



**ESTADO DE SANTA CATARINA
PREFEITURA MUNICIPAL DE FLORIANÓPOLIS
SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA**

**PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA PARA
IMPLANTAÇÃO DE NOVO ELEVADO NA INTERSEÇÃO
DO CIC**

Volume 2 - Relatório de Projeto – Obra de Arte Especial



**Contrato N° 771/SMI/2021
AGOSTO/2023**

SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO.....	1 - 1
2 MAPA DE SITUAÇÃO.....	2 - 1
3 PROJETO DE OBRA DE ARTE ESPECIAL – ELEVADO DO CIC.....	3 - 1
3.1 Memorial descritivo.....	3 - 1
3.2 Materiais.....	3 - 2
3.3 Coeficientes de Segurança.....	3 - 2
3.4 Ações.....	3 - 3
3.5 Solicitações.....	3 - 3
3.6 Abertura de Fissuras.....	3 - 3
3.7 Bibliografia.....	3 - 3
3.8 Software utilizado.....	3 - 3
3.9 Critérios de Cálculo.....	3 - 4
3.10 Geometria da OAE.....	3 - 4
3.11 Seções e Propriedades das Longarinas	3 - 7
3.12 Modelo de análise e Carregamentos.....	3 - 10
3.13 Carregamentos.....	3 - 16
3.14 Diagramas.....	3 - 17
3.15 Trem Tipo Global - Reações.....	3 - 19
3.16 Dimensionamento à Flexão das Longarinas – Vãos 1 a 2, 10.....	3 - 21
3.17 Dimensionamento ao Cisalhamento.....	3 - 22
3.18 Longarinas Protendidas – Vãos 3 e 4 – L=26,50m.....	3 - 25
3.19 Longarinas Protendidas – Vãos 5 a 9 – L=31,70m.....	3 - 34
3.20 Reações da Superestrutura.....	3 - 43
3.21 Dimensionamento das Lajes – Trecho Reto	3 - 48
3.22 Dimensionamento das Lajes – Trecho Curvo	3 - 53
3.23 Transversinas de Apoio	3 - 58
3.24 Transversinas de Entrada.....	3 - 59
3.25 Laje de Transição	3 - 60
3.26 Guarda-Rodas.....	3 - 60
3.27 Mesoestrutura – Esforços Horizontais.....	3 - 61
3.28 Mesoestrutura – Esforços Rigidez.....	3 - 66
3.29 Linha de Apoio API=APXI.....	3 - 71
3.30 Travessa APII.....	3 - 78
3.31 Linha de Apoio APII.....	3 - 78
3.32 Travessa APIII = APX.....	3 - 85

3.33Linha de Apoio APIII = APX.....	3 - 85
3.34Travessa APIV.....	3 - 92
3.35Linha de Apoio APIV.....	3 - 92
3.36Travessa APV=APVII.....	3 - 99
3.37Linha de Apoio APV=APVII.....	3 - 99
3.38Travessa APVI=APVIII.....	3 - 106
3.39Linha de Apoio APVI=APVIII.....	3 - 106
3.40Travessa APIX.....	3 - 113
3.41Linhas de Apoio APIX.....	3 - 113
3.42Aparelho de Apoio API=APIII=APVI=APVIII=APX=APXI.....	3 - 120
3.43Aparelho de Apoio APII=APIV=APV=APVII=APIX.....	3 - 121
3.44Travessa APII=APIV=APV=APVII=APIX.....	3 - 122
3.45Infraestrutura.....	3 - 125
3.46Blocos API.....	3 - 125
3.47Blocos APII.....	3 - 126
3.48Blocos APIII=APX.....	3 - 127
3.49Blocos APIV.....	3 - 128
3.50Blocos APV=APVI=APVII=APVIII.....	3 - 129
3.51Blocos APIX.....	3 - 130
3.52Blocos APXI.....	3 - 131
3.53Projeto geotécnico.....	3 - 132
4 PROJETO DE ALARGAMENTO SOBRE O RIO SERTÕES.....	4 - 1
4.1Memorial descritivo – Obra Existente.....	4 - 1
4.2Memorial descritivo – Alargamento.....	4 - 1
4.3Materiais.....	4 - 2
4.4Coeficientes de Segurança.....	4 - 3
4.5Ações.....	4 - 3
4.6Solicitações.....	4 - 3
4.7Abertura de Fissuras.....	4 - 3
4.8Bibliografia.....	4 - 3
4.9Software utilizado.....	4 - 4
4.10Critérios de Cálculo.....	4 - 4
4.11Geometria da OAE.....	4 - 4
4.12Critério de análise	4 - 5
4.13Seções e Propriedades das Longarinas	4 - 6
4.14Modelo de análise e Carregamentos.....	4 - 7
4.15Carregamentos.....	4 - 8
4.16Diagramas.....	4 - 9

