

Detalhados visto em 20.06.2011
Prefeitura de São Lourenço da Mata
SÃO LOURENÇO



MENSAGEM Nº 013/2011.

São Lourenço da Mata/PE, 06 de junho de 2011.

Senhor Presidente,

Tenho a elevada honra de submeter à apreciação, discussão e aprovação de V. Exa. e seus ilustres pares, nobres representantes do Povo de São Lourenço da Mata, o anexo Projeto de Lei que autoriza o Poder Executivo a realizar intervenções no sentido de proceder com o desmonte da estrutura metálica, incluindo seus pórticos, constante da Ponte sobre o Rio Capibaribe, Av. Oito de Maio, neste Município, além das respectivas e conseqüentes obras reparadoras e de manutenção que se fizerem necessárias.

A intervenção se faz necessária e improrrogável, ante a conclusão técnica retratada no Laudo de Engenharia requisitado pela Prefeitura Municipal, somada à conclusão do Tribunal de Contas do Estado de Pernambuco que, através do ofício nº TCGC03 nº 0175/2011, fez encaminhar despacho do Técnico de Inspeção de Obras Públicas, Eng. Civil Gustavo Walter Xavier, cuja conclusão foi a seguinte, tudo conforme documentação em anexo:

*“ ...
- Por fim, com base no estudo apresentado e na vistoria realizada esta equipe entende razoável a possibilidade do desmonte da estrutura metálica em função do alto custo de trabalho de manutenção atual e futuro (a análise estimou o orçamento de R\$ 207.707,00). Apreende-se que com o citado recurso é possível a implantação de novos guarda-copos, das supracitadas barreiras de proteção e de novas e modernas luminárias. Além do mais, tem o aspecto da segurança da estrutura, que sempre demandará atenção e recursos por parte das administrações municipais vindouras”.*

Na certeza do seu apoio à presente proposição, apresento a Vossa Excelência e demais pares, meus préstimos de consideração e respeito, rogando sua tramitação em **CARÁTER DE URGÊNCIA**.

ETTORE LABANCA

Prefeito do Município de São Lourenço da Mata

Excelentíssimo Senhor

Vereador **LEONARDO BARBOSA**

DD. Presidente da Câmara de Vereadores de São Lourenço da Mata/PE

NESTA

Praça Dr. Araújo Sobrinho - Centro - CEP 54.735-565
São Lourenço da Mata/PE - CNPJ 11.251.832/0001-05
www.slm.pe.gov.br - prefeitura@slm.pe.gov.br
Fone (81) 3525.2749 / 3525.9437



PROJETO DE LEI Nº 013/2011

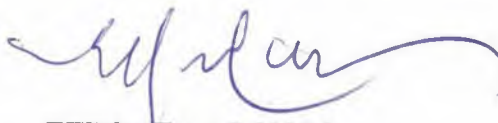
PROJETO DE LEI Nº 014/2011

Autoriza o Poder Executivo a realizar intervenções no sentido de proceder com o desmonte da estrutura metálica, incluindo seus pórticos, constante da Ponte sobre o Rio Capibaribe, Av. Oito de Maio, neste Município, além das respectivas e conseqüentes obras reparadoras e de manutenção que se fizerem necessárias e dá outras providências.

Art. 1º - Fica o Poder Executivo autorizado a realizar intervenções no sentido de proceder com o desmonte da estrutura metálica, incluindo seus pórticos, constante da Ponte sobre o Rio Capibaribe, Av. Oito de Maio, neste Município de São Lourenço da Mata, além das respectivas e conseqüentes obras reparadoras e de manutenção que se fizerem necessárias.

Art. 2º - As despesas à execução da presente Lei correrão por conta de verbas próprias constantes no orçamento vigente, suplementadas se necessário.

Art. 3º - Esta Lei entra em vigor na data de sua publicação, revogadas as disposições em contrário.



ETTORE LABANCA
Prefeito do Município de São Lourenço da Mata



ESTADO DE PERNAMBUCO
TRIBUNAL DE CONTAS

TRIBUNAL DE CONTAS/PE
PETCE Nº 32.652/11

OFÍCIO TCGC03
Nº 0175/2011

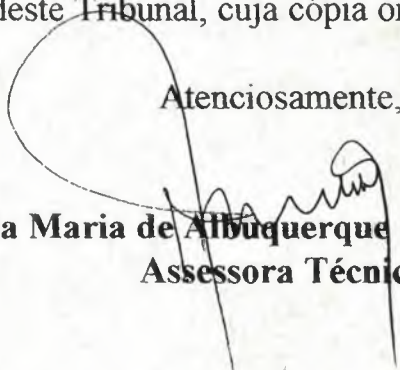
Recife, 26 de abril de 2011.

