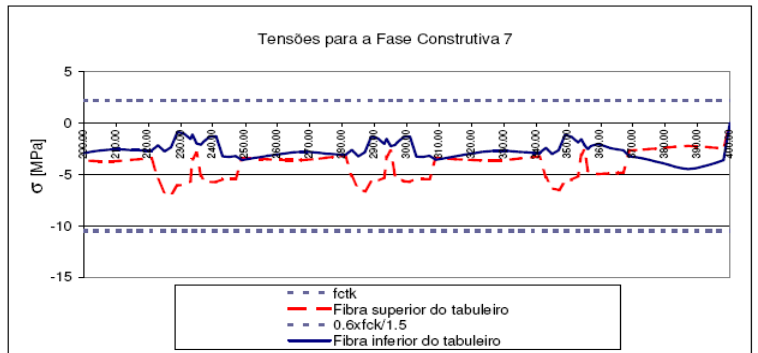
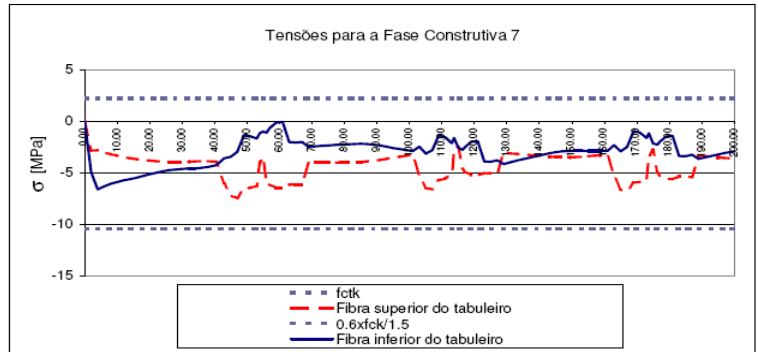
Trabalho Final de Mestrado - Relatório de Estágio: "Construção de Viadutos através do método de Viga de Lançamento"

Tensão para a Fase Construtiva 7					
Seções	x [m]	Tensões Máximas		Tensões Mínimas	
		$\sigma_{sup, viga}$ [MPa]	$\sigma_{inf, viga}$ [MPa]	$\sigma_{sup, viga}$ [MPa]	$\sigma_{inf, viga}$ [MPa]
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	2.00	-2.88	-4.95	-2.88	-4.95
3	4.00	-2.83	-6.61	-2.83	-6.61
4	6.00	-3.03	-6.33	-3.03	-6.33
5	8.00	-3.21	-6.09	-3.21	-6.09
6	10.00	-3.37	-5.90	-3.37	-5.90
7	12.00	-3.50	-5.76	-3.50	-5.76
8	14.00	-3.61	-5.64	-3.61	-5.64
9	16.00	-3.69	-5.50	-3.69	-5.50
10	18.00	-3.78	-5.31	-3.78	-5.31
11	20.00	-3.85	-5.15	-3.85	-5.15
12	22.00	-3.90	-5.01	-3.90	-5.01
13	24.00	-3.94	-4.87	-3.94	-4.87
14	26.00	-3.96	-4.77	-3.96	-4.77
15	28.00	-3.97	-4.70	-3.97	-4.70
16	30.00	-3.96	-4.64	-3.96	-4.64
17	32.00	-3.95	-4.60	-3.95	-4.60
18	34.00	-3.92	-4.58	-3.92	-4.58
19	36.00	-3.90	-4.53	-3.90	-4.53
20	38.00	-3.90	-4.45	-3.90	-4.45
21	40.50	-3.93	-4.30	-3.93	-4.30
22	43.00	-6.05	-3.61	-6.05	-3.61
23	45.00	-7.23	-3.47	-7.23	-3.47
24	47.00	-7.45	-2.98	-7.45	-2.98
25	49.00	-6.54	-1.44	-6.54	-1.44
26	51.00	-6.48	-1.48	-6.48	-1.48
27	53.00	-6.31	-1.68	-6.31	-1.68
28	54.00	-3.99	-1.15	-3.99	-1.15
29	55.00	-3.55	-1.02	-3.55	-1.02
30	56.00	-5.84	-1.14	-5.84	-1.14
31	57.00	-6.15	-0.69	-6.15	-0.69
32	59.00	-6.48	-0.15	-6.48	-0.15
33	61.00	-6.48	-0.10	-6.48	-0.10
34	63.00	-6.17	-2.03	-6.17	-2.03
35	65.00	-6.15	-2.09	-6.15	-2.09
36	67.00	-6.13	-2.05	-6.13	-2.05
37	69.00	-4.02	-2.51	-4.02	-2.51
38	71.00	-4.02	-2.46	-4.02	-2.46
39	73.00	-4.02	-2.41	-4.02	-2.41
40	75.00	-4.02	-2.36	-4.02	-2.36
41	77.00	-4.02	-2.31	-4.02	-2.31
42	79.00	-4.01	-2.28	-4.01	-2.28
43	81.00	-4.00	-2.25	-4.00	-2.25
44	83.00	-3.99	-2.22	-3.99	-2.22
45	85.00	-3.96	-2.21	-3.96	-2.21
46	87.00	-3.92	-2.24	-3.92	-2.24
47	89.00	-3.86	-2.29	-3.86	-2.29
48	91.00	-3.78	-2.37	-3.78	-2.37
49	93.00	-3.68	-2.48	-3.68	-2.48
50	95.00	-3.56	-2.61	-3.56	-2.61
51	97.00	-3.46	-2.72	-3.46	-2.72
52	99.00	-3.36	-2.82	-3.36	-2.82
53	101.00	-3.27	-2.91	-3.27	-2.91
54	103.00	-3.25	-2.49	-3.25	-2.49
55	105.00	-6.47	-3.16	-6.47	-3.16
56	107.00	-6.61	-2.81	-6.61	-2.81
57	109.00	-5.75	-1.95	-5.75	-1.95
58	111.00	-5.58	-1.57	-5.58	-1.57
59	113.00	-5.19	-2.14	-5.19	-2.14
60	113.70	-3.17	-1.65	-3.17	-1.65
61	115.00	-2.51	-2.60	-2.51	-2.61
62	116.30	-4.64	-2.78	-4.64	-2.78
63	117.00	-4.86	-2.53	-4.86	-2.53
64	119.00	-5.24	-2.00	-5.24	-2.00
65	121.00	-5.29	-1.96	-5.29	-1.96
66	123.00	-5.03	-3.92	-5.03	-3.92
67	125.00	-5.06	-3.94	-5.06	-3.94
68	127.00	-5.11	-3.80	-5.11	-3.80
69	129.00	-3.05	-4.16	-3.05	-4.16
70	131.00	-3.12	-4.00	-3.12	-4.00
71	133.00	-3.18	-3.84	-3.18	-3.84
72	135.00	-3.24	-3.69	-3.24	-3.69
73	137.00	-3.30	-3.54	-3.30	-3.54
74	139.00	-3.36	-3.40	-3.36	-3.40
75	141.00	-3.41	-3.27	-3.41	-3.27
76	143.00	-3.45	-3.14	-3.45	-3.14
77	145.00	-3.49	-3.02	-3.49	-3.02
78	147.00	-3.51	-2.94	-3.51	-2.94
79	149.00	-3.51	-2.89	-3.51	-2.89
80	151.00	-3.49	-2.87	-3.49	-2.87
81	153.00	-3.45	-2.88	-3.45	-2.88
82	155.00	-3.40	-2.90	-3.40	-2.90
83	157.00	-3.36	-2.90	-3.36	-2.90
84	159.00	-3.33	-2.90	-3.33	-2.90
85	161.00	-3.30	-2.88	-3.30	-2.88
86	163.00	-5.34	-2.36	-5.34	-2.36
87	165.00	-6.61	-2.93	-6.61	-2.93
88	167.00	-6.81	-2.50	-6.81	-2.50
89	169.00	-6.01	-0.97	-6.01	-0.97
90	171.00	-5.90	-1.13	-5.90	-1.13
91	173.00	-5.57	-1.63	-5.57	-1.63
92	173.70	-3.48	-1.18	-3.48	-1.18
93	175.00	-2.80	-2.17	-2.80	-2.18
94	176.30	-5.00	-2.29	-5.00	-2.29
95	177.00	-5.22	-2.03	-5.22	-2.03
96	179.00	-5.59	-1.49	-5.59	-1.49
97	181.00	-5.64	-1.44	-5.64	-1.44
98	183.00	-5.37	-3.38	-5.37	-3.38
99	185.00	-5.39	-3.40	-5.39	-3.40
100	187.00	-5.42	-3.27	-5.42	-3.27
101	189.00	-3.36	-3.65	-3.36	-3.65
102	191.00	-3.42	-3.51	-3.42	-3.51
103	193.00	-3.47	-3.37	-3.47	-3.37
104	195.00	-3.52	-3.24	-3.52	-3.24
105	197.00	-3.57	-3.11	-3.57	-3.11
106	199.00	-3.61	-2.99	-3.61	-2.99
107	201.00	-3.65	-2.98	-3.65	-2.98
108	203.00	-3.68	-2.76	-3.68	-2.76
109	205.00	-3.71	-2.66	-3.71	-2.66
110	207.00	-3.72	-2.60	-3.72	-2.60
111	209.00	-3.71	-2.57	-3.71	-2.57
112	211.00	-3.68	-2.57	-3.68	-2.57

VIADUTO SOBRE A RIBEIRA DE ZACARIAS (V3)

Tensões para a fase construtiva 7

Quadro 5.42



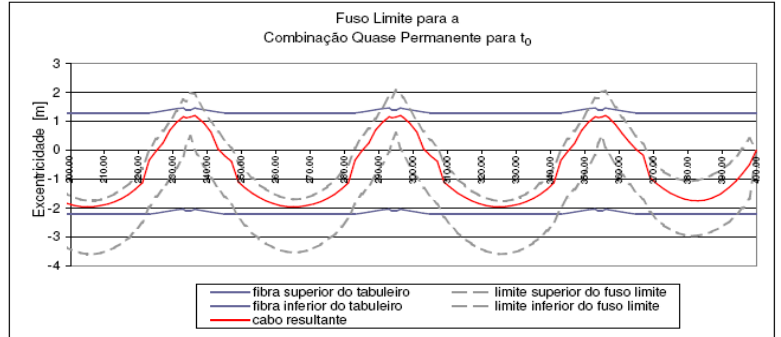
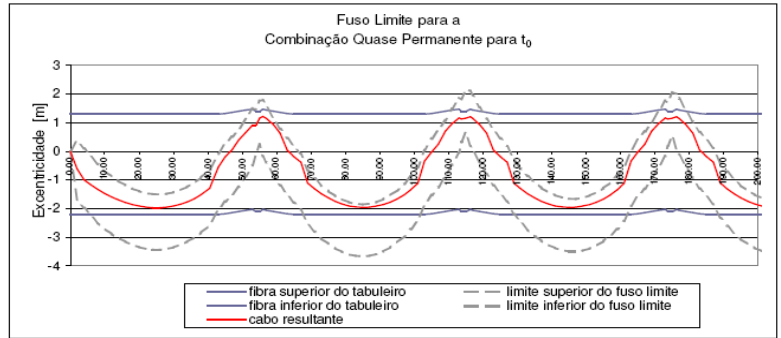
Trabalho Final de Mestrado - Relatório de Estágio: "Construção de Viadutos através do método de Viga de Lançamento"

Secções	x [m]	Combinação Quase Permanente a t_0		Cabo Equivalente [m]
		Fuso		
		Limite Inferior [m]	Limite Superior [m]	
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	2.00	-1.72	0.37	-0.61
3	4.00	-1.98	0.10	-0.99
4	6.00	-2.25	-0.19	-1.17
5	8.00	-2.49	-0.45	-1.33
6	10.00	-2.70	-0.68	-1.47
7	12.00	-2.88	-0.87	-1.59
8	14.00	-3.03	-1.04	-1.70
9	16.00	-3.15	-1.18	-1.79
10	18.00	-3.26	-1.30	-1.86
11	20.00	-3.34	-1.39	-1.91
12	22.00	-3.40	-1.46	-1.95
13	24.00	-3.43	-1.50	-1.96
14	26.00	-3.43	-1.50	-1.96
15	28.00	-3.41	-1.48	-1.94
16	30.00	-3.35	-1.43	-1.90
17	32.00	-3.27	-1.35	-1.84
18	34.00	-3.15	-1.24	-1.76
19	36.00	-3.01	-1.09	-1.65
20	38.00	-2.83	-0.92	-1.51
21	40.50	-2.57	-0.65	-1.29
22	42.00	-2.30	-0.38	-1.05
23	45.00	-1.76	0.25	-0.20
24	47.00	-1.51	0.52	0.06
25	49.00	-1.23	0.77	0.40
26	51.00	-0.88	1.13	0.67
27	53.00	-0.50	1.49	0.91
28	54.00	-0.10	1.46	0.92
29	55.00	0.25	1.77	1.15
30	56.00	0.17	1.78	1.22
31	57.00	-0.39	1.57	1.15
32	59.00	-0.80	1.17	0.94
33	61.00	-1.18	0.78	0.63
34	63.00	-1.51	0.46	0.05
35	65.00	-1.79	0.17	-0.19
36	67.00	-2.04	-0.08	-0.38
37	69.00	-2.25	-0.67	-1.11
38	71.00	-2.41	-0.94	-1.31
39	73.00	-3.03	-1.18	-1.48
40	75.00	-3.23	-1.38	-1.62
41	77.00	-3.38	-1.55	-1.74
42	79.00	-3.51	-1.68	-1.84
43	81.00	-3.59	-1.77	-1.90
44	83.00	-3.65	-1.83	-1.94
45	85.00	-3.67	-1.85	-1.95
46	87.00	-3.65	-1.83	-1.94
47	89.00	-3.59	-1.77	-1.91
48	91.00	-3.49	-1.67	-1.85
49	93.00	-3.36	-1.54	-1.77
50	95.00	-3.18	-1.36	-1.66
51	97.00	-2.97	-1.14	-1.52
52	99.00	-2.72	-0.88	-1.34
53	101.00	-2.42	-0.57	-1.12
54	103.00	-1.88	0.04	-0.34
55	105.00	-1.53	0.44	-0.02
56	107.00	-1.26	0.73	0.25
57	109.00	-0.87	1.08	0.70
58	111.00	-0.47	1.48	0.97
59	113.00	-0.05	1.88	1.17
60	113.70	0.31	1.81	1.13
61	115.00	0.68	2.15	1.15
62	116.30	0.19	2.11	1.21
63	117.00	0.03	1.95	1.15
64	119.00	-0.40	1.54	0.94
65	121.00	-0.80	1.13	0.63
66	123.00	-1.19	0.76	0.05
67	125.00	-1.48	0.45	-0.19
68	127.00	-1.75	0.19	-0.38
69	129.00	-2.20	-0.32	-1.11
70	131.00	-2.48	-0.61	-1.31
71	133.00	-2.73	-0.87	-1.48
72	135.00	-2.94	-1.09	-1.62
73	137.00	-3.12	-1.27	-1.74
74	139.00	-3.26	-1.42	-1.84
75	141.00	-3.38	-1.54	-1.90
76	143.00	-3.45	-1.62	-1.94
77	145.00	-3.50	-1.66	-1.95
78	147.00	-3.50	-1.66	-1.94
79	149.00	-3.46	-1.62	-1.91
80	151.00	-3.39	-1.55	-1.85
81	153.00	-3.28	-1.43	-1.77
82	155.00	-3.13	-1.28	-1.66
83	157.00	-2.94	-1.08	-1.52
84	159.00	-2.71	-0.85	-1.34
85	161.00	-2.44	-0.57	-1.12
86	163.00	-1.91	0.03	-0.34
87	165.00	-1.57	0.41	-0.02
88	167.00	-1.31	0.69	0.25
89	169.00	-0.95	1.01	0.70
90	171.00	-0.57	1.38	0.97
91	173.00	-0.17	1.77	1.17
92	173.70	0.19	1.69	1.13
93	175.00	0.54	2.06	1.15
94	176.30	0.06	2.01	1.21
95	177.00	-0.11	1.86	1.15
96	179.00	-0.53	1.44	0.94
97	181.00	-0.92	1.04	0.63
98	183.00	-1.30	0.68	0.05
99	185.00	-1.59	0.38	-0.19
100	187.00	-1.85	0.11	-0.38
101	189.00	-2.33	-0.42	-1.11
102	191.00	-2.60	-0.71	-1.31
103	193.00	-2.85	-0.97	-1.48
104	195.00	-3.05	-1.18	-1.62
105	197.00	-3.23	-1.37	-1.74
106	199.00	-3.37	-1.52	-1.84
107	201.00	-3.48	-1.63	-1.90
108	203.00	-3.55	-1.70	-1.94
109	205.00	-3.59	-1.74	-1.95
110	207.00	-3.59	-1.74	-1.94
111	209.00	-3.55	-1.70	-1.91
112	211.00	-3.47	-1.62	-1.85
113	213.00	-3.36	-1.51	-1.77
114	215.00	-3.20	-1.35	-1.66
115	217.00	-3.01	-1.15	-1.52
116	219.00	-2.78	-0.91	-1.34
117	221.00	-2.50	-0.62	-1.12
118	223.00	-1.96	-0.01	-0.34
119	225.00	-1.61	0.39	-0.02
120	227.00	-1.25	0.67	0.25
121	229.00	-1.00	0.99	0.70
122	231.00	-0.61	1.37	0.97
123	233.00	-0.21	1.76	1.17