4.17	Dimensionamento à Flexão da viga Longarina.....	4 - 10
4.18	Dimensionamento ao Cisalhamento.....	4 - 11
4.19	Dimensionamento das Lajes.....	4 - 12
4.20	Lages do Alargamento – Verificação à Fissuração.....	4 - 16
4.21	Reações da Superestrutura.....	4 - 16
4.22	Mesoestrutura.....	4 - 17
4.23	Dimensionamento Linha de Apoio API=APIII.....	4 - 20
4.24	Dimensionamento Linha de Apoio APII.....	4 - 22
4.25	Verificação do Aparelho de Apoio.....	4 - 24
4.26	Infraestrutura	4 - 24
4.27	Estimativa do Comprimento mínimo das Estacas.....	4 - 42
5	PROJETO DE ALARGAMENTO SOBRE O RIO ITACORUBI.....	5 - 1
5.1	Memorial descritivo – Obra Existente.....	5 - 1
5.2	Memorial descritivo – Alargamento.....	5 - 1
5.3	Materiais.....	5 - 2
5.4	Coefficientes de Segurança.....	5 - 3
5.5	Ações.....	5 - 3
5.6	Solicitações.....	5 - 3
5.7	Abertura de Fissuras.....	5 - 3
5.8	Bibliografia.....	5 - 3
5.9	Software utilizado.....	5 - 4
5.10	Critérios de Cálculo.....	5 - 4
5.11	Geometria da OAE.....	5 - 4
5.12	Critério de análise	5 - 5
5.13	Seções e Propriedades das Longarinas	5 - 6
5.14	Modelo de análise e Carregamentos.....	5 - 6
5.15	Carregamentos.....	5 - 8
5.16	Diagramas.....	5 - 9
5.17	Dimensionamento à Flexão da viga Longarina.....	5 - 10
5.18	Dimensionamento ao Cisalhamento.....	5 - 11
5.19	Dimensionamento das Lajes.....	5 - 12
5.20	Lages do Alargamento – Verificação à Fissuração.....	5 - 14
5.21	Reações da Superestrutura.....	5 - 15
5.22	Mesoestrutura.....	5 - 16
5.23	Dimensionamento Linha de Apoio API=APV.....	5 - 17
5.24	Dimensionamento Linha de Apoio APII=APIII=APIV.....	5 - 20
5.25	Infraestrutura	5 - 21
5.26	Estimativa do Comprimento mínimo das Estacas.....	5 - 39

1 APRESENTAÇÃO

O Contrato Nº 771SMI/2021 assinado em 05/10/2021, entre o Município de Florianópolis, representado pela Secretaria Municipal de Infraestrutura, e a Prosul, Projetos, Supervisão e Planejamento Ltda, tem como objeto a Contratação de empresa de consultoria para execução de serviços técnicos especializados de apoio e assessoramento técnico à PMF na elaboração de estudos e projetos e na supervisão de obras conforme Edital de Pregão Presencial nº 242/SMA/DSLCL/2021 e seus anexos.

Esse documento refere-se ao **Projeto Executivo de Engenharia para Implantação de novo Elevado na Interseção do CIC (134-21)**.

Os principais elementos de adjudicação são:

- Edital Nº 242/SMA/DSLCL/2021
- Proposta: PR 080-21 de 05/07/2021
- Contrato: Nº 771/SMI/2021 de 05/10/2021
- Ordem de Serviço: 07/10/2021

O Projeto Executivo é apresentado nos seguintes volumes:

- Volume 1: Relatório do Projeto, em formato A4;
- Volume 2: Relatório do Projeto - OAE, em formato A4;
- Volume 3: Projeto de Execução, em formato A3;
- Volume 4: Projeto de Execução - OAE, em formato A3;
- Volume 5: Orçamento, em formato A4;
- Volume 6: Inspeção e Recuperação - OA, em formato A4.

2 MAPA DE SITUAÇÃO

3 PROJETO DE OBRA DE ARTE ESPECIAL – ELEVADO DO CIC

O presente memorial tem por objetivo apresentar a Memória de Cálculo da OAE Elevado CIC, localizado no km 000+500 da Avenida Beira Mar Norte, no município de Florianópolis/SC.

3.1 Memorial descritivo

Trata-se de uma obra de arte especial com trecho curvo e reto, com curva vertical e inclinação transversal variável com extensão total de 258,0m.