**REF.: PÓRTICOS METÁLICOS DA PONTE SOBRE O RIO
CAPIBARIBE- ANÁLISE ESTRUTURAL**

Senhor Prefeito

De ordem do Exmo. Sr. Conselheiro relator, em resposta ao contido no Ofício nº 036/2011GP (cópia anexa), interposto junto a esta Corte de Contas no dia 15/03/2011, formalizado sob o protocolo eletrônico de nº 18.938/2011, encaminho a V. Exa. Despacho exarado pela Inspeção Regional Metropolitana Norte deste Tribunal, cuja cópia ora faço juntar.

Atenciosamente,


Igia Maria de Albuquerque Belo Moreira
Assessora Técnica

Exmo. Sr.
ETTORE LABANCA
DD. Prefeito de São Lourenço da Mata
Praça Dr. Araújo Sobrinho, s/nº - Centro
54.735-565 - SÃO LOURENÇO DA MATA - PE

(Coloque sua matrícula)

H:\PUBLICO\OFICIO\2011\110FIC0175.DOC

09/05/11

*Recebido em
11/05/2011
Gen*



ESTADO DE PERNAMBUCO
TRIBUNAL DE CONTAS
DEPARTAMENTO DE CONTROLE MUNICIPAL
INSPETORIA REGIONAL METROPOLITANA SUL

DESPACHO

Ao Inspetor Regional,

Em atendimento ao despacho no verso do ofício nº 036/2011 GP da Prefeitura de São Lourenço da Mata, PETCE 18-938/2011, tem-se o seguinte a informar sobre o conteúdo do citado ofício o qual se refere à análise estrutural (em anexo) dos pórticos metálicos atualmente existentes na ponte sobre o Rio Capibaribe, Av. Oito de Maio, localizada no Município de São Lourenço da Mata. Segundo o ofício supracitado, a citada análise concluiu pela “precariedade da estrutura” metálica, recomendando “sua imediata retirada”. Por fim, solicita que o Tribunal de Contas do Estado possa atestar a ocorrência do relatado, por meio de inspeção técnica a fim de orientar e assegurar a relação das intervenções que se façam necessárias.

Do pórtico metálico instalado sobre a ponte

- a) O citado pórtico (foto 01, abaixo) foi executado em meados de 2000 (~10 anos atrás), não existindo neste período nenhuma manutenção;
- b) A empresa responsável pela sua execução foi a Pistelle Engenharia, sediada em São Paulo;
- c) O objetivo de sua instalação foi primordialmente estético e para promover uma iluminação diferenciada.

Da análise estrutural do pórtico metálico

- a) A análise estrutural foi de responsabilidade do Engenheiro Civil, Sandro Inácio Carneiro da Cruz, CREA RJ 150.513/D. Sua elaboração foi em fevereiro de 2011;
- b) O objetivo do trabalho foi relatar a inspeção técnica na estrutura do pórtico metálico montado sobre a ponte de passagem sobre o Rio Capibaribe, além de serem apresentadas recomendações de melhoramento das condições de segurança na ponte aos pedestres;
- c) O trabalho foi dividido em três etapas: 1- inspeção técnica da estrutura (pág. 6-11 da análise); 2- análise estrutural dos pórticos metálicos (pág. 12-23) e 3- observações e recomendações de melhorias e adequações (pág. 23-29);
- d) O estudo atesta que a condição atual da estrutura metálica configura uma situação de risco aos transeuntes e veículos que ali transitam;
- e) Por fim, oferta duas ações que podem ser tomadas pela Administração Municipal: **Primeira** - o reforço estrutural dos pórticos, a troca do guarda-corpo, a instalação de barreira de concreto entre a calçada e as faixas de rolamento para proteção aos pedestres; e a **Segunda** - o desmonte da estrutura dos pórticos, a troca do guarda-corpo, a instalação de barreira de concreto entre a calçada e as faixas de rolamentos e a instalação de nova iluminação na ponte através de postes convencionais. Para a recuperação dos pórticos e adequações de segurança é apresentado um orçamento índice no valor estimado de R\$ 207.707,00.