VIADUTO SOBRE A RIBEIRA DE ZACARIAS (V3)

Verificação do estado limite de descompressão - Combinação quase permanente (t_0) - Fuso Limite

Quadro 5.43



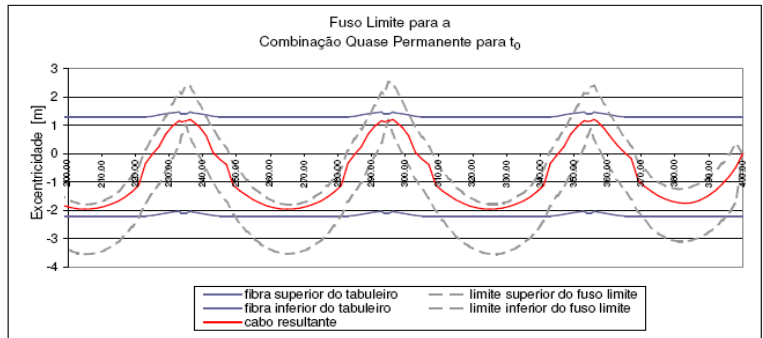
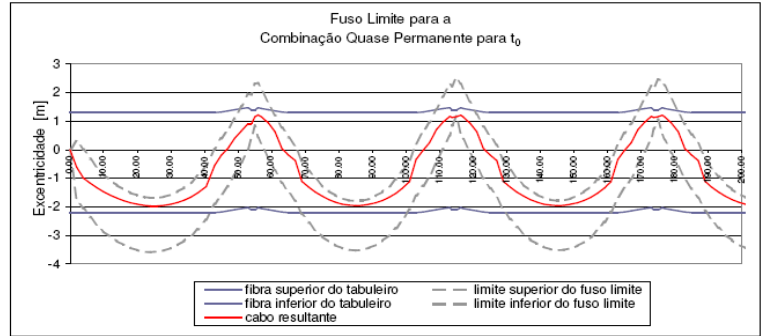
Trabalho Final de Mestrado - Relatório de Estágio: "Construção de Viadutos através do método de Viga de Lançamento"

Seções	Combinação Quase Permanente a t_0			
	x [m]	Fuso		Cabo Equivalente [m]
		Limite Inferior [m]	Limite Superior [m]	
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	2.00	-1.77	0.32	-0.61
3	4.00	-2.06	0.01	-0.99
4	6.00	-2.36	-0.32	-1.17
5	8.00	-2.63	-0.61	-1.33
6	10.00	-2.85	-0.86	-1.47
7	12.00	-3.05	-1.07	-1.59
8	14.00	-3.20	-1.24	-1.70
9	16.00	-3.33	-1.39	-1.79
10	18.00	-3.44	-1.51	-1.85
11	20.00	-3.52	-1.60	-1.91
12	22.00	-3.56	-1.66	-1.95
13	24.00	-3.58	-1.69	-1.96
14	26.00	-3.57	-1.68	-1.96
15	28.00	-3.52	-1.64	-1.94
16	30.00	-3.44	-1.57	-1.90
17	32.00	-3.33	-1.46	-1.84
18	34.00	-3.19	-1.32	-1.76
19	36.00	-3.00	-1.14	-1.65
20	38.00	-2.78	-0.91	-1.51
21	40.50	-2.45	-0.58	-1.29
22	43.00	-1.90	0.03	-0.55
23	45.00	-1.57	0.40	-0.20
24	47.00	-1.28	0.72	0.06
25	49.00	-0.97	1.09	0.40
26	51.00	-0.45	1.51	0.67
27	53.00	0.00	1.94	0.91
28	54.00	0.41	1.92	0.92
29	55.00	0.84	2.31	1.15
30	56.00	0.43	2.34	1.22
31	57.00	0.19	2.10	1.15
32	58.00	-0.28	1.64	0.94
33	61.00	-0.72	1.20	0.63
34	63.00	-1.16	0.77	0.05
35	65.00	-1.49	0.43	-0.19
36	67.00	-1.78	0.14	-0.38
37	69.00	-2.26	-0.42	-1.11
38	71.00	-2.55	-0.74	-1.31
39	73.00	-2.81	-1.02	-1.48
40	75.00	-3.03	-1.25	-1.62
41	77.00	-3.21	-1.44	-1.74
42	79.00	-3.35	-1.59	-1.84
43	81.00	-3.44	-1.70	-1.90
44	83.00	-3.51	-1.77	-1.94
45	85.00	-3.53	-1.80	-1.95
46	87.00	-3.50	-1.78	-1.94
47	89.00	-3.44	-1.72	-1.91
48	91.00	-3.33	-1.62	-1.85
49	93.00	-3.18	-1.47	-1.77
50	95.00	-2.99	-1.28	-1.66
51	97.00	-2.74	-1.03	-1.52
52	99.00	-2.45	-0.73	-1.34
53	101.00	-2.10	-0.38	-1.12
54	103.00	-1.60	0.22	-0.34
55	105.00	-1.27	0.62	-0.02
56	107.00	-0.95	0.95	0.25
57	109.00	-0.43	1.41	0.70
58	111.00	0.02	1.86	0.97
59	113.00	0.49	2.31	1.17
60	113.70	0.84	2.23	1.13
61	115.00	1.18	2.52	1.15
62	116.30	0.55	2.31	1.21
63	117.00	0.38	2.14	1.15
64	119.00	-0.09	1.69	0.94
65	121.00	-0.54	1.24	0.63
66	123.00	-1.01	0.81	0.05
67	125.00	-1.35	0.47	-0.19
68	127.00	-1.65	0.17	-0.38
69	129.00	-2.11	-0.30	-1.11
70	131.00	-2.43	-0.71	-1.31
71	133.00	-2.70	-0.99	-1.48
72	135.00	-2.94	-1.23	-1.62
73	137.00	-3.14	-1.42	-1.74
74	139.00	-3.29	-1.58	-1.84
75	141.00	-3.40	-1.69	-1.90
76	143.00	-3.48	-1.76	-1.94
77	145.00	-3.52	-1.79	-1.95
78	147.00	-3.51	-1.77	-1.94
79	149.00	-3.46	-1.71	-1.91
80	151.00	-3.37	-1.61	-1.85
81	153.00	-3.23	-1.47	-1.77
82	155.00	-3.05	-1.28	-1.66
83	157.00	-2.82	-1.04	-1.52
84	159.00	-2.53	-0.76	-1.34
85	161.00	-2.20	-0.42	-1.12
86	163.00	-1.68	0.18	-0.34
87	165.00	-1.34	0.58	-0.02
88	167.00	-1.02	0.91	0.25
89	169.00	-0.53	1.34	0.70
90	171.00	-0.08	1.78	0.97
91	173.00	0.39	2.22	1.17
92	173.70	0.73	2.14	1.13
93	175.00	1.06	2.46	1.15
94	176.30	0.53	2.42	1.21
95	177.00	0.35	2.25	1.15
96	179.00	-0.12	1.78	0.94
97	181.00	-0.57	1.33	0.63
98	183.00	-1.03	0.88	0.05
99	185.00	-1.37	0.53	-0.19
100	187.00	-1.68	0.23	-0.38
101	189.00	-2.14	-0.32	-1.11
102	191.00	-2.46	-0.65	-1.31
103	193.00	-2.73	-0.93	-1.48
104	195.00	-2.97	-1.18	-1.62
105	197.00	-3.16	-1.38	-1.74
106	199.00	-3.32	-1.55	-1.84
107	201.00	-3.43	-1.67	-1.90
108	203.00	-3.51	-1.75	-1.94
109	205.00	-3.54	-1.78	-1.95
110	207.00	-3.54	-1.78	-1.94
111	209.00	-3.49	-1.73	-1.91
112	211.00	-3.40	-1.64	-1.85
113	213.00	-3.26	-1.50	-1.77
114	215.00	-3.09	-1.32	-1.66
115	217.00	-2.86	-1.09	-1.52
116	219.00	-2.59	-0.81	-1.34
117	221.00	-2.26	-0.47	-1.12
118	223.00	-1.74	0.14	-0.34
119	225.00	-1.39	0.55	-0.02
120	227.00	-1.08	0.88	0.25
121	229.00	-0.61	1.31	0.70
122	231.00	-0.16	1.75	0.97
123	233.00	0.29	2.19	1.17

VIADUTO SOBRE A RIBEIRA DE ZACARIAS (V3)

Verificação do estado limite de descompressão - Combinação quase permanente (t_w) Fuso Limite

Quadro 5.44

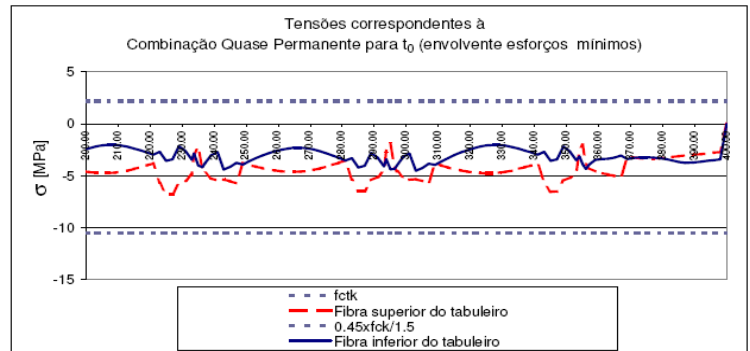
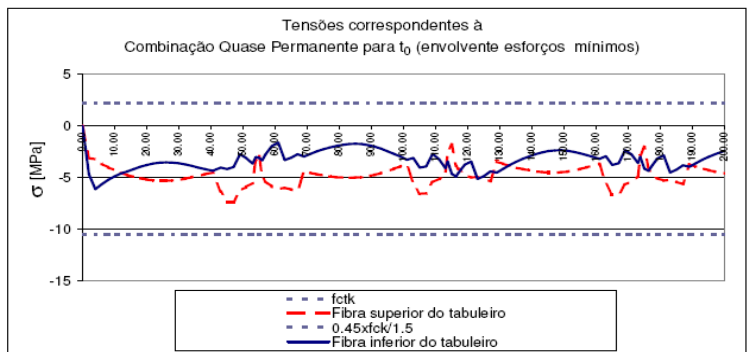
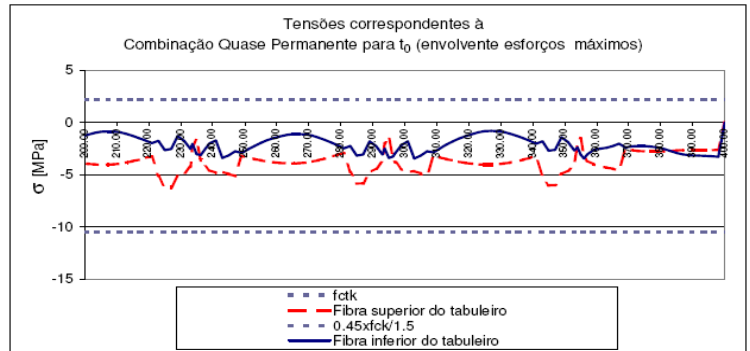
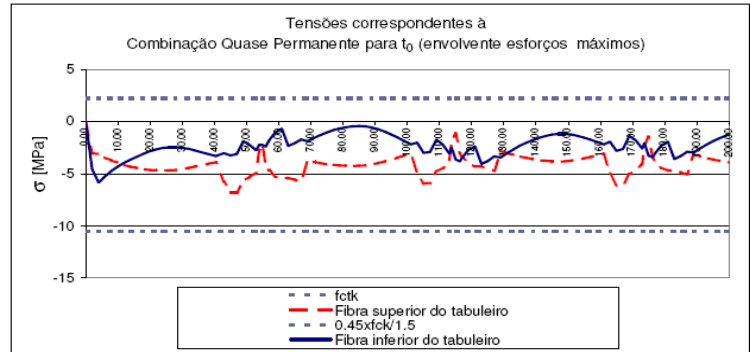


Seções	x [m]	Combinação Quase Permanente a t ₀			
		Tensões Máximas		Tensões Mínimas	
		σ _{sup, viga} [MPa]	σ _{inf, viga} [MPa]	σ _{sup, viga} [MPa]	σ _{inf, viga} [MPa]
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	2.00	-3.04	-4.56	-3.11	-4.69
3	4.00	-3.12	-5.86	-3.27	-6.12
4	6.00	-3.44	-5.26	-3.66	-5.64
5	8.00	-3.73	-4.75	-4.01	-5.23
6	10.00	-3.97	-4.31	-4.31	-4.89
7	12.00	-4.17	-3.95	-4.56	-4.62
8	14.00	-4.34	-3.65	-4.78	-4.40
9	16.00	-4.46	-3.37	-4.95	-4.19
10	18.00	-4.57	-3.08	-5.09	-3.97
11	20.00	-4.65	-2.85	-5.20	-3.79
12	22.00	-4.69	-2.67	-5.28	-3.66
13	24.00	-4.71	-2.54	-5.32	-3.56
14	26.00	-4.69	-2.48	-5.31	-3.53
15	28.00	-4.64	-2.48	-5.28	-3.56
16	30.00	-4.57	-2.53	-5.21	-3.62
17	32.00	-4.46	-2.63	-5.11	-3.73
18	34.00	-4.33	-2.79	-4.98	-3.88
19	36.00	-4.19	-2.95	-4.84	-4.04
20	38.00	-4.06	-3.10	-4.69	-4.18
21	40.00	-3.90	-3.31	-4.51	-4.35
22	43.00	-5.80	-3.03	-6.39	-4.03
23	45.00	-6.79	-3.36	-7.36	-4.20
24	47.00	-6.79	-3.12	-7.36	-4.00
25	49.00	-5.66	-1.90	-6.23	-2.76
26	51.00	-5.32	-2.25	-5.92	-3.11
27	53.00	-4.88	-2.76	-5.53	-3.66
28	54.00	-2.74	-2.22	-3.28	-3.03
29	55.00	-2.19	-2.24	-2.75	-3.10
30	56.00	-4.24	-2.40	-4.92	-3.35
31	57.00	-4.69	-1.84	-5.35	-2.78
32	59.00	-5.26	-1.03	-5.88	-1.96
33	61.00	-5.50	-0.70	-6.10	-1.63
34	63.00	-5.40	-2.34	-5.98	-3.30
35	65.00	-5.56	-2.08	-6.15	-3.07
36	67.00	-5.72	-1.73	-6.32	-2.74
37	69.00	-3.75	-1.89	-4.38	-2.97
38	71.00	-3.88	-1.58	-4.54	-2.70
39	73.00	-3.99	-1.29	-4.68	-2.47
40	75.00	-4.08	-1.04	-4.80	-2.28
41	77.00	-4.16	-0.84	-4.89	-2.09
42	79.00	-4.21	-0.67	-4.96	-1.95
43	81.00	-4.24	-0.56	-5.00	-1.85
44	83.00	-4.25	-0.47	-5.02	-1.77
45	85.00	-4.24	-0.43	-5.01	-1.73
46	87.00	-4.19	-0.47	-4.96	-1.77
47	89.00	-4.11	-0.57	-4.87	-1.86
48	91.00	-3.99	-0.73	-4.74	-2.01
49	93.00	-3.84	-0.96	-4.58	-2.21
50	95.00	-3.66	-1.24	-4.38	-2.46
51	97.00	-3.47	-1.53	-4.16	-2.71
52	99.00	-3.27	-1.85	-3.94	-2.98
53	101.00	-3.06	-2.19	-3.70	-3.27
54	103.00	-4.89	-2.04	-5.52	-3.11
55	105.00	-5.94	-2.99	-6.57	-4.03
56	107.00	-5.89	-2.93	-6.53	-3.93
57	109.00	-4.82	-1.74	-5.49	-2.73
58	111.00	-4.42	-2.22	-5.12	-3.21
59	113.00	-3.78	-3.05	-4.54	-4.10
60	113.70	-1.98	-2.51	-2.60	-3.44
61	115.00	-1.15	-3.65	-1.82	-4.66
62	116.30	-3.10	-3.80	-3.89	-4.90
63	117.00	-3.41	-3.48	-4.18	-4.58
64	119.00	-4.04	-2.69	-4.76	-3.76
65	121.00	-4.33	-2.38	-5.01	-3.45
66	123.00	-4.28	-4.05	-4.94	-5.14
67	125.00	-4.50	-3.77	-5.14	-4.86
68	127.00	-4.73	-3.34	-5.36	-4.42
69	129.00	-2.83	-3.44	-3.47	-4.52
70	131.00	-3.02	-3.03	-3.68	-4.14
71	133.00	-3.19	-2.66	-3.87	-3.80
72	135.00	-3.35	-2.32	-4.04	-3.49
73	137.00	-3.49	-2.02	-4.19	-3.21
74	139.00	-3.60	-1.77	-4.31	-2.96
75	141.00	-3.70	-1.55	-4.41	-2.76
76	143.00	-3.77	-1.37	-4.48	-2.57
77	145.00	-3.82	-1.24	-4.52	-2.43
78	147.00	-3.85	-1.19	-4.53	-2.37
79	149.00	-3.81	-1.20	-4.50	-2.36
80	151.00	-3.75	-1.26	-4.43	-2.41
81	153.00	-3.65	-1.39	-4.32	-2.51
82	155.00	-3.53	-1.57	-4.17	-2.66
83	157.00	-3.39	-1.76	-4.02	-2.82
84	159.00	-3.25	-1.97	-3.86	-3.00
85	161.00	-3.09	-2.20	-3.68	-3.20
86	163.00	-4.97	-1.94	-5.57	-2.94
87	165.00	-6.08	-2.80	-6.68	-3.79
88	167.00	-6.08	-2.66	-6.70	-3.62
89	169.00	-5.07	-1.39	-5.71	-2.35
90	171.00	-4.72	-1.81	-5.40	-2.78
91	173.00	-4.13	-2.57	-4.87	-3.60
92	173.70	-2.28	-2.08	-2.88	-2.99
93	175.00	-1.47	-3.30	-2.05	-4.17
94	176.30	-3.50	-3.40	-4.18	-4.34
95	177.00	-3.82	-3.07	-4.48	-4.01
96	179.00	-4.44	-2.27	-5.05	-3.18
97	181.00	-4.72	-1.94	-5.30	-2.85
98	183.00	-4.66	-3.59	-5.22	-4.52
99	185.00	-4.87	-3.31	-5.42	-4.25
100	187.00	-5.08	-2.89	-5.64	-3.83
101	189.00	-3.17	-2.99	-3.74	-3.96
102	191.00	-3.34	-2.59	-3.94	-3.61
103	193.00	-3.50	-2.23	-4.13	-3.29
104	195.00	-3.64	-1.90	-4.29	-3.00
105	197.00	-3.77	-1.61	-4.44	-2.74
106	199.00	-3.87	-1.37	-4.55	-2.52
107	201.00	-3.95	-1.17	-4.64	-2.34
108	203.00	-4.01	-1.00	-4.70	-2.17
109	205.00	-4.05	-0.88	-4.74	-2.05
110	207.00	-4.05	-0.84	-4.74	-2.01
111	209.00	-4.01	-0.86	-4.70	-2.02
112	211.00	-3.94	-0.94	-4.62	-2.09