Transversalmente, a OAE possui largura variável de 10,10m, no início da obra, à 8,90m, no final da obra. A OAE é composta por duas faixas de rolamento com 360cm cada, barreiras rígidas com 40cm, e faixa de segurança variável de 105cm a 45cm. As faixas de rolamento e o passeio apresentam inclinação transversal variável.

A superestrutura é formada por 10 vãos com superestrutura contínua e isostática. Os tabuleiros são compostos por 4 longarinas pré-moldadas, seção I, em concreto armado e protendido com altura inicial de 1,30m entre as linhas de apoio AP1 a AP3, e altura inicial de 1,80m entre as linhas de apoio AP3 a AP10. O vão 10 entre AP10 e AP11 possui vigas com altura inicial de 1,30m. As Longarinas são interligadas por transversinas na região dos apoios com juntas e na entrada da obra. Nos apoios de superestrutura contínua as longarinas são engastadas nas travessas. Todas as longarinas são solidarizadas pela laje do tabuleiro de 0,20m de espessura média.

Justifica-se o uso de peças pré-moldadas de concreto em detrimento da execução convencional face às vantagens da padronização dos elementos estruturais iguais e semelhantes, executados para esta obra, além de qualidade e acabamento superior, visando obra de maior durabilidade, e menor prazo de execução. A definição de vigas autoportantes elimina o uso de escoramentos para execução das vigas uma vez que o viaduto sobrepõe vias de alto tráfego.

A laje superior em concreto armado com espessura constante de 20cm é constituída por lajes maciças pré-fabricadas que contém todas armaduras de projeto, nichos especiais para solidarização com as longarinas e rebaixos para alojar a continuidade entre si e acomodação das armaduras negativas das longarinas. Os elementos de laje são paginados em larguras diversas em função das diferenças dos vãos e que facilitem sua montagem. Nos extremos da obra, junto à transversina de entrada, a laje possui armadura reforçada como preconiza a NBR 7188 e é constituída por pré-lajes que contém a armadura positiva, mais capa de concreto moldado no local com respectivas armaduras negativas das lajes e

transversina.

As transversinas do apoio são elementos estruturais de travamento transversal das longarinas, concretado após a montagem destas numa única etapa e em conjunto com as lajes. As transversinas de apoio são executadas sobre os apoios para facilitar o serviço macaqueamento e manutenção dos aparelhos de apoio.

Nos encontros tem-se as transversinas de entrada com seção retangular, altura de 170cm e espessura 25cm. A transição da obra de concreto com os aterros de acesso se dá por laje de transição em concreto armado com espessura constante de 30cm apoiada em console engastado na transversina de entrada e sobre bloco de concreto ciclópico no outro extremo.

Os aparelhos de apoio no topo dos pilares são do tipo elastômero fretado.

A mesoestrutura é composta por onze linhas de apoio, sendo que as linhas de apoio intermediárias são formadas por 1 pilar singelo de seção transversal especial, e as linhas de apoios externas são compostas por 4 pilares retangulares com seção transversal de 70x30cm. No topo dos pilares tem-se uma travessa com seção retangular, para apoio de cada uma das longarinas, e na base os pilares são engastados na fundação.

As fundações da obra são formadas por blocos retangulares. A geometria dos blocos dos apoios extremos, AP1 e AP11, é de 90x230cm com altura 90cm, assentes sobre 2 estacas injetadas do tipo raiz com diâmetro Ø45. Para as linhas de apoio AP2, AP3, AP9 e AP10, os blocos possuem geometria de 280x390cm com altura de 150cm, assentes sobre 6 estacas injetadas do tipo raiz com diâmetro Ø45. Nas demais linhas de apoio, AP4 a AP8, os blocos de fundação possuem geometria de 360x390 com altura 180cm, assentes sobre 9 estacas injetadas do tipo raiz com diâmetro Ø45.

A drenagem das águas pluviais da ponte se dá por drenos Ø100mm, instalados nas laterais da obra, a cada 4,0 metros de afastamento.

3.2 Materiais

Concreto p/ Superestrutura	fck 40 MPa (fator a/c<0,45)
Concreto p/ Pilares	fck 30 MPa (fator a/c<0,55)
Concreto p/ Infraestrutura	fck 30 MPa (fator a/c<0,55)
Aço CA 50	fyk 500 MPa
Aço CA 25	fyk 250 MPa

3.3 Coeficientes de Segurança

$\gamma_f = 1,35$ (cargas permanentes); $\gamma_f = 1,5$ (cargas acidentais);

$\gamma_s = 1,15$ (aço);

$\gamma_c = 1,4$ (elementos de concreto)

3.4 Ações

Permanentes (peso próprio da estrutura, pavimento, lastro de solo, barreiras, etc);

Variáveis (trem-tipo rodoviário TB 45, frenagem, temperatura, vento, etc);

3.5 Solicitações

Cálculo convencional comportamento elástico.