A



ESTADO DE PERNAMBUCO
TRIBUNAL DE CONTAS
DEPARTAMENTO DE CONTROLE MUNICIPAL
INSPETORIA REGIONAL METROPOLITANA SUL

Da vistoria realizada por esta equipe

- a) Na vistoria realizada *in loco* constatou-se que de fato as questões tratadas no laudo da análise estrutural procedem em relação à necessidade urgente de manutenção nos pórticos e nos guarda-corpos, e da implantação de uma estrutura de concreto (mureta) separando a calçada da faixa de rolamento. Ver documentário fotográfico abaixo;
- b) Na vistoria verificou-se pontos específicos (que comungam com o laudo em questão) que devem ser ressaltados:
 - b.1) guarda-corpos necessitando urgentemente de manutenção (fotos 02 e 03);
 - b.2) ausência de estrutura de proteção (mureta) entre a faixa de rolamento e a calçada, com o intuito de proteger os pedestres e evitar queda dos veículos da ponte em caso de acidentes (fotos 04 e 05);
 - b.3) base das estruturas metálicas (pórticos) sem proteção contra colisões de veículos (fotos 04 e 05);
 - b.4) base do pórtico danificada devido a colisão de veículo (foto 05);
 - b.5) estrutura do pórtico desalinhada por conta dos esforços e amarrações existentes (fotos 06 e 07);
 - b.6) parafusos de fixação dos pórticos incompletos e provavelmente subdimensionados, conforme exposto na pág. 8 da análise (fotos 08 e 09);
 - b.7) pórticos apoiados sobre lajes em balanço da ponte, promovendo esforços provavelmente não previstos na estrutura de concreto (fotos 10 e 11);

Do documentário fotográfico

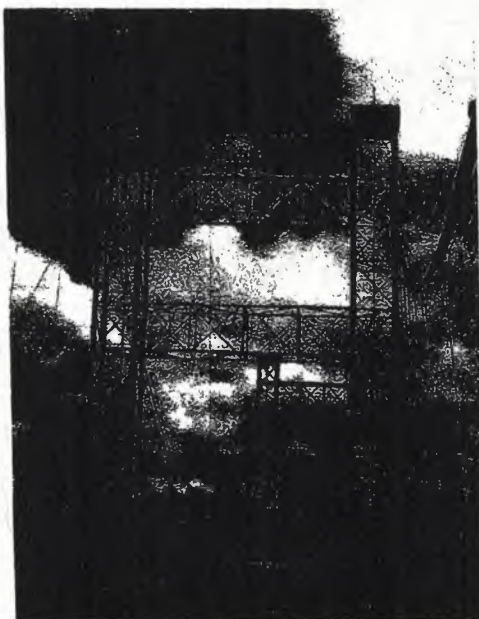


Foto 01 – Vista dos Pórticos.

A



ESTADO DE PERNAMBUCO
TRIBUNAL DE CONTAS
DEPARTAMENTO DE CONTROLE MUNICIPAL
INSPETORIA REGIONAL METROPOLITANA SUL



Foto 02 – Guarda-corpo danificado.



Foto 03 – Guarda-corpo danificado.

INSPETORIA REGIONAL METROPOLITANA SUL
Rua da Aurora, nº 885, Boa Vista – Recife - PE
CEP 50050-910 Tel: 3181-7600