VIADUTO SOBRE A RIBEIRA DE ZACARIAS (V3)

Verificação do estado limite de descompressão - Combinação quase permanente (10)

Quadro 5.45



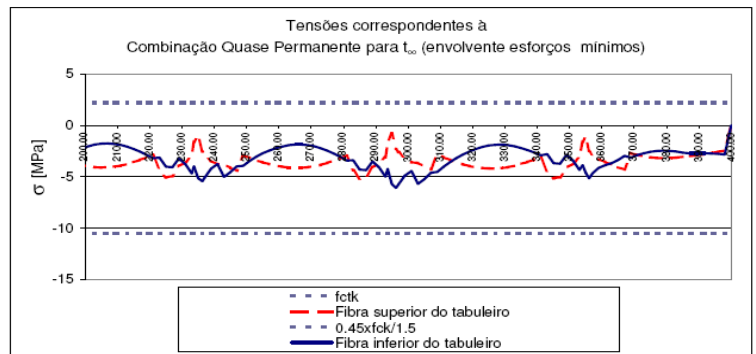
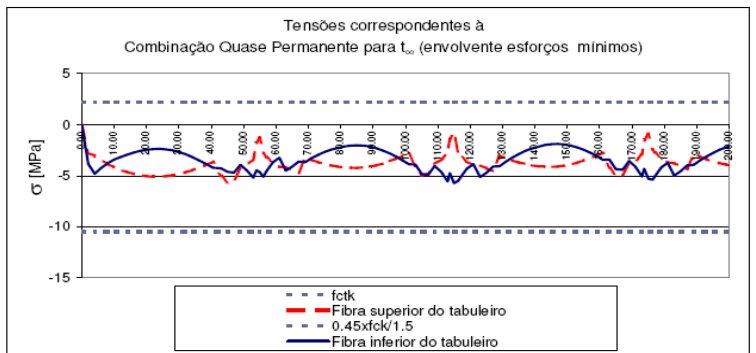
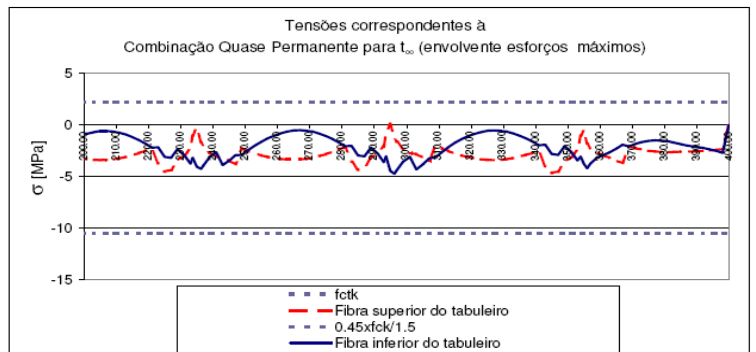
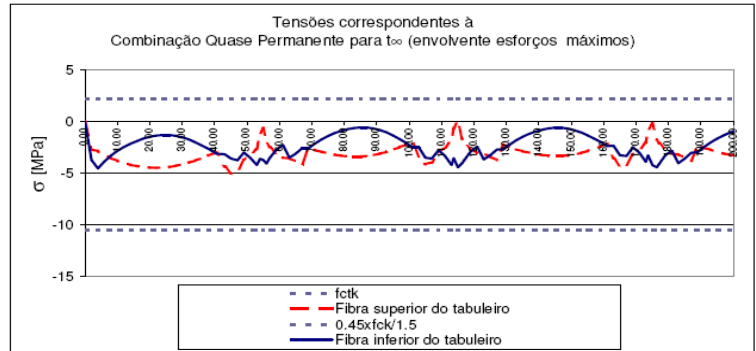
Trabalho Final de Mestrado - Relatório de Estágio: "Construção de Viadutos através do método de Viga de Lançamento"

Secções	X [m]	Combinação Quase Permanente a t_{∞}			
		Tensões Máximas		Tensões Mínimas	
		$\sigma_{sup, viga}$ [MPa]	$\sigma_{inf, viga}$ [MPa]	$\sigma_{sup, viga}$ [MPa]	$\sigma_{inf, viga}$ [MPa]
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	2.00	-2.72	-3.72	-2.80	-3.86
3	4.00	-2.86	-4.54	-3.02	-4.81
4	6.00	-3.23	-3.87	-3.46	-4.26
5	8.00	-3.55	-3.31	-3.84	-3.80
6	10.00	-3.81	-2.84	-4.16	-3.43
7	12.00	-4.03	-2.46	-4.43	-3.15
8	14.00	-4.20	-2.16	-4.66	-2.94
9	16.00	-4.33	-1.90	-4.83	-2.75
10	18.00	-4.42	-1.66	-4.96	-2.58
11	20.00	-4.47	-1.48	-5.05	-2.45
12	22.00	-4.49	-1.36	-5.09	-2.39
13	24.00	-4.47	-1.30	-5.10	-2.37
14	26.00	-4.40	-1.31	-5.05	-2.42
15	28.00	-4.30	-1.40	-4.97	-2.52
16	30.00	-4.17	-1.54	-4.85	-2.68
17	32.00	-4.00	-1.74	-4.68	-2.89
18	34.00	-3.78	-2.01	-4.47	-3.17
19	36.00	-3.55	-2.31	-4.23	-3.47
20	38.00	-3.31	-2.64	-3.99	-3.79
21	40.50	-2.99	-3.11	-3.65	-4.23
22	43.00	-4.39	-3.18	-5.03	-4.26
23	45.00	-5.02	-3.61	-5.63	-4.62
24	47.00	-4.83	-3.75	-5.44	-4.70
25	49.00	-3.75	-3.01	-4.37	-3.94
26	51.00	-3.26	-3.54	-3.92	-4.47
27	53.00	-2.69	-4.22	-3.39	-5.19
28	54.00	-1.20	-3.61	-1.78	-4.48
29	55.00	-0.67	-3.73	-1.27	-4.65
30	56.00	-2.06	-4.08	-2.79	-5.10
31	57.00	-2.50	-3.55	-3.20	-4.55
32	59.00	-3.14	-2.71	-3.79	-3.69
33	61.00	-3.50	-2.28	-4.13	-3.25
34	63.00	-3.56	-3.52	-4.16	-4.51
35	65.00	-3.84	-3.11	-4.44	-4.12
36	67.00	-4.12	-2.59	-4.72	-3.61
37	69.00	-2.56	-2.57	-3.21	-3.67
38	71.00	-2.77	-2.12	-3.46	-3.29
39	73.00	-2.95	-1.73	-3.67	-2.96
40	75.00	-3.09	-1.40	-3.85	-2.68
41	77.00	-3.21	-1.12	-4.00	-2.45
42	79.00	-3.30	-0.90	-4.11	-2.28
43	81.00	-3.36	-0.74	-4.19	-2.15
44	83.00	-3.39	-0.63	-4.23	-2.06
45	85.00	-3.38	-0.57	-4.24	-2.02
46	87.00	-3.33	-0.59	-4.20	-2.05
47	89.00	-3.25	-0.68	-4.12	-2.15
48	91.00	-3.12	-0.83	-3.99	-2.31
49	93.00	-2.94	-1.06	-3.81	-2.53
50	95.00	-2.73	-1.36	-3.59	-2.81
51	97.00	-2.50	-1.69	-3.34	-3.12
52	99.00	-2.24	-2.08	-3.07	-3.48
53	101.00	-1.96	-2.51	-2.77	-3.88
54	103.00	-3.39	-2.53	-4.20	-3.90
55	105.00	-4.13	-3.50	-4.94	-4.84
56	107.00	-3.95	-3.60	-4.78	-4.90
57	109.00	-2.98	-2.77	-3.84	-4.05
58	111.00	-2.49	-3.33	-3.40	-4.62
59	113.00	-1.81	-4.21	-2.78	-5.55
60	113.70	-0.63	-3.56	-1.41	-4.75
61	115.00	0.05	-4.44	-0.81	-5.72
62	116.30	-1.72	-4.04	-2.76	-5.48
63	117.00	-2.02	-3.73	-3.04	-5.17
64	119.00	-2.67	-2.89	-3.63	-4.30
65	121.00	-3.05	-2.45	-3.96	-3.86
66	123.00	-3.12	-3.69	-3.99	-5.12
67	125.00	-3.43	-3.26	-4.27	-4.69
68	127.00	-3.74	-2.72	-4.56	-4.11
69	129.00	-2.23	-2.69	-3.04	-4.07
70	131.00	-2.48	-2.23	-3.29	-3.61
71	133.00	-2.69	-1.82	-3.52	-3.21
72	135.00	-2.88	-1.47	-3.70	-2.87
73	137.00	-3.04	-1.19	-3.86	-2.58
74	139.00	-3.16	-0.96	-3.98	-2.34
75	141.00	-3.26	-0.79	-4.06	-2.16
76	143.00	-3.32	-0.67	-4.11	-2.01
77	145.00	-3.35	-0.60	-4.13	-1.91
78	147.00	-3.34	-0.62	-4.09	-1.90
79	149.00	-3.28	-0.70	-4.02	-1.94
80	151.00	-3.19	-0.85	-3.90	-2.05
81	153.00	-3.05	-1.06	-3.73	-2.22
82	155.00	-2.87	-1.34	-3.52	-2.45
83	157.00	-2.66	-1.65	-3.29	-2.73
84	159.00	-2.42	-1.99	-3.05	-3.06
85	161.00	-2.15	-2.38	-2.78	-3.44
86	163.00	-3.60	-2.35	-4.24	-3.43
87	165.00	-4.34	-3.27	-5.00	-4.36
88	167.00	-4.18	-3.35	-4.87	-4.42
89	169.00	-3.22	-2.49	-3.94	-3.57
90	171.00	-2.75	-3.03	-3.52	-4.14
91	173.00	-2.08	-3.89	-2.93	-5.06
92	173.70	-0.85	-3.28	-1.54	-4.33
93	175.00	-0.21	-4.24	-0.91	-5.29
94	176.30	-1.78	-4.43	-2.46	-5.38
95	177.00	-2.09	-4.12	-2.75	-5.06
96	179.00	-2.74	-3.27	-3.36	-4.18
97	181.00	-3.12	-2.82	-3.71	-3.73
98	183.00	-3.19	-4.05	-3.75	-4.98
99	185.00	-3.50	-3.60	-4.06	-4.55
100	187.00	-3.81	-3.03	-4.37	-3.98
101	189.00	-2.30	-2.96	-2.87	-3.94
102	191.00	-2.54	-2.47	-3.15	-3.49
103	193.00	-2.76	-2.03	-3.39	-3.10
104	195.00	-2.94	-1.65	-3.60	-2.76
105	197.00	-3.10	-1.33	-3.77	-2.47
106	199.00	-3.23	-1.07	-3.91	-2.23
107	201.00	-3.32	-0.87	-4.02	-2.04
108	203.00	-3.39	-0.71	-4.08	-1.90
109	205.00	-3.42	-0.62	-4.12	-1.80
110	207.00	-3.40	-0.60	-4.10	-1.78
111	209.00	-3.35	-0.65	-4.05	-1.82
112	211.00	-3.26	-0.76	-3.94	-1.92

VIADUTO SOBRE A RIBEIRA DE ZACARIAS (V3)

Verificação do estado limite de descompressão - Combinação quase permanente (t_{∞})

Quadro 5.46



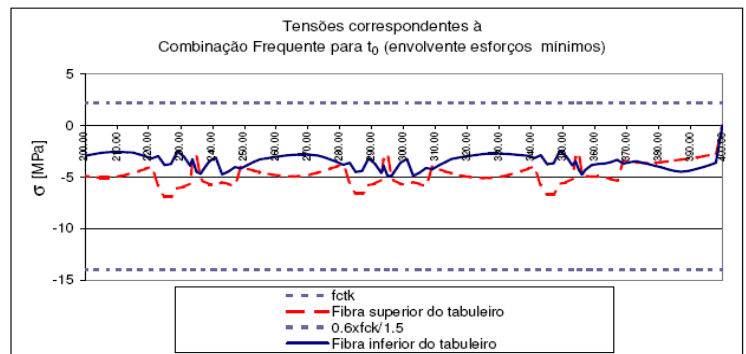
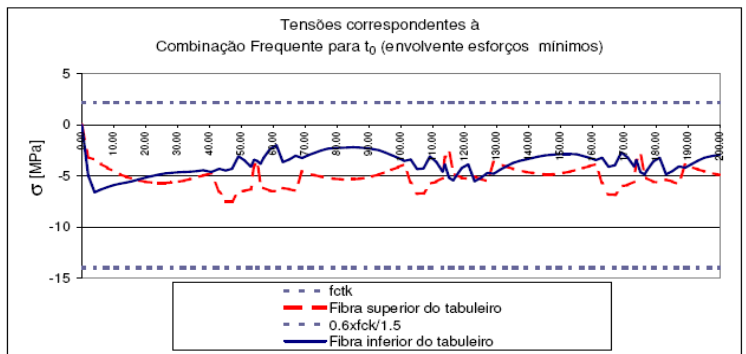
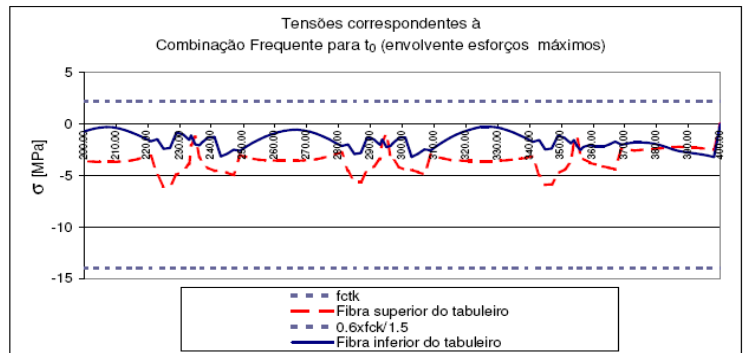
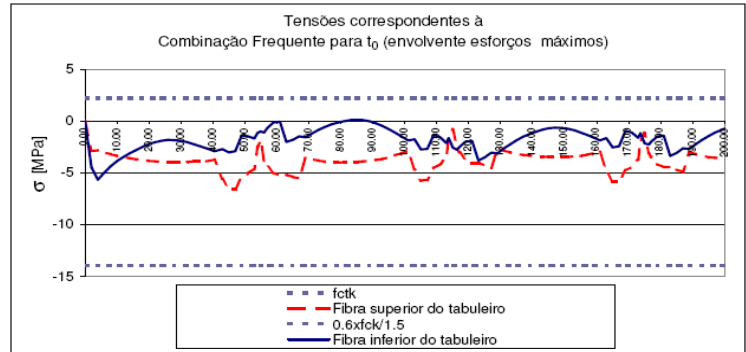
Trabalho Final de Mestrado - Relatório de Estágio: "Construção de Viadutos através do método de Viga de Lançamento"