3.6 Abertura de Fissuras

Limite adotado – $w_k = 0,3\text{mm}$.

3.7 Bibliografia

NBR6118/2014 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento

NBR7188/2013 – Carga Móvel em Ponte Rodoviária e Passarela de Pedestre

NBR6122/2019 – Projeto e Execução de Fundações

NBR7187/2021 – Projeto e Execução de Pontes de Concreto Armado e Protendido

NBR8681/2004 – Ações e Segurança nas Estruturas

NBR9783/1987 – Aparelhos de Apoio de Elastômero Fretado.

NBR6123/1988 – Forças Devidas ao Vento em Edificações.

Fundamentos da técnica de armar - Péricles B. Fusco

Técnicas de armar as estruturas de concreto - Péricles B. Fusco

Construções de concreto - F. Leonhardt / E. Monnig

Hormigon Armado – P. J. Montoya

Pontes em concreto armado e protendido – Jayme Mason

Pontes em concreto armado Vol. 1 e 2 – Walter Pfeil

Aparelhos de Apoio das Estruturas – Walter de Almeida Braga

Tabelas para dimensionamento de lajes retangulares de pontes – Rüsç B.

3.8 Software utilizado

Strap Structural Analysis Programs 2021

3.9 Critérios de Cálculo

Para o dimensionamento da obra, foram obtidos os carregamentos devido ao peso próprio, cargas permanentes e cargas acidentais conforme a NBR7188/2013 e NBR7187/2021 e os carregamentos de empuxo nas transversinas de entrada.

Para as longarinas, a obtenção de esforços se deu através de modelo de barras de pórtico plano, considerando as fases executivas da obra, sendo a fase inicial somente a longarina pré-moldada como elemento portante e a fase final a longarina com a seção de laje incorporada para suportar todos os carregamentos atuantes nas vigas.

- g1: peso próprio – Fase inicial;
- g2: parcela da laje – Fase inicial;
- g3: pavimento + recap. + barreiras rígidas – Fase final;
- Q + q: cargas móveis – Fase final

As envoltórias de esforços são obtidas com a combinação de cada fase através da superposição de efeitos.

As transversinas foram dimensionadas para os esforços oriundos da situação de operação com absorção de carga móvel e verificadas para a situação de manutenção (substituição do aparelho de apoio de elastômero fretado).

As longarinas para os vãos $L_v > 25,0\text{m}$ possuem armadura ativa executada em fase única de protensão antes do lançamento em posição final. Com isso os elementos pré-moldados são autoportantes em fase inicial e durante a fase de montagem. As longarinas para os demais vãos são executadas em concreto armado.

O dimensionamento dos elementos se deu para os esforços combinados conforme a NBR8681/2004 e as especificações da NBR6118/2014, tendo sido verificados os Estados Limites Últimos de Flexão e Cisalhamento e os Estados Limites de Serviço de Abertura de Fissuras, Fadiga e Deformação Excessiva.

3.10 Geometria da OAE

Abaixo são apresentadas as geometrias em planta e perfil longitudinal do Viaduto Elevado CIC.