A



ESTADO DE PERNAMBUCO
TRIBUNAL DE CONTAS
DEPARTAMENTO DE CONTROLE MUNICIPAL
INSPETORIA REGIONAL METROPOLITANA SUL

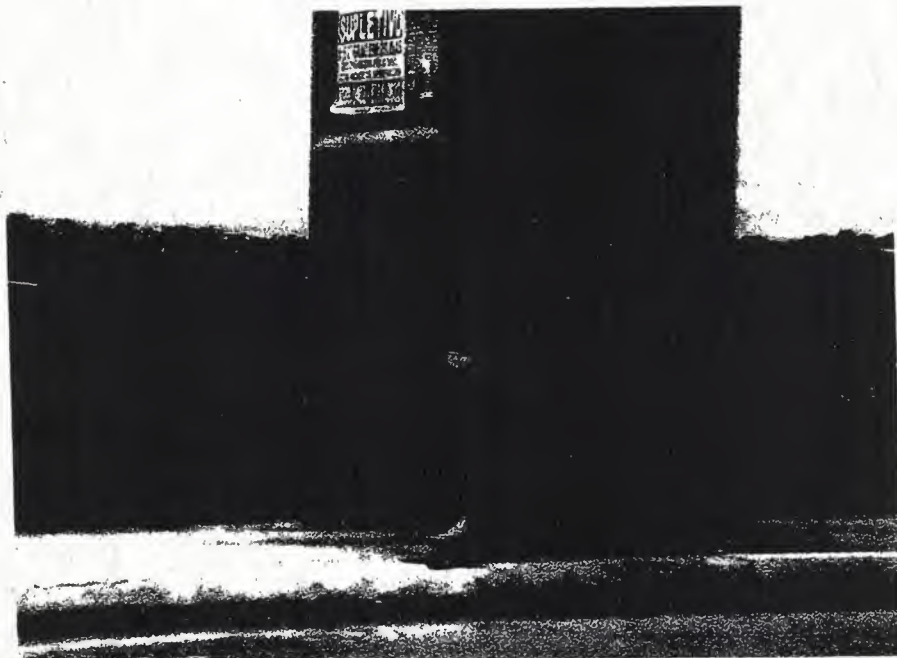


Foto 04 – Base do pórtico danificada devido a colisão de veículo.

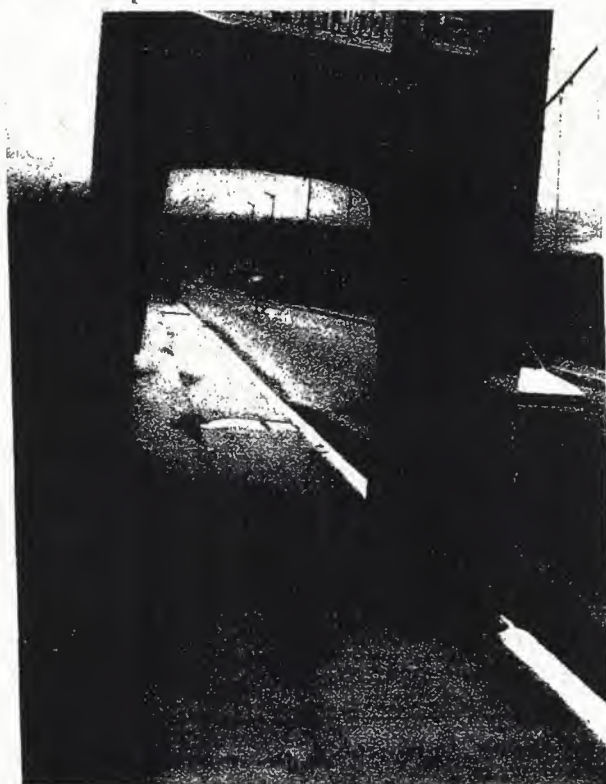


Foto 05 – Estrutura do pórtico desalinhada por conta dos esforços e amarrações existentes (detalhe da parte danificada por colisão de veículo).

A



**ESTADO DE PERNAMBUCO
TRIBUNAL DE CONTAS
DEPARTAMENTO DE CONTROLE MUNICIPAL
INSPETORIA REGIONAL METROPOLITANA SUL**



Foto 06 – Estrutura do pórtico desalinhada por conta dos esforços e amarrações existentes.

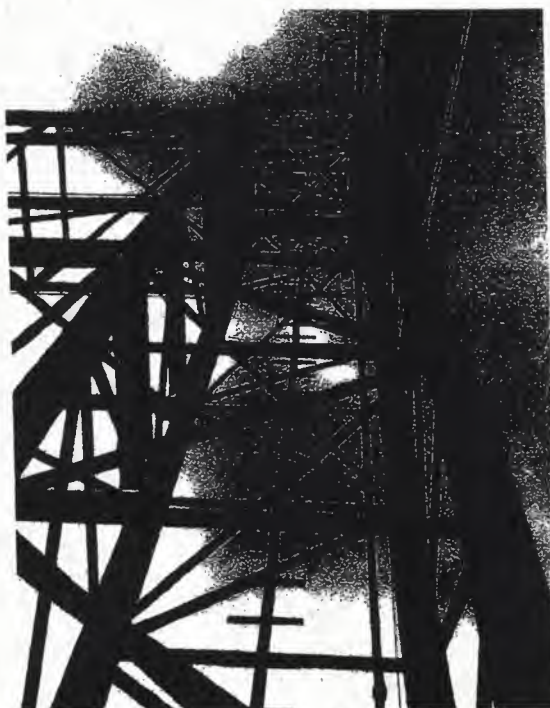


Foto 07 – Estrutura do pórtico desalinhada por conta dos esforços e amarrações existentes.