Secções	x [m]	Combinação Freqüente a t ₀			
		Tensões Máximas		Tensões Mínimas	
		σ _{sup. viga} [MPa]	σ _{int. viga} [MPa]	σ _{sup. viga} [MPa]	σ _{int. viga} [MPa]
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	2.00	-2.88	-4.46	-3.17	-4.95
3	4.00	-2.83	-5.67	-3.38	-6.61
4	6.00	-3.03	-4.99	-3.83	-6.33
5	8.00	-3.21	-4.39	-4.22	-6.09
6	10.00	-3.37	-3.89	-4.56	-5.90
7	12.00	-3.50	-3.47	-4.84	-5.76
8	14.00	-3.61	-3.13	-5.09	-5.64
9	16.00	-3.69	-2.81	-5.28	-5.50
10	18.00	-3.78	-2.49	-5.45	-5.31
11	20.00	-3.85	-2.23	-5.57	-5.15
12	22.00	-3.90	-2.04	-5.65	-5.01
13	24.00	-3.94	-1.90	-5.69	-4.87
14	26.00	-3.96	-1.84	-5.69	-4.77
15	28.00	-3.97	-1.85	-5.65	-4.70
16	30.00	-3.96	-1.92	-5.57	-4.64
17	32.00	-3.95	-2.04	-5.46	-4.60
18	34.00	-3.92	-2.24	-5.30	-4.58
19	36.00	-3.90	-2.44	-5.14	-4.53
20	38.00	-3.90	-2.64	-4.97	-4.45
21	40.00	-3.74	-2.92	-4.74	-4.62
22	43.00	-5.63	-2.73	-6.57	-4.31
23	45.00	-6.62	-3.03	-7.50	-4.48
24	47.00	-6.60	-2.92	-7.49	-4.30
25	49.00	-5.43	-1.44	-6.54	-3.09
26	51.00	-5.06	-1.48	-6.46	-3.49
27	53.00	-4.57	-1.68	-6.31	-4.09
28	54.00	-2.48	-1.15	-3.99	-3.43
29	55.00	-1.89	-1.02	-3.55	-3.54
30	56.00	-3.90	-1.14	-5.84	-3.82
31	57.00	-4.37	-0.69	-6.15	-3.23
32	59.00	-4.99	-0.15	-6.48	-2.36
33	61.00	-5.27	-0.10	-6.48	-1.99
34	63.00	-5.20	-2.03	-6.17	-3.64
35	65.00	-5.38	-1.83	-6.30	-3.38
36	67.00	-5.55	-1.48	-6.47	-3.03
37	69.00	-3.59	-1.59	-4.57	-3.25
38	71.00	-3.72	-1.21	-4.76	-2.98
39	73.00	-3.83	-0.88	-4.93	-2.73
40	75.00	-3.93	-0.59	-5.07	-2.52
41	77.00	-4.00	-0.35	-5.18	-2.34
42	79.00	-4.01	-0.16	-5.27	-2.28
43	81.00	-4.00	-0.02	-5.32	-2.25
44	83.00	-3.99	0.08	-5.34	-2.22
45	85.00	-3.96	0.12	-5.33	-2.21
46	87.00	-3.92	0.08	-5.28	-2.24
47	89.00	-3.86	-0.04	-5.19	-2.29
48	91.00	-3.78	-0.22	-5.05	-2.37
49	93.00	-3.68	-0.47	-4.86	-2.48
50	95.00	-3.51	-0.79	-4.64	-2.70
51	97.00	-3.32	-1.12	-4.40	-2.96
52	99.00	-3.12	-1.49	-4.15	-3.23
53	101.00	-2.91	-1.88	-3.88	-3.53
54	103.00	-4.72	-1.77	-5.67	-3.38
55	105.00	-5.75	-2.74	-6.72	-4.34
56	107.00	-5.68	-2.69	-6.68	-4.26
57	109.00	-4.57	-1.35	-5.75	-3.10
58	111.00	-4.13	-1.57	-5.58	-3.63
59	113.00	-3.43	-2.14	-5.19	-4.58
60	113.70	-1.69	-1.65	-3.17	-3.89
61	115.00	-0.81	-2.60	-2.51	-5.17
62	116.30	-2.70	-2.77	-4.63	-5.43
63	117.00	-3.04	-2.52	-4.85	-5.10
64	119.00	-3.73	-1.99	-5.23	-4.22
65	121.00	-4.05	-1.95	-5.28	-3.86
66	123.00	-4.04	-3.82	-5.07	-5.51
67	125.00	-4.29	-3.51	-5.29	-5.20
68	127.00	-4.54	-3.05	-5.52	-4.71
69	129.00	-2.66	-3.11	-3.65	-4.78
70	131.00	-2.86	-2.65	-3.89	-4.40
71	133.00	-3.04	-2.24	-4.11	-4.04
72	135.00	-3.20	-1.86	-4.30	-3.72
73	137.00	-3.29	-1.53	-4.47	-3.53
74	139.00	-3.34	-1.25	-4.60	-3.39
75	141.00	-3.39	-1.03	-4.71	-3.28
76	143.00	-3.44	-0.84	-4.79	-3.12
77	145.00	-3.47	-0.70	-4.83	-3.00
78	147.00	-3.49	-0.66	-4.83	-2.93
79	149.00	-3.49	-0.68	-4.79	-2.88
80	151.00	-3.48	-0.76	-4.71	-2.85
81	153.00	-3.44	-0.91	-4.59	-2.86
82	155.00	-3.39	-1.12	-4.43	-2.88
83	157.00	-3.25	-1.35	-4.25	-3.05
84	159.00	-3.10	-1.61	-4.06	-3.24
85	161.00	-2.94	-1.89	-3.86	-3.45
86	163.00	-4.80	-1.67	-5.72	-3.22
87	165.00	-5.88	-2.57	-6.81	-4.09
88	167.00	-5.86	-2.44	-6.83	-3.95
89	169.00	-4.81	-0.95	-6.00	-2.72
90	171.00	-4.42	-1.11	-5.88	-3.20
91	173.00	-3.77	-1.62	-5.55	-4.09
92	173.70	-1.96	-1.17	-3.47	-3.44
93	175.00	-1.16	-2.16	-2.79	-4.64
94	176.30	-3.14	-2.28	-4.95	-4.83
95	177.00	-3.48	-2.02	-5.21	-4.48
96	179.00	-4.16	-1.48	-5.58	-3.59
97	181.00	-4.47	-1.42	-5.62	-3.22
98	183.00	-4.45	-3.36	-5.35	-4.85
99	185.00	-4.69	-3.08	-5.55	-4.54
100	187.00	-4.92	-2.63	-5.78	-4.08
101	189.00	-3.02	-2.68	-3.91	-4.19
102	191.00	-3.20	-2.23	-4.14	-3.84
103	193.00	-3.36	-1.82	-4.36	-3.51
104	195.00	-3.50	-1.45	-4.55	-3.22
105	197.00	-3.55	-1.13	-4.71	-3.09
106	199.00	-3.59	-0.87	-4.84	-2.97
107	201.00	-3.63	-0.65	-4.94	-2.86
108	203.00	-3.67	-0.47	-5.01	-2.74
109	205.00	-3.69	-0.35	-5.05	-2.64
110	207.00	-3.70	-0.31	-5.04	-2.59
111	209.00	-3.69	-0.34	-5.00	-2.56
112	211.00	-3.66	-0.44	-4.91	-2.55

VIADUTO SOBRE A RIBEIRA DE ZACARIAS (V3)

Verificação do estado limite de abertura de fendas - Combinação freqüente (10)

Quadro 5.47



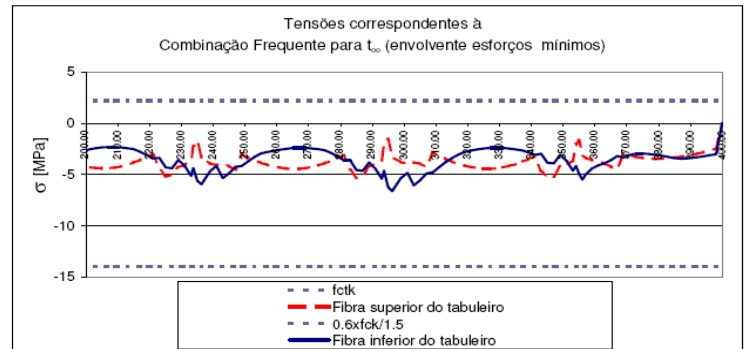
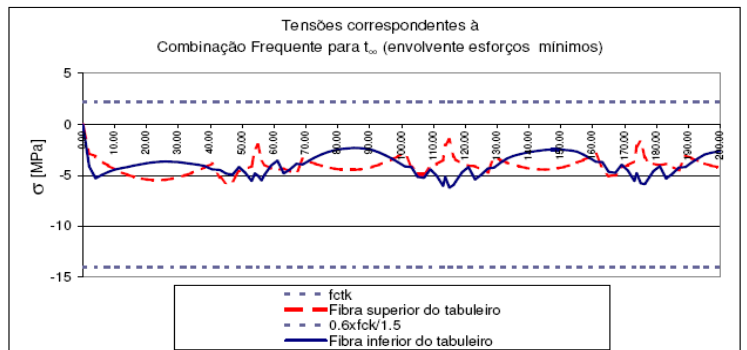
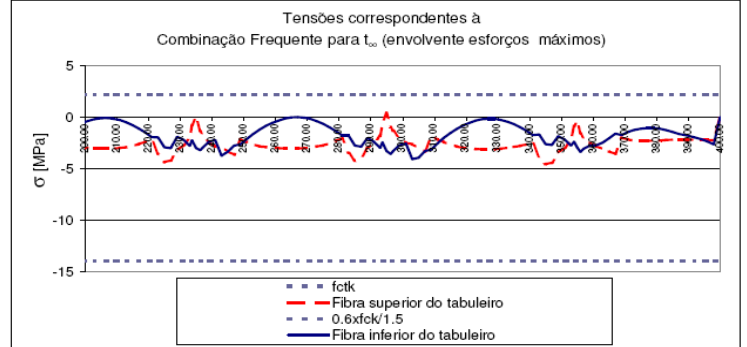
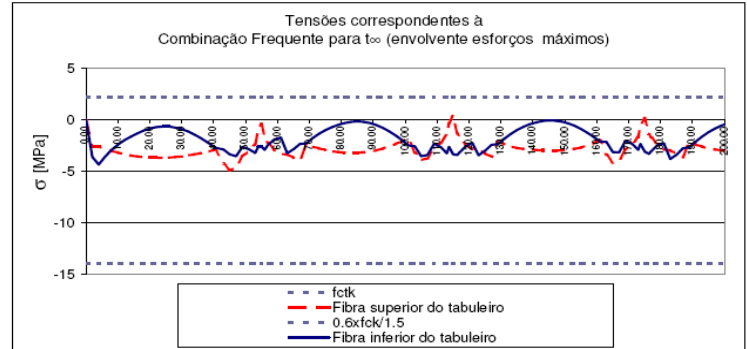
Trabalho Final de Mestrado - Relatório de Estágio: "Construção de Viadutos através do método de Viga de Lançamento"

Secções	X [m]	Combinação Frequente a t_{∞}			
		Tensões Máximas		Tensões Mínimas	
		$\sigma_{sup, viga}$ [MPa]	$\sigma_{inf, viga}$ [MPa]	$\sigma_{sup, viga}$ [MPa]	$\sigma_{inf, viga}$ [MPa]
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	2.00	-2.56	-3.62	-2.86	-4.12
3	4.00	-2.57	-4.35	-3.13	-5.30
4	6.00	-2.82	-3.60	-3.62	-4.95
5	8.00	-3.03	-2.95	-4.05	-4.67
6	10.00	-3.21	-2.42	-4.41	-4.46
7	12.00	-3.35	-1.99	-4.72	-4.29
8	14.00	-3.47	-1.64	-4.97	-4.18
9	16.00	-3.55	-1.34	-5.16	-4.06
10	18.00	-3.62	-1.06	-5.31	-3.93
11	20.00	-3.67	-0.86	-5.41	-3.82
12	22.00	-3.69	-0.73	-5.47	-3.74
13	24.00	-3.69	-0.66	-5.48	-3.68
14	26.00	-3.67	-0.68	-5.43	-3.66
15	28.00	-3.62	-0.77	-5.34	-3.68
16	30.00	-3.56	-0.93	-5.20	-3.71
17	32.00	-3.47	-1.15	-5.02	-3.78
18	34.00	-3.36	-1.46	-4.79	-3.88
19	36.00	-3.25	-1.80	-4.54	-3.97
20	38.00	-3.15	-2.18	-4.26	-4.06
21	40.00	-2.88	-2.72	-3.88	-4.42
22	43.00	-4.27	-2.87	-5.21	-4.47
23	45.00	-4.89	-3.37	-5.77	-4.83
24	47.00	-4.68	-3.55	-5.57	-4.93
25	49.00	-3.58	-2.63	-4.63	-4.20
26	51.00	-3.05	-2.85	-4.40	-4.77
27	53.00	-2.43	-3.23	-4.11	-5.55
28	54.00	-0.98	-2.61	-2.43	-4.82
29	55.00	-0.41	-2.59	-2.03	-5.03
30	56.00	-1.76	-2.90	-3.65	-5.51
31	57.00	-2.23	-2.48	-3.95	-4.94
32	59.00	-2.90	-1.89	-4.34	-4.04
33	61.00	-3.30	-1.72	-4.48	-3.57
34	63.00	-3.37	-3.25	-4.33	-4.82
35	65.00	-3.67	-2.86	-4.59	-4.41
36	67.00	-3.96	-2.34	-4.87	-3.89
37	69.00	-2.40	-2.28	-3.38	-3.94
38	71.00	-2.61	-1.79	-3.85	-3.56
39	73.00	-2.79	-1.37	-3.69	-3.22
40	75.00	-2.94	-1.01	-4.08	-2.94
41	77.00	-3.06	-0.71	-4.24	-2.71
42	79.00	-3.15	-0.49	-4.36	-2.53
43	81.00	-3.20	-0.32	-4.44	-2.42
44	83.00	-3.21	-0.21	-4.48	-2.36
45	85.00	-3.20	-0.17	-4.47	-2.32
46	87.00	-3.17	-0.21	-4.42	-2.33
47	89.00	-3.11	-0.33	-4.32	-2.39
48	91.00	-2.97	-0.52	-4.17	-2.55
49	93.00	-2.60	-0.79	-3.97	-2.77
50	95.00	-2.59	-1.14	-3.72	-3.05
51	97.00	-2.35	-1.53	-3.44	-3.37
52	99.00	-2.10	-1.98	-3.13	-3.73
53	101.00	-1.81	-2.49	-2.79	-4.13
54	103.00	-3.23	-2.57	-4.18	-4.18
55	105.00	-3.94	-3.55	-4.91	-5.14
56	107.00	-3.74	-3.43	-4.89	-5.23
57	109.00	-2.73	-2.33	-4.14	-4.42
58	111.00	-2.20	-2.63	-3.89	-5.03
59	113.00	-1.46	-3.25	-3.48	-6.04
60	113.70	-0.33	-2.65	-2.01	-5.19
61	115.00	0.39	-3.36	-1.52	-6.22
62	116.30	-1.37	-3.41	-3.21	-5.95
63	117.00	-1.69	-3.17	-3.42	-5.62
64	119.00	-2.40	-2.59	-3.81	-4.69
65	121.00	-2.82	-2.23	-4.08	-4.20
66	123.00	-2.93	-3.45	-4.12	-5.42
67	125.00	-3.27	-2.99	-4.42	-4.94
68	127.00	-3.60	-2.43	-4.72	-4.32
69	129.00	-2.11	-2.36	-3.23	-4.24
70	131.00	-2.37	-1.85	-3.51	-3.78
71	133.00	-2.59	-1.40	-3.76	-3.37
72	135.00	-2.74	-1.01	-3.97	-3.10
73	137.00	-2.82	-0.70	-4.14	-2.94
74	139.00	-2.88	-0.45	-4.27	-2.80
75	141.00	-2.94	-0.26	-4.37	-2.68
76	143.00	-2.97	-0.13	-4.42	-2.68
77	145.00	-2.99	-0.06	-4.43	-2.50
78	147.00	-2.99	-0.09	-4.40	-2.47
79	149.00	-2.96	-0.18	-4.31	-2.47
80	151.00	-2.91	-0.35	-4.18	-2.50
81	153.00	-2.83	-0.59	-4.00	-2.57
82	155.00	-2.72	-0.90	-3.77	-2.67
83	157.00	-2.51	-1.26	-3.51	-2.95
84	159.00	-2.27	-1.67	-3.23	-3.29
85	161.00	-2.00	-2.13	-2.92	-3.68
86	163.00	-3.42	-2.16	-4.34	-3.71
87	165.00	-4.15	-3.14	-5.08	-4.66
88	167.00	-3.96	-3.16	-4.98	-4.76
89	169.00	-2.96	-2.03	-4.24	-3.95
90	171.00	-2.44	-2.31	-4.02	-4.56
91	173.00	-1.72	-2.91	-3.63	-5.55
92	173.70	-0.55	-2.35	-2.15	-4.77
93	175.00	0.13	-3.10	-1.65	-5.79
94	176.30	-1.42	-3.31	-3.27	-5.86
95	177.00	-1.75	-3.06	-3.48	-5.53
96	179.00	-2.46	-2.47	-3.88	-4.59
97	181.00	-2.88	-2.30	-4.03	-4.10
98	183.00	-2.98	-3.82	-3.89	-5.31
99	185.00	-3.32	-3.38	-4.18	-4.84
100	187.00	-3.65	-2.78	-4.50	-4.23
101	189.00	-2.15	-2.67	-3.04	-4.18
102	191.00	-2.40	-2.12	-3.34	-3.72
103	193.00	-2.62	-1.63	-3.61	-3.32
104	195.00	-2.80	-1.21	-3.85	-2.98
105	197.00	-2.89	-0.86	-4.04	-2.81
106	199.00	-2.96	-0.57	-4.19	-2.67
107	201.00	-3.01	-0.36	-4.31	-2.56
108	203.00	-3.05	-0.19	-4.38	-2.45
109	205.00	-3.07	-0.09	-4.42	-2.37
110	207.00	-3.07	-0.08	-4.40	-2.34
111	209.00	-3.04	-0.14	-4.34	-2.34
112	211.00	-2.99	-0.27	-4.22	-2.37