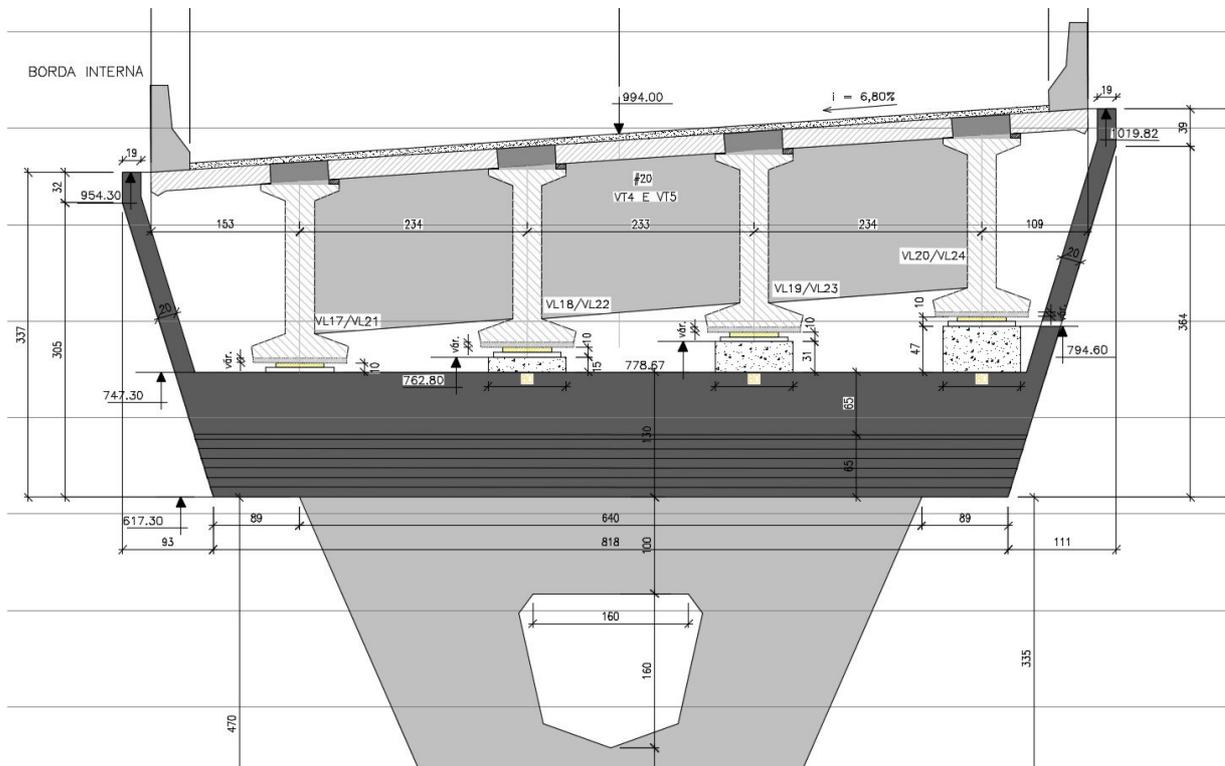


Figura 4: Seção Transversal – Apoios de juntas

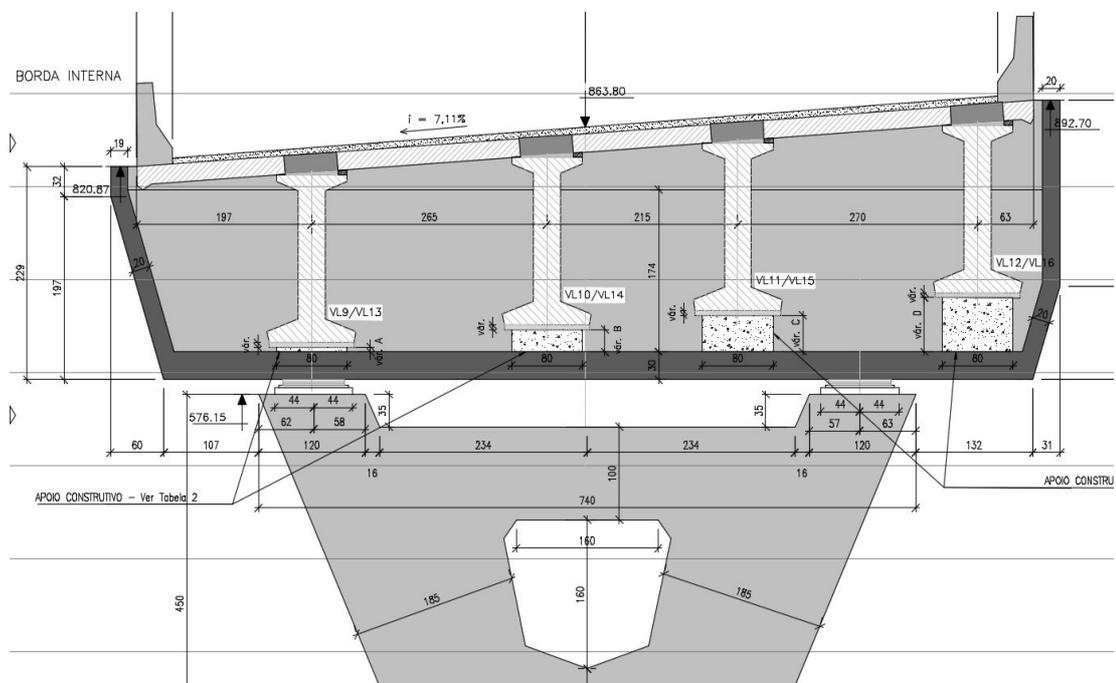
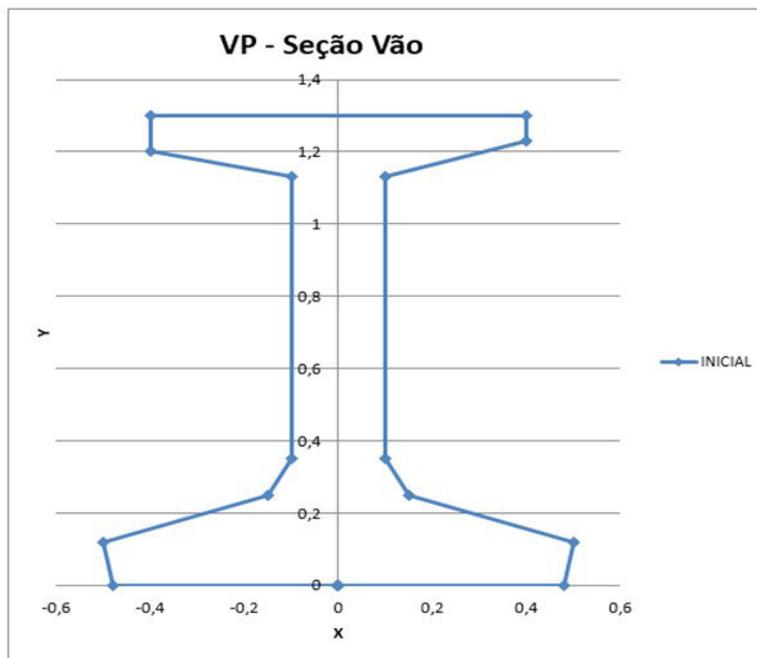