A



ESTADO DE PERNAMBUCO
TRIBUNAL DE CONTAS
DEPARTAMENTO DE CONTROLE MUNICIPAL
INSPETORIA REGIONAL METROPOLITANA SUL



Foto 08 – Parafusos de fixação dos pórticos na laje da ponte.



Foto 09 – Parafusos de fixação dos pórticos na laje da ponte.

A



ESTADO DE PERNAMBUCO
TRIBUNAL DE CONTAS
DEPARTAMENTO DE CONTROLE MUNICIPAL
INSPETORIA REGIONAL METROPOLITANA SUL



Foto 10 – Pórticos apoiados sobre lajes em balanço da ponte, promovendo esforços provavelmente não previstos na estrutura de concreto.



Foto 11 – Pórticos apoiados sobre lajes em balanço da ponte, promovendo esforços provavelmente não previstos na estrutura de concreto.

A



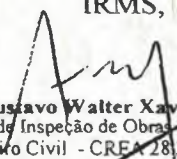
ESTADO DE PERNAMBUCO
TRIBUNAL DE CONTAS
DEPARTAMENTO DE CONTROLE MUNICIPAL
INSPETORIA REGIONAL METROPOLITANA SUL

Da conclusão

Em face do exposto pode-se concluir que:

- É elogiável a atitude do prefeito tanto em contratar um estudo técnico para respaldar uma tomada de posicionamento em relação a manutenção ou retirada das estruturas metálicas sobre a ponte da Av. Oito de Maio, quanto em solicitar uma inspeção técnica do TCE-PE afim de orientar e assegurar as intervenções que se façam necessárias.
- No entanto, em relação ao conteúdo do ofício nº 036/2011 GP, expedido pelo prefeito do município com base no ofício nº 040/2011 do Secretário de Infraestrutura, tem-se a afirmar de que a análise estrutural contratada não concluiu pela “imediata retirada” dos pórticos metálicos em função da “precariedade da estrutura”.
- Na realidade, o estudo pôde concluir (ver pág. 28-29) pela a possibilidade de duas ações: (1) pela manutenção através do reforço estrutural dos pórticos ou (2) pelo desmonte da estrutura metálica existente e a instalação de nova iluminação na ponte através de postes convencionais.
- Em ambas as possibilidades o estudo ressalta a necessidade da troca dos guarda-corpos e da instalação de barreiras de proteção aos pedestres (muretas).
- Por fim, com base no estudo apresentado e na vistoria realizada esta equipe entende razoável a possibilidade do desmonte da estrutura metálica em função do alto custo do trabalho de manutenção atual e futuro (a análise estimou o orçamento de R\$ 207.707,00). Apreende-se que com o citado recurso é possível a implantação de novos guarda-corpos, das supracitadas barreiras de proteção e de novas e modernas luminárias. Além do mais, tem o aspecto da segurança da estrutura, que sempre demandará atenção e recursos por parte das administrações municipais vindouras.

IRMS, 14/04/2011.


Gustavo Walter Xavier
Técnico de Inspeção de Obras Públicas -
Engenheiro Civil - CREA 28.341-D/PE

São Lourenço da Mata, 14 de março de 2011

Ofício nº 036/2011 GP

PETCE
DIPR

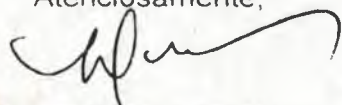
18.938 / 2011

Emérito Conselheiro,

Considerando que Vossa Excelência foi designado como Relator do Processo relativo à Prestação de Contas desta edilidade em relação ao corrente ano, venho por meio do presente, a fim de resguardar direitos e prevenir responsabilidades, em observância à transparência que deve nortear a administração pública, encaminhar a análise estrutural solicitada e encaminhada pela Secretaria de Infraestrutura Municipal, em relação aos "pórticos metálicos" da Ponte sobre o Rio Capibaribe, Av. Oito de Maio, localizada neste Município de São Lourenço da Mata/PE a qual concluiu pela existência de "precariedade da estrutura", recomendando "sua imediata retirada", como consta do ofício nº 040/2011 –Secretaria de Infraestrutura, para que esse competente Tribunal de Contas possa atestar a ocorrência do relatado, por meio de inspeção técnica, a fim de orientar e assegurar a relação das intervenções que se façam necessárias na maior brevidade possível.