VIADUTO SOBRE A RIBEIRA DE ZACARIAS (V3)

Quadro 5.48

Verificação do estado limite de abertura de fendas - Combinação frequente (t_{∞})



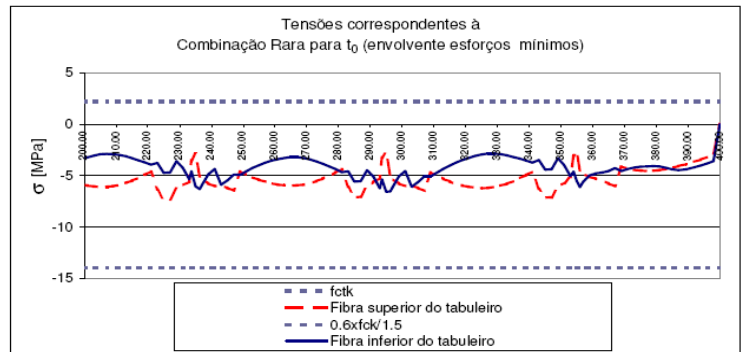
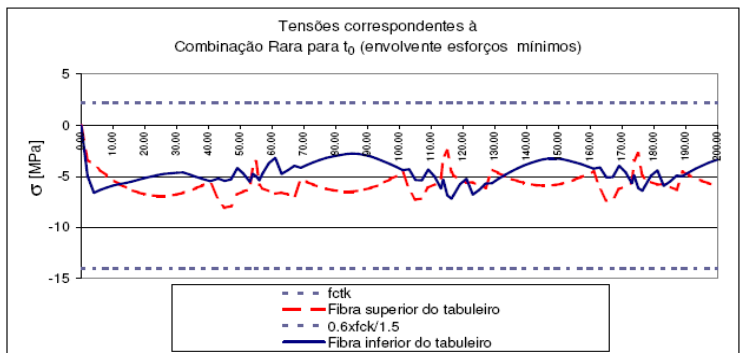
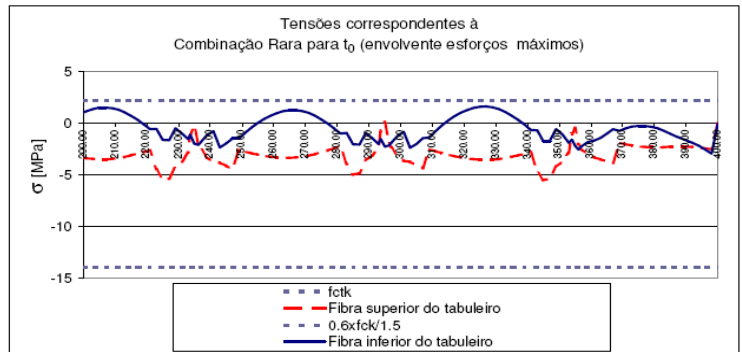
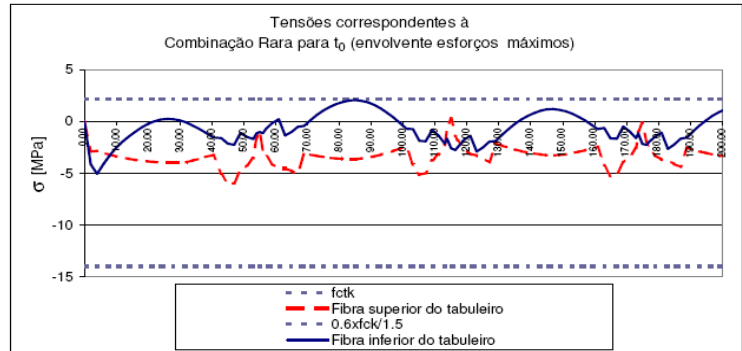
Trabalho Final de Mestrado - Relatório de Estágio: "Construção de Viadutos através do método de Viga de Lançamento"

Secções	X [m]	Combinação rara a t0			
		Tensões Máximas		Tensões Mínimas	
		$\sigma_{sup, viga}$ [MPa]	$\sigma_{inf, viga}$ [MPa]	$\sigma_{sup, viga}$ [MPa]	$\sigma_{inf, viga}$ [MPa]
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	2.00	-2.88	-4.14	-3.37	-4.95
3	4.00	-2.83	-5.05	-3.75	-6.61
4	6.00	-3.03	-4.09	-4.35	-6.33
5	8.00	-3.21	-3.26	-4.89	-6.09
6	10.00	-3.37	-2.54	-5.35	-5.90
7	12.00	-3.50	-1.94	-5.75	-5.76
8	14.00	-3.61	-1.43	-6.09	-5.64
9	16.00	-3.69	-0.98	-6.36	-5.50
10	18.00	-3.78	-0.55	-6.59	-5.31
11	20.00	-3.85	-0.21	-6.76	-5.15
12	22.00	-3.90	0.03	-6.87	-5.01
13	24.00	-3.94	0.20	-6.93	-4.87
14	26.00	-3.96	0.26	-6.93	-4.77
15	28.00	-3.97	0.22	-6.87	-4.70
16	30.00	-3.96	0.11	-6.77	-4.64
17	32.00	-3.94	-0.09	-6.61	-4.62
18	34.00	-3.77	-0.38	-6.40	-4.83
19	36.00	-3.60	-0.70	-6.16	-5.04
20	38.00	-3.44	-1.05	-5.90	-5.23
21	40.50	-3.23	-1.54	-5.56	-5.48
22	43.00	-3.09	-1.59	-7.24	-5.23
23	45.00	-6.04	-2.12	-8.05	-5.43
24	47.00	-5.96	-2.24	-7.92	-5.31
25	49.00	-4.69	-1.08	-6.78	-4.20
26	51.00	-4.18	-1.48	-6.47	-4.73
27	53.00	-3.54	-1.68	-6.31	-5.51
28	54.00	-1.60	-1.15	-3.99	-4.76
29	55.00	-0.93	-1.02	-3.55	-5.00
30	56.00	-2.76	-1.14	-5.84	-5.39
31	57.00	-3.32	-0.69	-6.15	-4.72
32	59.00	-4.09	-0.15	-6.48	-3.70
33	61.00	-4.49	0.21	-6.68	-3.21
34	63.00	-4.52	-1.34	-6.59	-4.75
35	65.00	-4.78	-1.01	-6.78	-4.40
36	67.00	-5.00	-0.50	-7.05	-3.96
37	69.00	-3.05	-0.41	-5.26	-4.15
38	71.00	-3.19	0.14	-5.56	-3.87
39	73.00	-3.31	0.63	-5.82	-3.62
40	75.00	-3.41	1.06	-6.04	-3.39
41	77.00	-3.50	1.41	-6.22	-3.20
42	79.00	-3.56	1.68	-6.35	-3.05
43	81.00	-3.60	1.88	-6.44	-2.93
44	83.00	-3.62	2.01	-6.48	-2.83
45	85.00	-3.62	2.07	-6.48	-2.78
46	87.00	-3.58	2.01	-6.42	-2.81
47	89.00	-3.49	1.85	-6.30	-2.91
48	91.00	-3.37	1.61	-6.13	-3.06
49	93.00	-3.21	1.27	-5.89	-3.28
50	95.00	-3.02	0.85	-5.61	-3.53
51	97.00	-2.83	0.38	-5.29	-3.79
52	99.00	-2.62	-0.14	-4.94	-4.07
53	101.00	-2.40	-0.71	-4.57	-4.38
54	103.00	-4.17	-0.72	-6.29	-4.31
55	105.00	-5.13	-1.85	-7.26	-5.36
56	107.00	-4.97	-1.92	-7.18	-5.38
57	109.00	-3.75	-0.80	-6.12	-4.33
58	111.00	-3.17	-1.34	-5.74	-5.00
59	113.00	-2.26	-2.14	-5.19	-6.18
60	113.70	-0.73	-1.65	-3.17	-5.34
61	115.00	0.32	-2.58	-2.51	-6.86
62	116.30	-1.41	-2.75	-4.61	-7.18
63	117.00	-1.82	-2.50	-4.83	-6.79
64	119.00	-2.67	-1.77	-5.34	-5.74
65	121.00	-3.14	-1.37	-5.62	-5.24
66	123.00	-3.25	-2.91	-5.59	-6.77
67	125.00	-3.60	-2.49	-5.96	-6.32
68	127.00	-3.93	-1.94	-6.15	-5.69
69	129.00	-2.11	-1.88	-4.34	-5.67
70	131.00	-2.33	-1.28	-4.67	-5.25
71	133.00	-2.52	-0.72	-4.97	-4.87
72	135.00	-2.70	-0.23	-5.23	-4.52
73	137.00	-2.85	0.20	-5.45	-4.21
74	139.00	-2.99	0.54	-5.63	-3.94
75	141.00	-3.10	0.82	-5.77	-3.70
76	143.00	-3.19	1.04	-5.86	-3.49
77	145.00	-3.25	1.17	-5.91	-3.33
78	147.00	-3.26	1.20	-5.90	-3.26
79	149.00	-3.24	1.13	-5.83	-3.26
80	151.00	-3.17	0.99	-5.71	-3.31
81	153.00	-3.06	0.76	-5.54	-3.44
82	155.00	-2.92	0.45	-5.32	-3.61
83	157.00	-2.78	0.10	-5.08	-3.80
84	159.00	-2.61	-0.30	-4.80	-4.01
85	161.00	-2.43	-0.73	-4.51	-4.25
86	163.00	-4.24	-0.62	-6.31	-4.12
87	165.00	-5.24	-1.64	-7.34	-5.10
88	167.00	-5.12	-1.65	-7.30	-5.06
89	169.00	-3.95	-0.49	-6.28	-3.95
90	171.00	-3.42	-0.95	-5.97	-4.58
91	173.00	-2.59	-1.60	-5.54	-5.67
92	173.70	-1.00	-1.16	-3.46	-4.89
93	175.00	-0.13	-2.15	-2.78	-6.16
94	176.30	-1.97	-2.26	-4.97	-6.41
95	177.00	-2.37	-2.00	-5.19	-6.01
96	179.00	-3.22	-1.46	-5.56	-4.93
97	181.00	-3.67	-1.07	-5.81	-4.42
98	183.00	-3.76	-2.65	-5.75	-5.93
99	185.00	-4.09	-2.22	-6.02	-5.49
100	187.00	-4.39	-1.65	-6.32	-4.92
101	189.00	-2.53	-1.55	-4.54	-4.97
102	191.00	-2.72	-0.93	-4.88	-4.59
103	193.00	-2.89	-0.37	-5.18	-4.28
104	195.00	-3.04	0.13	-5.45	-3.95
105	197.00	-3.17	0.55	-5.67	-3.67
106	199.00	-3.29	0.90	-5.85	-3.44
107	201.00	-3.38	1.18	-5.98	-3.24
108	203.00	-3.45	1.39	-6.07	-3.06
109	205.00	-3.49	1.52	-6.12	-2.92
110	207.00	-3.49	1.54	-6.10	-2.89
111	209.00	-3.45	1.48	-6.04	-2.91
112	211.00	-3.37	1.33	-5.91	-2.99

VIADUTO SOBRE A RIBEIRA DE ZACARIAS (V3)

Verificação da tensão máxima de compressão - Combinação rara (t0)

Quadro 5.49



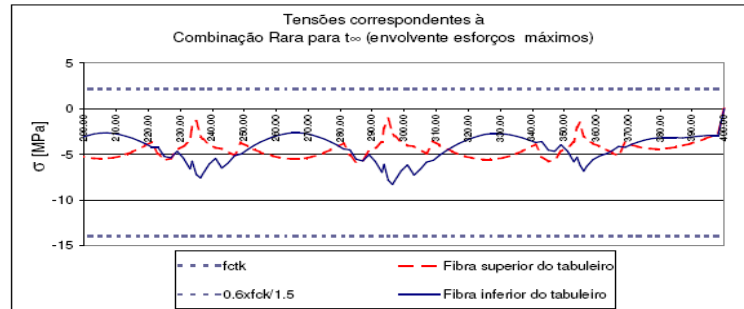
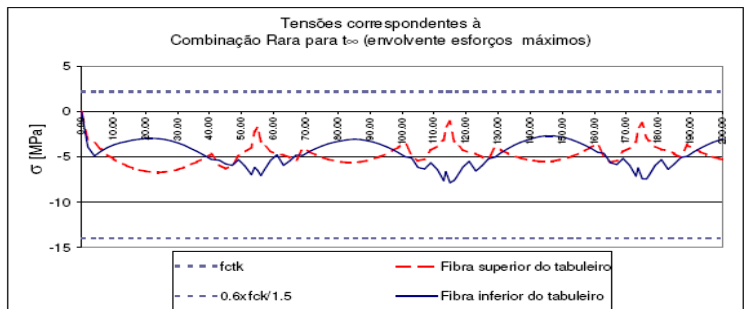
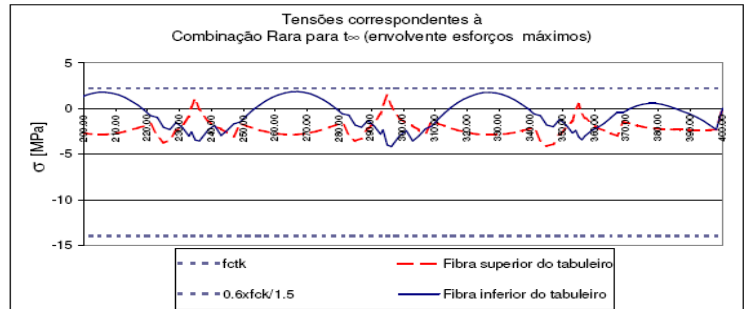
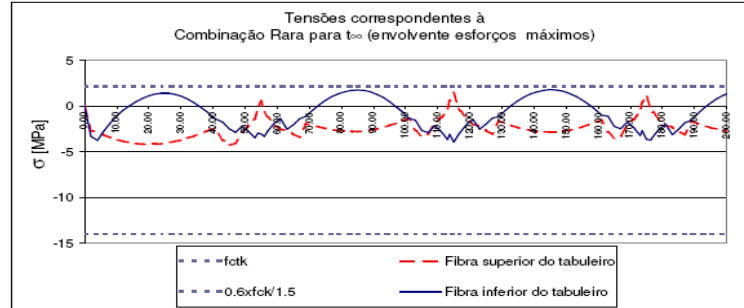
Trabalho Final de Mestrado - Relatório de Estágio: "Construção de Viadutos através do método de Viga de Lançamento"