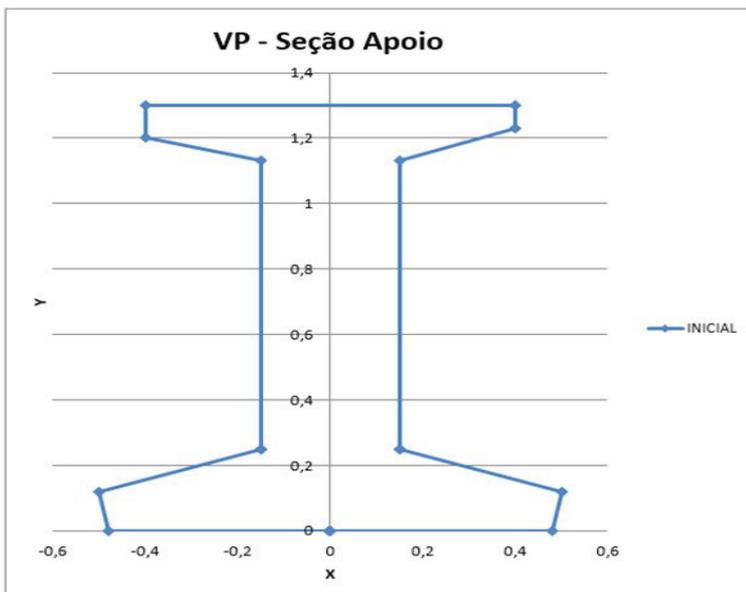
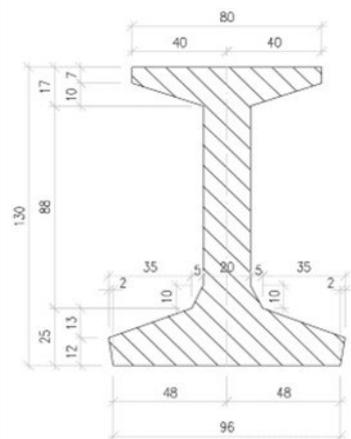
Figura 5: Seção Transversal – Apoios superestrutura contínua

3.11 Seções e Propriedades das Longarinas

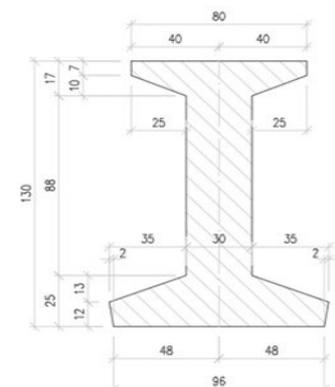
Abaixo são apresentadas as seções transversais e propriedades geométricas das longarinas da OAE.