Secções	x [m]	Combinação rara a t=∞			
		Tensões Máximas		Tensões Mínimas	
		σ _{sup. viga} [MPa]	σ _{inf. viga} [MPa]	σ _{sup. viga} [MPa]	σ _{inf. viga} [MPa]
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	2.00	-2.69	-3.30	-3.05	-3.91
3	4.00	-2.80	-3.73	-3.50	-4.91
4	6.00	-3.14	-2.70	-4.15	-4.41
5	8.00	-3.42	-1.82	-4.72	-4.01
6	10.00	-3.66	-1.07	-5.21	-3.69
7	12.00	-3.84	-0.45	-5.62	-3.46
8	14.00	-3.98	0.06	-5.97	-3.30
9	16.00	-4.08	0.49	-6.24	-3.17
10	18.00	-4.14	0.87	-6.45	-3.04
11	20.00	-4.17	1.16	-6.60	-2.97
12	22.00	-4.15	1.34	-6.69	-2.96
13	24.00	-4.10	1.44	-6.71	-2.99
14	26.00	-4.00	1.42	-6.67	-3.09
15	28.00	-3.87	1.31	-6.56	-3.25
16	30.00	-3.71	1.10	-6.40	-3.46
17	32.00	-3.50	0.80	-6.18	-3.73
18	34.00	-3.26	0.40	-5.89	-4.05
19	36.00	-3.00	-0.07	-5.56	-4.40
20	38.00	-2.73	-0.59	-5.20	-4.77
21	40.50	-2.37	-1.35	-4.69	-5.28
22	43.00	-2.00	-1.74	-4.18	-5.88
23	45.00	-1.60	-2.00	-3.60	-6.40
24	47.00	-1.18	-2.18	-3.00	-6.80
25	49.00	-0.80	-2.28	-2.40	-7.10
26	51.00	-0.45	-2.30	-1.80	-7.30
27	53.00	-0.10	-2.25	-1.20	-7.40
28	54.00	0.00	-2.15	-0.60	-7.35
29	55.00	0.55	-2.00	-0.10	-7.15
30	56.00	1.00	-1.80	0.40	-6.85
31	57.00	1.35	-1.55	0.90	-6.45
32	59.00	1.60	-1.25	1.30	-5.95
33	61.00	1.75	-0.90	1.55	-5.40
34	63.00	1.80	-0.50	1.65	-4.85
35	65.00	1.75	-0.10	1.60	-4.30
36	67.00	1.60	0.30	1.45	-3.75
37	69.00	1.35	0.70	1.20	-3.20
38	71.00	1.05	1.00	0.90	-2.65
39	73.00	0.70	1.25	0.55	-2.10
40	75.00	0.35	1.45	0.20	-1.55
41	77.00	0.00	1.60	-0.15	-1.00
42	79.00	-0.30	1.70	-0.45	-0.45
43	81.00	-0.60	1.75	-0.70	0.10
44	83.00	-0.90	1.75	-0.90	0.65
45	85.00	-1.15	1.70	-1.05	1.20
46	87.00	-1.35	1.60	-1.15	1.75
47	89.00	-1.50	1.45	-1.20	2.30
48	91.00	-1.60	1.25	-1.20	2.85
49	93.00	-1.65	1.00	-1.15	3.40
50	95.00	-1.65	0.70	-1.05	3.95
51	97.00	-1.60	0.40	-0.90	4.50
52	99.00	-1.50	0.10	-0.70	5.05
53	101.00	-1.35	-0.20	-0.45	5.60
54	103.00	-1.15	-0.50	-0.15	6.15
55	105.00	-0.90	-0.75	0.20	6.70
56	107.00	-0.60	-0.95	0.55	7.25
57	109.00	-0.30	-1.10	0.85	7.80
58	111.00	0.00	-1.20	1.10	8.35
59	113.00	0.30	-1.25	1.35	8.90
60	115.00	0.60	-1.25	1.55	9.45
61	115.00	1.47	-3.94	-1.12	-7.84
62	116.30	-0.14	-3.19	-3.34	-7.61
63	117.00	-0.53	-2.86	-3.60	-7.23
64	119.00	-1.41	-1.96	-4.20	-6.12
65	121.00	-1.97	-1.43	-4.56	-5.49
66	123.00	-2.19	-0.84	-4.54	-4.82
67	125.00	-2.63	-1.97	-4.99	-5.96
68	127.00	-3.05	-1.31	-5.35	-5.21
69	129.00	-1.61	-1.13	-3.92	-5.04
70	131.00	-1.89	-0.47	-4.29	-4.53
71	133.00	-2.13	0.12	-4.62	-4.10
72	135.00	-2.33	0.62	-4.90	-3.73
73	137.00	-2.51	1.03	-5.13	-3.41
74	139.00	-2.65	1.35	-5.30	-3.14
75	141.00	-2.75	1.58	-5.42	-2.94
76	143.00	-2.82	1.74	-5.49	-2.79
77	145.00	-2.85	1.81	-5.51	-2.69
78	147.00	-2.83	1.77	-5.46	-2.69
79	149.00	-2.76	1.63	-5.35	-2.76
80	151.00	-2.64	1.41	-5.18	-2.90
81	153.00	-2.47	1.09	-4.96	-3.12
82	155.00	-2.27	0.67	-4.67	-3.39
83	157.00	-2.04	0.20	-4.34	-3.70
84	159.00	-1.78	-0.36	-3.97	-4.06
85	161.00	-1.49	-0.97	-3.57	-4.49
86	163.00	-2.86	-1.10	-4.93	-4.61
87	165.00	-3.51	-2.21	-5.61	-5.67
88	167.00	-3.22	-2.46	-5.39	-5.86
89	169.00	-2.10	-1.71	-4.43	-5.18
90	171.00	-1.44	-0.90	-3.49	-4.54
91	173.00	-0.54	-3.20	-3.39	-7.14
92	173.70	0.43	-2.69	-1.90	-6.23
93	175.00	1.22	-3.60	-1.30	-7.41
94	176.30	-0.25	-3.70	-2.95	-7.44
95	177.00	-0.64	-3.36	-3.24	-7.05
96	179.00	-1.52	-2.46	-3.85	-5.93
97	181.00	-2.08	-1.96	-4.22	-5.30
98	183.00	-2.29	-3.11	-4.28	-6.39
99	185.00	-2.72	-2.52	-4.65	-5.79
100	187.00	-3.12	-1.80	-5.05	-5.07
101	189.00	-1.86	-1.53	-3.67	-4.95
102	191.00	-1.92	-0.82	-4.08	-4.48
103	193.00	-2.14	-0.18	-4.44	-4.06
104	195.00	-2.34	0.37	-4.75	-3.71
105	197.00	-2.51	0.83	-5.00	-3.40
106	199.00	-2.64	1.19	-5.20	-3.15
107	201.00	-2.75	1.47	-5.35	-2.95
108	203.00	-2.82	1.67	-5.45	-2.78
109	205.00	-2.86	1.78	-5.48	-2.67
110	207.00	-2.85	1.77	-5.46	-2.66
111	209.00	-2.79	1.68	-5.38	-2.71
112	211.00	-2.68	1.49	-5.23	-2.83
113	213.00	-2.53	1.20	-5.02	-3.01
114	215.00	-2.35	0.80	-4.74	-3.25
115	217.00	-2.15	0.35	-4.43	-3.52
116	219.00	-1.92	-0.19	-4.06	-3.83
117	221.00	-1.66	-0.80	-3.66	-4.19
118	223.00	-1.38	-0.97	-3.20	-4.21
119	225.00	-1.07	-2.08	-2.67	-5.22
120	227.00	-0.75	-2.33	-2.08	-5.39
121	229.00	-0.42	-1.55	-1.52	-4.68
122	231.00	-0.19	-2.15	-1.08	-5.42
123	233.00	-0.91	-3.05	-0.48	-6.60
124	233.70	0.13	-2.56	-1.98	-5.75
125	235.00	1.11	-3.48	-1.38	-7.23
126	236.30	-0.15	-3.57	-3.05	-7.59
127	237.00	-0.54	-3.24	-3.33	-7.21
128	239.00	-1.43	-2.34	-3.94	-6.09
129	241.00	-1.99	-1.85	-4.30	-5.44
130	243.00	-2.22	-2.97	-4.38	-6.53

VIADUTO SOBRE A RIBEIRA DE ZACARIAS (V3)

Verificação da tensão máxima de compressão - Combinação rara (t=∞)

Quadro 5.50



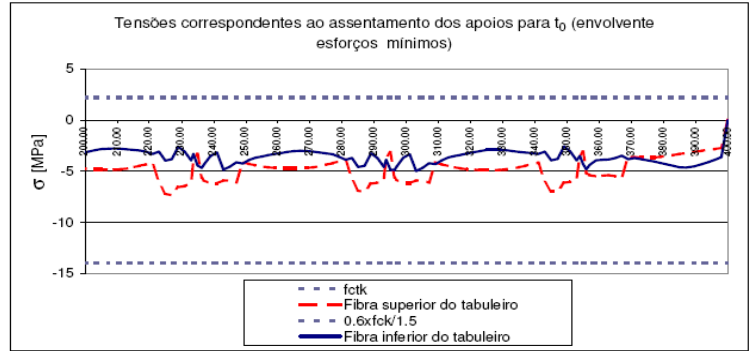
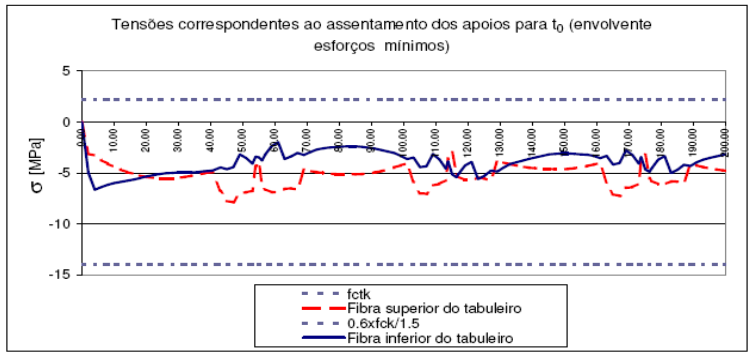
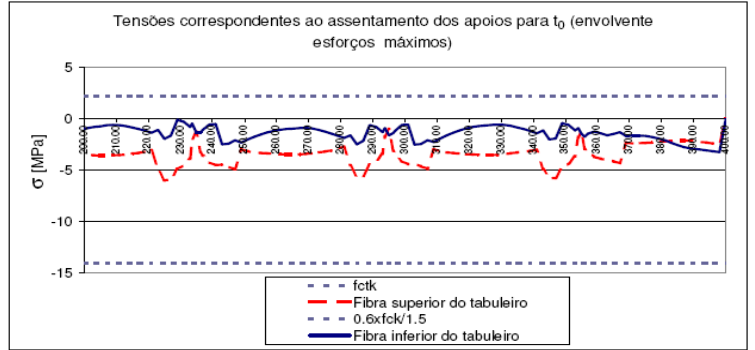
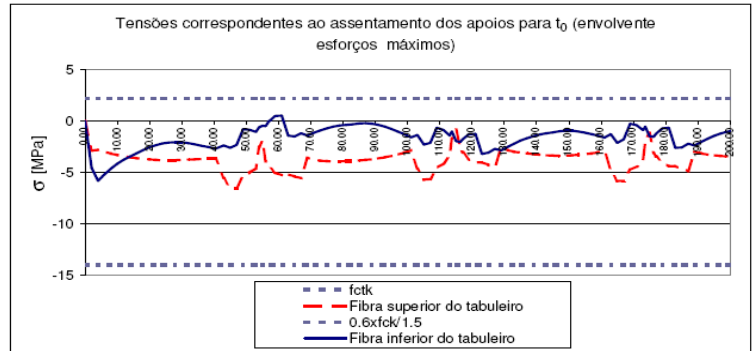
Trabalho Final de Mestrado - Relatório de Estágio: "Construção de Viadutos através do método de Viga de Lançamento"

Secções	x [m]	Combinação a t ₀			
		Tensões Máximas		Tensões Mínimas	
		σ _{sup. viga} [MPa]	σ _{inf. viga} [MPa]	σ _{sup. viga} [MPa]	σ _{inf. viga} [MPa]
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	2.00	-2.87	-4.53	-3.13	-4.97
3	4.00	-2.80	-5.80	-3.30	-6.65
4	6.00	-3.00	-5.17	-3.72	-6.39
5	8.00	-3.16	-4.62	-4.08	-6.18
6	10.00	-3.31	-4.15	-4.40	-6.01
7	12.00	-3.42	-3.76	-4.67	-5.88
8	14.00	-3.52	-3.43	-4.91	-5.78
9	16.00	-3.60	-3.12	-5.09	-5.66
10	18.00	-3.67	-2.81	-5.26	-5.50
11	20.00	-3.73	-2.54	-5.39	-5.35
12	22.00	-3.77	-2.33	-5.48	-5.23
13	24.00	-3.79	-2.17	-5.53	-5.12
14	26.00	-3.80	-2.08	-5.55	-5.04
15	28.00	-3.80	-2.05	-5.53	-4.99
16	30.00	-3.78	-2.07	-5.49	-4.95
17	32.00	-3.75	-2.14	-5.40	-4.93
18	34.00	-3.71	-2.26	-5.29	-4.93
19	36.00	-3.68	-2.39	-5.16	-4.90
20	38.00	-3.67	-2.52	-5.04	-4.84
21	40.50	-3.65	-2.69	-4.88	-4.77
22	43.00	-3.54	-2.37	-4.78	-4.47
23	45.00	-3.52	-2.59	-4.77	-4.64
24	47.00	-3.52	-2.32	-4.77	-4.43
25	49.00	-3.37	-2.79	-4.98	-3.19
26	51.00	-3.02	-3.85	-4.91	-3.54
27	53.00	-4.57	-1.04	-6.77	-4.09
28	54.00	-2.50	-0.59	-4.36	-3.40
29	55.00	-1.93	-0.45	-3.93	-3.47
30	56.00	-3.94	-0.49	-6.30	-3.77
31	57.00	-4.40	-0.05	-6.60	-3.19
32	59.00	-5.00	0.49	-6.90	-2.35
33	61.00	-5.26	0.53	-6.89	-2.00
34	63.00	-5.19	-1.40	-6.55	-3.65
35	65.00	-5.38	-1.49	-6.50	-3.38
36	67.00	-5.55	-1.18	-6.64	-3.03
37	69.00	-3.59	-1.40	-4.68	-3.24
38	71.00	-3.73	-1.13	-4.81	-2.96
39	73.00	-3.85	-0.90	-4.91	-2.70
40	75.00	-3.90	-0.70	-5.00	-2.58
41	77.00	-3.90	-0.54	-5.07	-2.51
42	79.00	-3.91	-0.43	-5.10	-2.46
43	81.00	-3.90	-0.36	-5.12	-2.42
44	83.00	-3.88	-0.31	-5.11	-2.39
45	85.00	-3.85	-0.22	-5.13	-2.40
46	87.00	-3.79	-0.21	-5.11	-2.45
47	89.00	-3.72	-0.26	-5.05	-2.53
48	91.00	-3.63	-0.37	-4.96	-2.63
49	93.00	-3.51	-0.55	-4.82	-2.76
50	95.00	-3.39	-0.77	-4.65	-2.91
51	97.00	-3.27	-1.02	-4.47	-3.04
52	99.00	-3.07	-1.28	-4.27	-3.32
53	101.00	-2.84	-1.57	-4.06	-3.63
54	103.00	-4.66	-1.36	-5.91	-3.48
55	105.00	-5.69	-2.30	-6.99	-4.43
56	107.00	-5.62	-2.11	-7.06	-4.35
57	109.00	-4.53	-0.94	-6.22	-3.16
58	111.00	-4.10	-0.86	-6.07	-3.67
59	113.00	-3.43	-1.42	-5.72	-4.58
60	113.70	-1.70	-1.01	-3.59	-3.87
61	115.00	-0.84	-1.95	-2.94	-5.13
62	116.30	-2.72	-2.05	-5.15	-5.42
63	117.00	-3.04	-1.79	-5.37	-5.10
64	119.00	-3.70	-1.27	-5.72	-4.26
65	121.00	-4.02	-1.23	-5.74	-3.93
66	123.00	-4.00	-3.19	-5.45	-5.59
67	125.00	-4.25	-3.08	-5.54	-5.28
68	127.00	-4.51	-2.71	-5.73	-4.78
69	129.00	-2.63	-2.86	-3.80	-4.85
70	131.00	-2.83	-2.51	-3.98	-4.46
71	133.00	-2.99	-2.19	-4.14	-4.13
72	135.00	-3.07	-1.90	-4.28	-3.95
73	137.00	-3.14	-1.96	-4.39	-3.78
74	139.00	-3.21	-1.46	-4.48	-3.62
75	141.00	-3.27	-1.30	-4.55	-3.47
76	143.00	-3.33	-1.18	-4.59	-3.31
77	145.00	-3.37	-1.09	-4.61	-3.19
78	147.00	-3.37	-0.98	-4.64	-3.14
79	149.00	-3.36	-0.93	-4.65	-3.11
80	151.00	-3.33	-0.94	-4.61	-3.10
81	153.00	-3.28	-1.01	-4.53	-3.13
82	155.00	-3.22	-1.13	-4.42	-3.18
83	157.00	-3.16	-1.27	-4.31	-3.20
84	159.00	-3.05	-1.42	-4.18	-3.33
85	161.00	-2.88	-1.60	-4.03	-3.55
86	163.00	-4.75	-1.28	-5.95	-3.32
87	165.00	-5.83	-2.11	-7.09	-4.18
88	167.00	-5.81	-1.79	-7.25	-4.03
89	169.00	-4.77	-0.25	-6.47	-2.79
90	171.00	-4.39	-0.40	-6.39	-3.24
91	173.00	-3.77	-0.88	-6.09	-4.09
92	173.70	-1.99	-0.53	-3.90	-3.43
93	175.00	-1.15	-1.48	-3.25	-4.65
94	176.30	-3.12	-1.51	-5.55	-4.87
95	177.00	-3.44	-1.24	-5.76	-4.54
96	179.00	-4.10	-0.71	-6.10	-3.69
97	181.00	-4.40	-0.66	-6.12	-3.34
98	183.00	-4.37	-2.60	-5.82	-4.99
99	185.00	-4.61	-2.58	-5.85	-4.67
100	187.00	-4.85	-2.21	-6.03	-4.21
101	189.00	-2.95	-2.37	-4.10	-4.32
102	191.00	-3.14	-2.03	-4.27	-3.95
103	193.00	-3.27	-1.72	-4.42	-3.68
104	195.00	-3.33	-1.45	-4.55	-3.52
105	197.00	-3.40	-1.22	-4.66	-3.37
106	199.00	-3.45	-1.04	-4.74	-3.23
107	201.00	-3.50	-0.90	-4.80	-3.09
108	203.00	-3.55	-0.79	-4.83	-2.95
109	205.00	-3.59	-0.73	-4.83	-2.83
110	207.00	-3.58	-0.63	-4.86	-2.80
111	209.00	-3.56	-0.59	-4.85	-2.79
112	211.00	-3.52	-0.61	-4.81	-2.81

VIADUTO SOBRE A RIBEIRA DE ZACARIAS (V3)

Tensões correspondentes ao assentamento dos apoios para t₀

Quadro 5.51



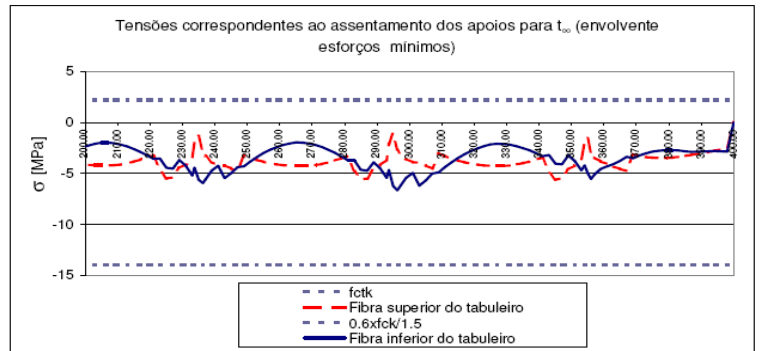
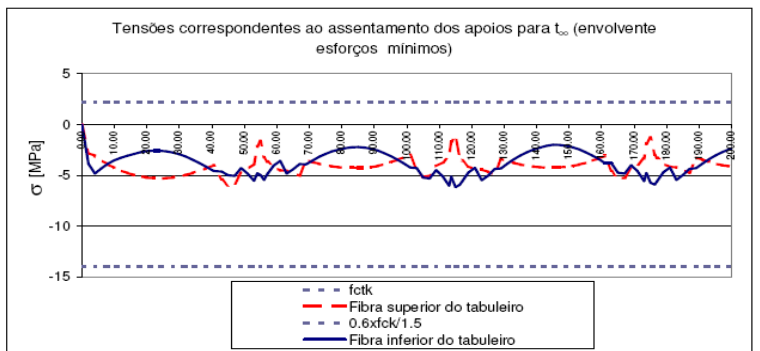
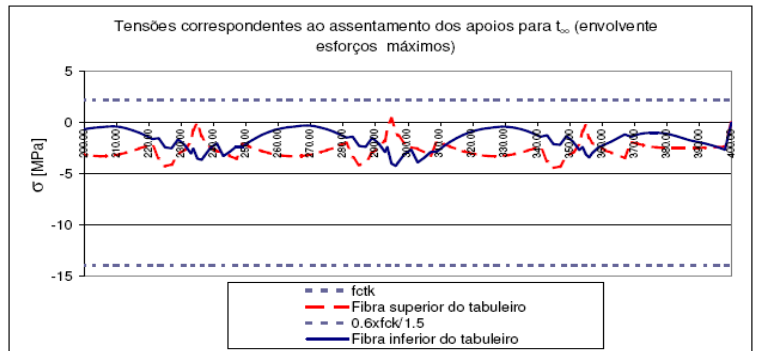
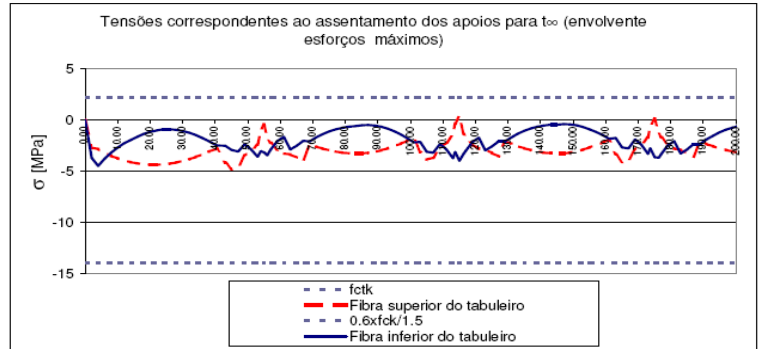
Trabalho Final de Mestrado - Relatório de Estágio: "Construção de Viadutos através do método de Viga de Lançamento"

Seções	x [m]	Combinação a t _∞			
		Tensões Máximas		Tensões Mínimas	
		σ _{sup. viga} [MPa]	σ _{inf. viga} [MPa]	σ _{sup. viga} [MPa]	σ _{inf. viga} [MPa]
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	2.00	-2.71	-3.69	-2.81	-3.88
3	4.00	-2.84	-4.48	-3.05	-4.84
4	6.00	-3.20	-3.78	-3.51	-4.31
5	8.00	-3.51	-3.18	-3.91	-3.87
6	10.00	-3.76	-2.68	-4.26	-3.52
7	12.00	-3.97	-2.28	-4.54	-3.25
8	14.00	-4.13	-1.95	-4.73	-3.06
9	16.00	-4.24	-1.65	-4.97	-2.99
10	18.00	-4.33	-1.38	-5.12	-2.73
11	20.00	-4.37	-1.17	-5.23	-2.62
12	22.00	-4.38	-1.02	-5.29	-2.58
13	24.00	-4.35	-0.93	-5.32	-2.57
14	26.00	-4.27	-0.91	-5.29	-2.64
15	28.00	-4.16	-0.96	-5.22	-2.76
16	30.00	-4.02	-1.07	-5.12	-2.94
17	32.00	-3.84	-1.24	-4.97	-3.17
18	34.00	-3.61	-1.48	-4.78	-3.46
19	36.00	-3.37	-1.76	-4.56	-3.77
20	38.00	-3.12	-2.06	-4.33	-4.11
21	40.50	-2.79	-2.49	-4.02	-4.57
22	43.00	-4.17	-2.52	-5.42	-4.63
23	45.00	-4.79	-2.94	-6.04	-4.99
24	47.00	-4.60	-3.09	-5.95	-5.06
25	49.00	-3.51	-2.37	-4.81	-4.29
26	51.00	-3.02	-2.90	-4.36	-4.82
27	53.00	-2.43	-3.58	-3.85	-5.54
28	54.00	-1.00	-3.05	-2.15	-4.79
29	55.00	-0.46	-3.16	-1.65	-4.97
30	56.00	-1.80	-3.44	-3.26	-5.45
31	57.00	-2.25	-2.90	-3.66	-4.90
32	59.00	-2.91	-2.07	-4.22	-4.02
33	61.00	-3.29	-1.65	-4.53	-3.58
34	63.00	-3.37	-2.90	-4.54	-4.83
35	65.00	-3.67	-2.51	-4.79	-4.41
36	67.00	-3.95	-2.05	-5.04	-3.89
37	69.00	-2.40	-2.10	-3.49	-3.93
38	71.00	-2.62	-1.71	-3.70	-3.54
39	73.00	-2.81	-1.39	-3.87	-3.19
40	75.00	-2.97	-1.12	-4.02	-2.90
41	77.00	-3.09	-0.91	-4.12	-2.65
42	79.00	-3.19	-0.76	-4.20	-2.46
43	81.00	-3.26	-0.67	-4.23	-2.32
44	83.00	-3.28	-0.60	-4.25	-2.23
45	85.00	-3.27	-0.51	-4.27	-2.21
46	87.00	-3.21	-0.50	-4.25	-2.27
47	89.00	-3.11	-0.55	-4.19	-2.38
48	91.00	-2.97	-0.67	-4.08	-2.56
49	93.00	-2.78	-0.87	-3.93	-2.80
50	95.00	-2.56	-1.12	-3.73	-3.10
51	97.00	-2.31	-1.42	-3.50	-3.44
52	99.00	-2.04	-1.77	-3.25	-3.82
53	101.00	-1.75	-2.18	-2.97	-4.24
54	103.00	-3.17	-2.16	-4.42	-4.26
55	105.00	-3.89	-3.10	-5.18	-5.24
56	107.00	-3.68	-3.20	-5.04	-5.32
57	109.00	-2.68	-2.35	-4.12	-4.49
58	111.00	-2.17	-2.88	-3.71	-5.07
59	113.00	-1.46	-3.74	-3.13	-6.04
60	113.70	-0.34	-3.14	-1.69	-5.17
61	115.00	0.35	-3.99	-1.10	-6.17
62	116.30	-1.39	-3.31	-3.28	-5.94
63	117.00	-1.70	-2.99	-3.55	-5.62
64	119.00	-2.38	-2.15	-4.11	-4.73
65	121.00	-2.79	-1.72	-4.42	-4.26
66	123.00	-2.88	-2.97	-4.42	-5.49
67	125.00	-3.23	-2.57	-4.67	-5.02
68	127.00	-3.57	-2.09	-4.93	-4.39
69	129.00	-2.08	-2.11	-3.38	-4.31
70	131.00	-2.34	-1.70	-3.60	-3.94
71	133.00	-2.57	-1.35	-3.79	-3.42
72	135.00	-2.77	-1.06	-3.95	-3.05
73	137.00	-2.94	-0.82	-4.07	-2.74
74	139.00	-3.08	-0.65	-4.15	-2.48
75	141.00	-3.18	-0.54	-4.21	-2.27
76	143.00	-3.26	-0.47	-4.22	-2.10
77	145.00	-3.30	-0.45	-4.21	-2.00
78	147.00	-3.27	-0.41	-4.21	-2.00
79	149.00	-3.19	-0.44	-4.17	-2.09
80	151.00	-3.07	-0.53	-4.08	-2.24
81	153.00	-2.90	-0.69	-3.95	-2.45
82	155.00	-2.70	-0.91	-3.77	-2.73
83	157.00	-2.47	-1.17	-3.57	-3.04
84	159.00	-2.22	-1.48	-3.34	-3.39
85	161.00	-1.94	-1.84	-3.09	-3.79
86	163.00	-3.37	-1.77	-4.57	-3.81
87	165.00	-4.10	-2.68	-5.36	-4.75
88	167.00	-3.91	-2.76	-5.24	-4.84
89	169.00	-2.92	-1.91	-4.33	-4.01
90	171.00	-2.42	-2.45	-3.93	-4.60
91	173.00	-1.72	-3.30	-3.35	-5.55
92	173.70	-0.56	-2.77	-1.88	-4.76
93	175.00	0.10	-3.64	-1.30	-5.75
94	176.30	-1.40	-3.66	-3.02	-5.91
95	177.00	-1.71	-3.34	-3.29	-5.59
96	179.00	-2.40	-2.50	-3.87	-4.69
97	181.00	-2.81	-2.06	-4.19	-4.22
98	183.00	-2.90	-3.29	-4.21	-5.45
99	185.00	-3.24	-2.88	-4.48	-4.97
100	187.00	-3.58	-2.36	-4.76	-4.36
101	189.00	-2.06	-2.36	-3.23	-4.30
102	191.00	-2.34	-1.91	-3.47	-3.83
103	193.00	-2.57	-1.53	-3.68	-3.41
104	195.00	-2.77	-1.21	-3.85	-3.05
105	197.00	-2.94	-0.95	-3.99	-2.74
106	199.00	-3.08	-0.75	-4.10	-2.48
107	201.00	-3.18	-0.61	-4.17	-2.27
108	203.00	-3.26	-0.51	-4.20	-2.10
109	205.00	-3.31	-0.47	-4.20	-1.98
110	207.00	-3.28	-0.40	-4.22	-1.99
111	209.00	-3.22	-0.39	-4.19	-2.05
112	211.00	-3.11	-0.45	-4.12	-2.17

VIADUTO SOBRE A RIBEIRA DE ZACARIAS (V3)

Tensões correspondentes ao assentamento dos apoios para t_∞

Quadro 5.52



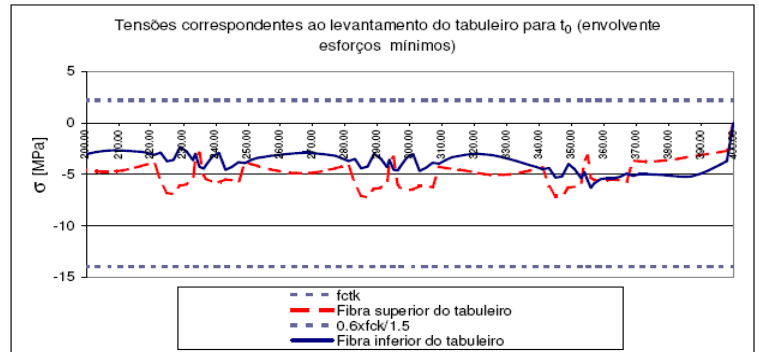
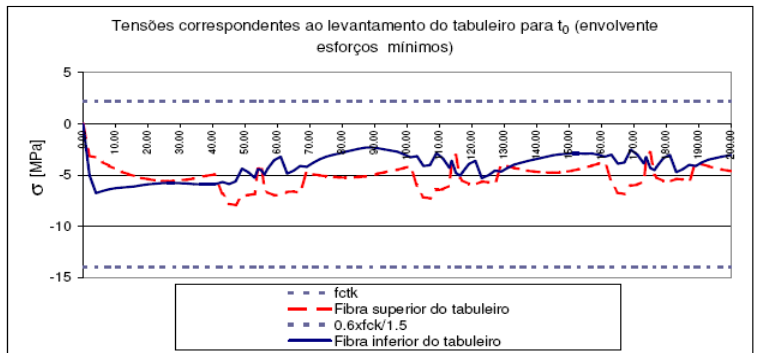
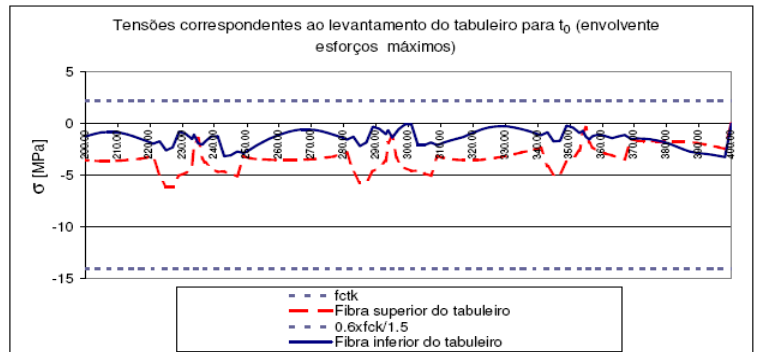
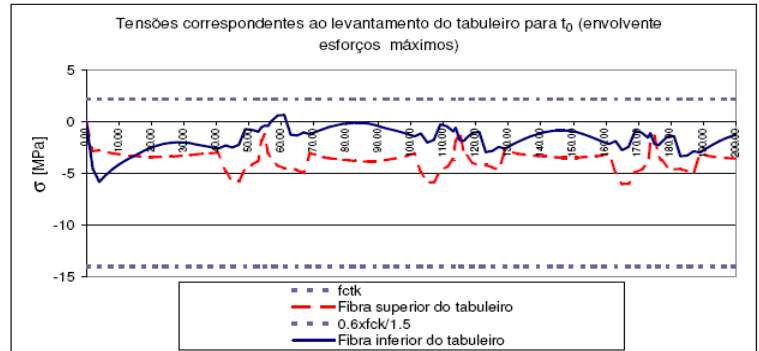
Trabalho Final de Mestrado - Relatório de Estágio: "Construção de Viadutos através do método de Viga de Lançamento"