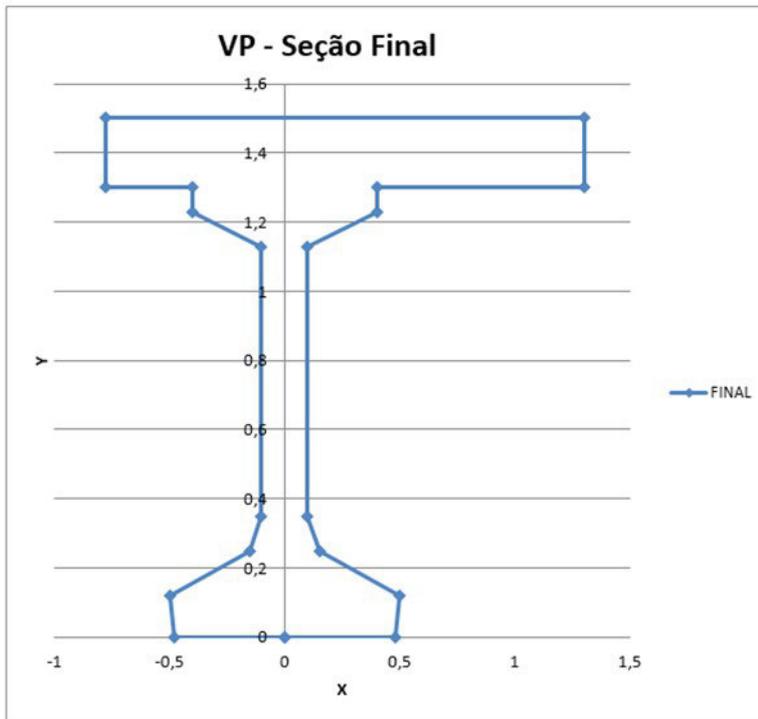


Resultados:	
Xc	-0,002735
Yc	0,5678431
Ixc	0,1064
Iyc	0,0187
Pxcyc	-0,0008
Ac =	0,4936

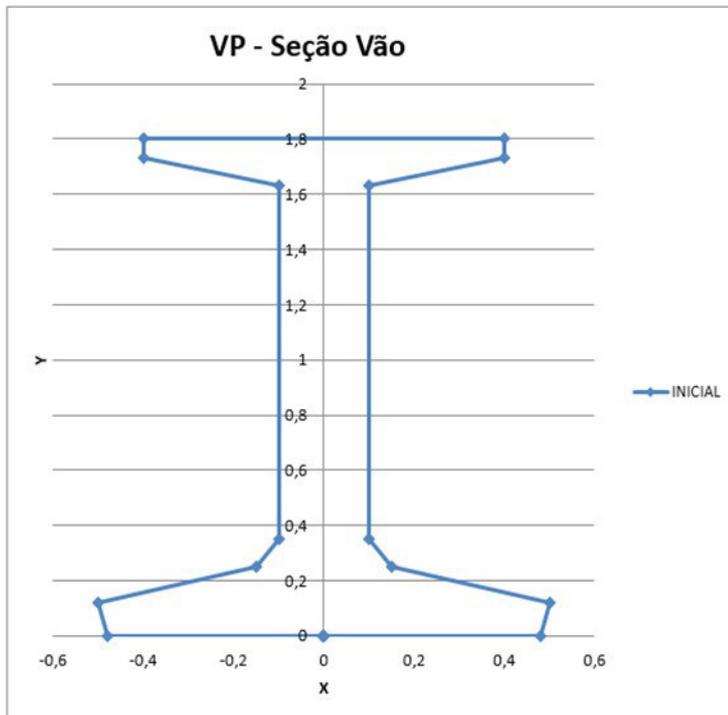


Resultados:	
Xc	-0,002044
Yc	0,5931262
Ixc	0,1141
Iyc	0,0203
Pxcyc	-0,0007
Ac =	0,58085