Secções	x [m]	Combinação a t ₀			
		Tensões Máximas		Tensões Mínimas	
		σ _{sup. viga} [MPa]	σ _{int. viga} [MPa]	σ _{sup. viga} [MPa]	σ _{int. viga} [MPa]
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	2.00	-2.84	-4.53	-3.14	-5.03
3	4.00	-2.74	-5.79	-3.31	-6.76
4	6.00	-2.90	-5.16	-3.73	-6.56
5	8.00	-3.03	-4.60	-4.09	-6.40
6	10.00	-3.14	-4.13	-4.41	-6.29
7	12.00	-3.22	-3.74	-4.69	-6.22
8	14.00	-3.29	-3.40	-4.92	-6.17
9	16.00	-3.33	-3.09	-5.12	-6.11
10	18.00	-3.37	-2.77	-5.28	-6.01
11	20.00	-3.39	-2.50	-5.41	-5.92
12	22.00	-3.40	-2.29	-5.50	-5.85
13	24.00	-3.39	-2.12	-5.56	-5.79
14	26.00	-3.37	-2.02	-5.58	-5.77
15	28.00	-3.33	-1.99	-5.57	-5.78
16	30.00	-3.28	-2.00	-5.52	-5.80
17	32.00	-3.22	-2.07	-5.44	-5.84
18	34.00	-3.14	-2.19	-5.33	-5.89
19	36.00	-3.08	-2.31	-5.21	-5.92
20	38.00	-3.04	-2.44	-5.09	-5.91
21	40.50	-2.98	-2.60	-4.93	-5.91
22	43.00	-4.82	-2.27	-6.84	-5.69
23	45.00	-5.78	-2.50	-7.82	-5.87
24	47.00	-5.75	-2.23	-7.93	-5.63
25	49.00	-4.58	-0.70	-7.04	-4.37
26	51.00	-4.20	-0.76	-6.97	-4.70
27	53.00	-3.72	-0.96	-6.83	-5.26
28	54.00	-1.82	-0.51	-4.41	-4.43
29	55.00	-1.24	-0.38	-3.98	-4.52
30	56.00	-3.06	-0.40	-6.37	-4.96
31	57.00	-3.56	0.06	-6.68	-4.39
32	59.00	-4.20	0.60	-6.98	-3.55
33	61.00	-4.49	0.66	-6.97	-3.20
34	63.00	-4.45	-1.26	-6.64	-4.86
35	65.00	-4.68	-1.32	-6.60	-4.56
36	67.00	-4.92	-1.01	-6.74	-4.11
37	69.00	-3.02	-1.22	-4.78	-4.21
38	71.00	-3.22	-0.94	-4.92	-3.81
39	73.00	-3.41	-0.70	-5.03	-3.45
40	75.00	-3.52	-0.50	-5.12	-3.21
41	77.00	-3.59	-0.33	-5.19	-3.04
42	79.00	-3.66	-0.21	-5.23	-2.88
43	81.00	-3.72	-0.13	-5.25	-2.73
44	83.00	-3.76	-0.09	-5.24	-2.58
45	85.00	-3.83	-0.09	-5.21	-2.43
46	87.00	-3.86	-0.18	-5.13	-2.34
47	89.00	-3.85	-0.32	-5.02	-2.30
48	91.00	-3.77	-0.52	-4.87	-2.38
49	93.00	-3.67	-0.69	-4.74	-2.49
50	95.00	-3.56	-0.84	-4.61	-2.62
51	97.00	-3.46	-1.00	-4.47	-2.73
52	99.00	-3.26	-1.20	-4.32	-2.99
53	101.00	-3.05	-1.41	-4.16	-3.28
54	103.00	-4.86	-1.13	-6.05	-3.14
55	105.00	-5.89	-2.00	-7.17	-4.11
56	107.00	-5.82	-1.76	-7.28	-4.04
57	109.00	-4.73	-0.25	-6.48	-2.87
58	111.00	-4.31	-0.43	-6.38	-3.38
59	113.00	-3.64	-0.94	-6.06	-4.29
60	113.70	-1.87	-0.58	-3.87	-3.62
61	115.00	-1.05	-1.77	-3.06	-4.80
62	116.30	-2.96	-1.84	-5.31	-5.06
63	117.00	-3.30	-1.57	-5.52	-4.74
64	119.00	-3.93	-1.04	-5.87	-3.93
65	121.00	-4.22	-0.99	-5.90	-3.61
66	123.00	-4.17	-2.93	-5.61	-5.31
67	125.00	-4.40	-2.81	-5.71	-5.03
68	127.00	-4.63	-2.44	-5.89	-4.57
69	129.00	-2.74	-2.59	-3.97	-4.66
70	131.00	-2.94	-2.23	-4.14	-4.28
71	133.00	-3.10	-1.91	-4.30	-3.96
72	135.00	-3.16	-1.63	-4.44	-3.80
73	137.00	-3.23	-1.38	-4.56	-3.64
74	139.00	-3.29	-1.18	-4.65	-3.49
75	141.00	-3.34	-1.03	-4.72	-3.35
76	143.00	-3.39	-0.90	-4.76	-3.21
77	145.00	-3.43	-0.82	-4.77	-3.08
78	147.00	-3.46	-0.82	-4.74	-3.00
79	149.00	-3.47	-0.88	-4.68	-2.94
80	151.00	-3.45	-1.00	-4.58	-2.90
81	153.00	-3.42	-1.18	-4.44	-2.90
82	155.00	-3.38	-1.42	-4.28	-2.91
83	157.00	-3.34	-1.66	-4.08	-2.91
84	159.00	-3.24	-1.91	-3.89	-3.01
85	161.00	-3.08	-2.14	-3.72	-3.21
86	163.00	-4.93	-1.87	-5.61	-3.01
87	165.00	-6.01	-2.73	-6.72	-3.90
88	167.00	-5.98	-2.41	-6.85	-3.77
89	169.00	-4.94	-0.88	-6.05	-2.54
90	171.00	-4.56	-1.04	-5.94	-3.01
91	173.00	-3.94	-1.54	-5.62	-3.86
92	173.70	-2.12	-1.10	-3.52	-3.23
93	175.00	-1.37	-2.13	-2.82	-4.32
94	176.30	-3.38	-2.25	-5.02	-4.52
95	177.00	-3.69	-1.99	-5.24	-4.18
96	179.00	-4.32	-1.45	-5.60	-3.35
97	181.00	-4.60	-1.40	-5.65	-3.03
98	183.00	-4.55	-3.33	-5.38	-4.70
99	185.00	-4.76	-3.28	-5.44	-4.43
100	187.00	-4.98	-2.86	-5.65	-4.00
101	189.00	-3.07	-2.96	-3.75	-4.12
102	191.00	-3.25	-2.56	-3.96	-3.76
103	193.00	-3.37	-2.20	-4.14	-3.51
104	195.00	-3.43	-1.88	-4.31	-3.36
105	197.00	-3.48	-1.59	-4.45	-3.22
106	199.00	-3.53	-1.35	-4.56	-3.09
107	201.00	-3.57	-1.15	-4.65	-2.97
108	203.00	-3.61	-0.98	-4.71	-2.85
109	205.00	-3.64	-0.86	-4.75	-2.75
110	207.00	-3.64	-0.82	-4.75	-2.70
111	209.00	-3.62	-0.84	-4.71	-2.68
112	211.00	-3.59	-0.91	-4.64	-2.68

VIADUTO SOBRE A RIBEIRA DE ZACARIAS (V3)

Tensões correspondentes ao levantamento do tabuleiro para t₀

Quadro 5.53



Secções	x [m]	Combinação a t _∞			
		Tensões Máximas		Tensões Mínimas	
		σ _{sup. viga} [MPa]	σ _{inf. viga} [MPa]	σ _{sup. viga} [MPa]	σ _{inf. viga} [MPa]
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	2.00	-2.67	-3.69	-2.82	-3.93
3	4.00	-2.78	-4.47	-3.06	-4.95
4	6.00	-3.10	-3.77	-3.52	-4.48
5	8.00	-3.37	-3.17	-3.92	-4.10
6	10.00	-3.60	-2.66	-4.27	-3.80
7	12.00	-3.77	-2.25	-4.56	-3.59
8	14.00	-3.90	-1.92	-4.80	-3.45
9	16.00	-3.98	-1.62	-4.99	-3.34
10	18.00	-4.03	-1.34	-5.15	-3.24
11	20.00	-4.04	-1.13	-5.26	-3.19
12	22.00	-4.01	-0.98	-5.32	-3.20
13	24.00	-3.95	-0.88	-5.35	-3.25
14	26.00	-3.84	-0.86	-5.32	-3.37
15	28.00	-3.70	-0.90	-5.26	-3.55
16	30.00	-3.52	-1.01	-5.16	-3.78
17	32.00	-3.30	-1.18	-5.01	-4.07
18	34.00	-3.05	-1.41	-4.82	-4.42
19	36.00	-2.77	-1.68	-4.61	-4.79
20	38.00	-2.49	-1.98	-4.38	-5.18
21	40.50	-2.11	-2.40	-4.07	-5.72
22	43.00	-3.46	-2.43	-5.47	-5.84
23	45.00	-4.05	-2.84	-6.10	-6.21
24	47.00	-3.83	-3.00	-5.92	-6.26
25	49.00	-2.72	-2.28	-4.87	-5.47
26	51.00	-2.20	-2.81	-4.43	-5.98
27	53.00	-1.59	-3.49	-3.92	-6.72
28	54.00	-0.32	-2.97	-2.30	-5.82
29	55.00	0.23	-3.08	-1.70	-6.01
30	56.00	-0.94	-3.34	-3.33	-6.64
31	57.00	-1.41	-2.80	-3.73	-6.10
32	59.00	-2.10	-1.96	-4.30	-5.22
33	61.00	-2.52	-1.52	-4.61	-4.78
34	63.00	-2.63	-2.75	-4.63	-6.04
35	65.00	-2.97	-2.35	-4.89	-5.59
36	67.00	-3.32	-1.88	-5.14	-4.97
37	69.00	-1.83	-1.92	-3.59	-4.90
38	71.00	-2.11	-1.53	-3.81	-4.40
39	73.00	-2.36	-1.19	-3.99	-3.94
40	75.00	-2.59	-0.92	-4.14	-3.54
41	77.00	-2.78	-0.70	-4.25	-3.18
42	79.00	-2.94	-0.54	-4.33	-2.88
43	81.00	-3.07	-0.44	-4.37	-2.63
44	83.00	-3.18	-0.38	-4.38	-2.41
45	85.00	-3.25	-0.39	-4.35	-2.25
46	87.00	-3.27	-0.46	-4.27	-2.16
47	89.00	-3.25	-0.61	-4.16	-2.15
48	91.00	-3.11	-0.82	-3.99	-2.31
49	93.00	-2.94	-1.00	-3.84	-2.53
50	95.00	-2.73	-1.19	-3.69	-2.81
51	97.00	-2.50	-1.41	-3.51	-3.13
52	99.00	-2.24	-1.69	-3.30	-3.48
53	101.00	-1.96	-2.01	-3.07	-3.89
54	103.00	-3.37	-1.93	-4.56	-3.94
55	105.00	-4.08	-2.80	-5.36	-4.92
56	107.00	-3.88	-2.85	-5.26	-5.01
57	109.00	-2.88	-1.95	-4.39	-4.19
58	111.00	-2.38	-2.45	-4.02	-4.78
59	113.00	-1.67	-3.26	-3.47	-5.75
60	113.70	-0.51	-2.71	-1.97	-4.92
61	115.00	0.18	-3.53	-1.40	-5.92
62	116.30	-1.65	-3.11	-3.43	-5.58
63	117.00	-1.95	-2.77	-3.70	-5.27
64	119.00	-2.61	-1.93	-4.27	-4.40
65	121.00	-2.99	-1.48	-4.57	-3.95
66	123.00	-3.06	-2.71	-4.58	-5.21
67	125.00	-3.38	-2.30	-4.83	-4.77
68	127.00	-3.69	-1.82	-5.09	-4.18
69	129.00	-2.19	-1.84	-3.54	-4.12
70	131.00	-2.44	-1.43	-3.76	-3.66
71	133.00	-2.67	-1.08	-3.95	-3.25
72	135.00	-2.86	-0.78	-4.11	-2.90
73	137.00	-3.02	-0.55	-4.23	-2.60
74	139.00	-3.16	-0.38	-4.32	-2.35
75	141.00	-3.26	-0.26	-4.37	-2.15
76	143.00	-3.33	-0.19	-4.39	-2.00
77	145.00	-3.36	-0.18	-4.37	-1.89
78	147.00	-3.36	-0.25	-4.31	-1.86
79	149.00	-3.30	-0.39	-4.20	-1.92
80	151.00	-3.19	-0.59	-4.05	-2.04
81	153.00	-3.04	-0.86	-3.85	-2.22
82	155.00	-2.86	-1.19	-3.60	-2.46
83	157.00	-2.65	-1.57	-3.34	-2.74
84	159.00	-2.41	-1.97	-3.06	-3.07
85	161.00	-2.14	-2.37	-2.78	-3.45
86	163.00	-3.56	-2.36	-4.23	-3.50
87	165.00	-4.27	-3.29	-4.99	-4.47
88	167.00	-4.08	-3.38	-4.84	-4.58
89	169.00	-3.09	-2.54	-3.91	-3.77
90	171.00	-2.58	-3.09	-3.48	-4.36
91	173.00	-1.89	-3.96	-2.88	-5.33
92	173.70	-0.69	-3.34	-1.50	-4.57
93	175.00	-0.03	-4.23	-0.91	-5.55
94	176.30	-1.66	-4.40	-2.49	-5.55
95	177.00	-1.96	-4.09	-2.77	-5.23
96	179.00	-2.62	-3.24	-3.37	-4.35
97	181.00	-3.01	-2.79	-3.72	-3.91
98	183.00	-3.08	-4.02	-3.77	-5.17
99	185.00	-3.39	-3.58	-4.07	-4.73
100	187.00	-3.71	-3.01	-4.38	-4.15
101	189.00	-2.20	-2.94	-2.88	-4.10
102	191.00	-2.45	-2.45	-3.16	-3.64
103	193.00	-2.67	-2.01	-3.40	-3.24
104	195.00	-2.86	-1.63	-3.61	-2.89
105	197.00	-3.03	-1.31	-3.78	-2.59
106	199.00	-3.16	-1.06	-3.92	-2.34
107	201.00	-3.26	-0.86	-4.02	-2.15
108	203.00	-3.33	-0.70	-4.09	-1.99
109	205.00	-3.36	-0.60	-4.12	-1.90
110	207.00	-3.34	-0.59	-4.11	-1.89
111	209.00	-3.28	-0.64	-4.05	-1.94
112	211.00	-3.18	-0.75	-3.95	-2.05

VIADUTO SOBRE A RIBEIRA DE ZACARIAS (V3)

Tensões correspondentes ao levantamento do tabuleiro para t_∞

Quadro 5.54