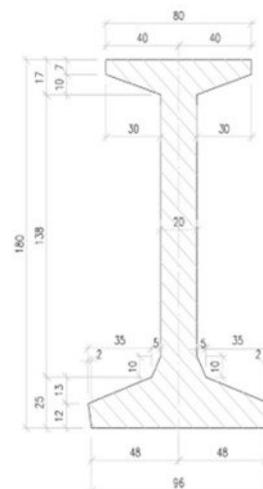


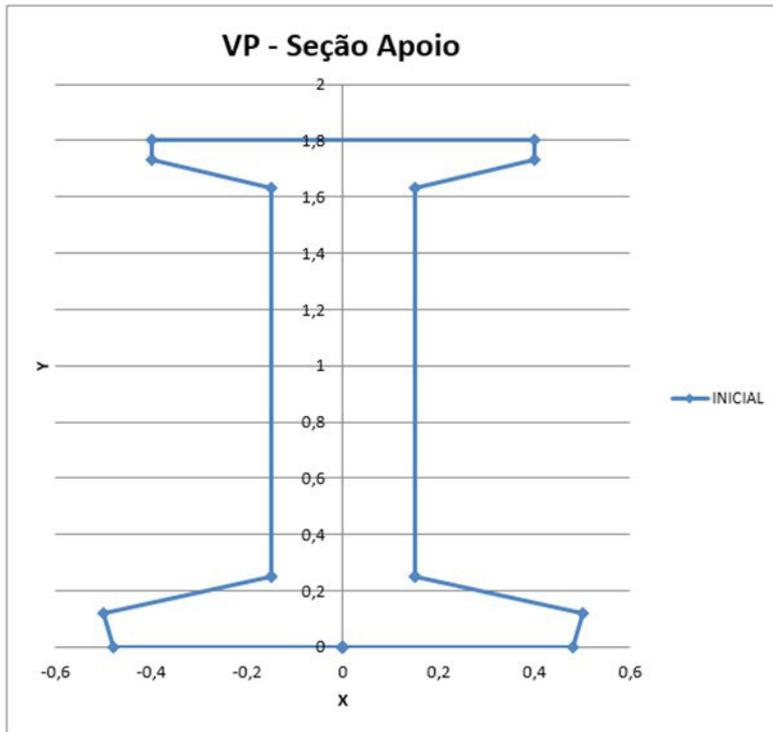


Resultados:	
Xc	0,1195006
Yc	0,9472405
Ixc	0,2639
Iyc	0,1835
Pxcyc	0,049
Ac =	0,9051

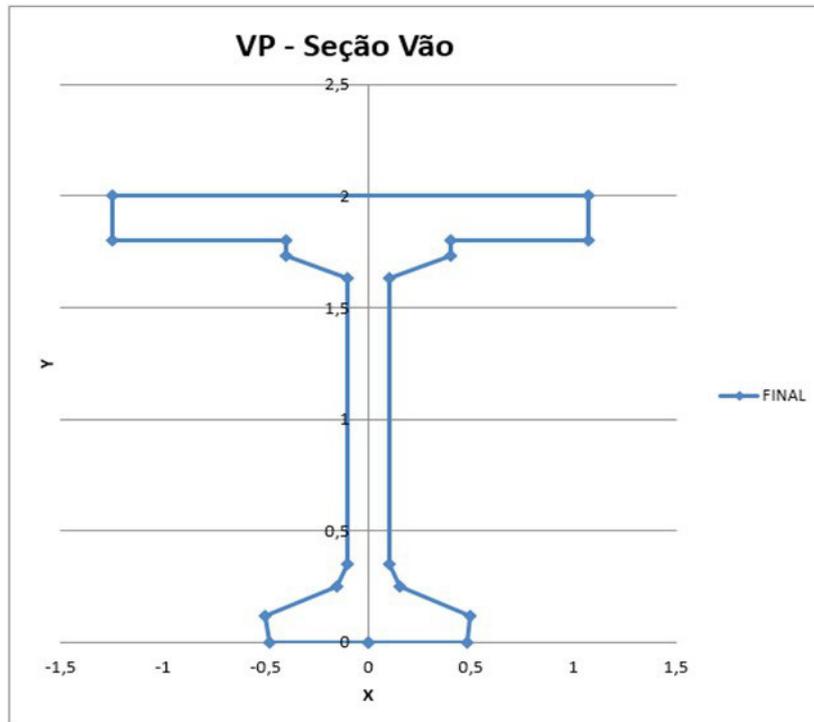
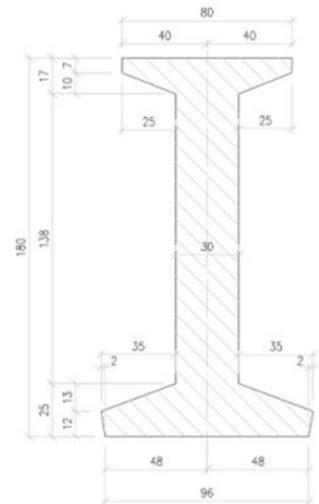


Resultados:	
Xc	5,889E-18
Yc	0,7909478
Ixc	0,2401
Iyc	0,0186
Pxcyc	0
Ac =	0,5891





Resultados:	
Xc	4,772E-18
Yc	0,8287269
Ixc	0,2665
Iyc	0,021
Pxcyc	0
Ac =	0,7271



Resultados:	
Xc	-0,038599
Yc	1,2801891
Ixc	0,5613
Iyc	0,2301
Pxcyc	-0,0252
Ac =	1,0541