Sendo o que se apresenta para o momento, reitero protestos de elevada estima e distinta consideração.

Atenciosamente,



ETTORE LABANCA

Prefeito

TRIBUNAL DE CONTAS DO ESTADO
DOCUMENTO NÃO CONFERIDO NO
RECEBIMENTO 15/03/11


Assinatura do Recebedor

Exmo. Sr.

Dr. Severino Otávio Raposo Monteiro

M.D. Conselheiro do Tribunal de Contas do Estado de Pernambuco

Neste

TRIB. DE CONTAS DO ESTADO 11:22 002814

Rebeca



ANÁLISE ESTRUTURAL

Infra-estrutura Urbana
Prefeitura Municipal de São Lourenço da Mata - PE
Secretaria de Obras

1	18/02/2011	Análise de cargas móveis	18/02/2011	SC / WJ	18/02/2011	WJ	18/02/2011	SC
0	02/02/2011	Emissão inicial	02/02/2011	SC / WJ	02/02/2011	WJ	02/02/2011	SC
REV.	DATA	DESCRIÇÃO DA REVISÃO	DATA	ELAB.	DATA	VERIF.	DATA	APROVAÇÃO
DATA 02/02/2011	DATA 02/02/2011	DATA 02/02/2011	Nº RT – 119/2010 PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO LOURENÇO DA MATA					REV. 1
ELAB. Sandro Cruz Willamy Janny	VERIF. Willamy Janny	APROV. Sandro Cruz						

ÍNDICE

1 – OBJETO E ESCOPO DO SERVIÇO	3
2 – NORMAS E MANUAIS APLICÁVEIS	3
3 – DOCUMENTOS DE REFERÊNCIAS	3
4 – LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS OBJETOS ANALISADOS	3
5 – METODOLOGIA DE TRABALHO, CRITÉRIOS E MATERIAIS ADOTADOS	5
5.1 – METODOLOGIA DE TRABALHO	5
5.2 – CRITÉRIOS UTILIZADOS	5
5.2.1 – Materiais considerados na análise	6
6 – INSPEÇÃO ESTRUTURAL	6
6.1 - REGISTROS GERAIS DA PONTE	6
6.2 - PÓRTICOS METÁLICOS	8
7 – ANÁLISE ESTRUTURAL	12
7.1 – GENERALIDADES	12
7.2 – MODELO MATEMÁTICO	12
7.3 – ESFORÇOS E ANÁLISE DOS PERFIS	14
7.3.1 - Carregamentos	14
7.3.2 – Combinações dos carregamentos	18
8 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	23
8.1 – INSPEÇÃO ESTRUTURAL	23
8.2 – ANÁLISE ESTRUTURAL	28
8.3 – ORÇAMENTO ÍNDICE	29
9 – BIBLIOGRAFIA	30
ANEXO 1 – VIADUTO E DEFENSAS	31

Recife, 02 de fevereiro de 2011.

1 – Objeto e Escopo do Serviço

Este relatório tem como objetivo relatar a inspeção técnica na estrutura do pórtico metálico montado sobre a ponte de passagem sobre o Rio Capibaribe, Av. Oito de Maio, São Lourenço da Mata, Pernambuco. Além, serão apresentadas recomendações de melhoramento das condições de segurança na ponte aos pedestres.

2 – Normas e Manuais Aplicáveis

- NBR 6118 / 2004 – Projeto de Estruturas de Concreto;
- NBR 6120 / 1980 – Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edificações;
- NBR 6123 / 1988 – Forças devidas ao Vento;
- NBR 7187 / 2003 – Projeto de pontes de concreto armado e de concreto protendido – Procedimento;
- NBR 7188 / 1984 – Carga móvel em ponte rodoviária e passarela de pedestre – Procedimento;
- NBR 8681 / 2003 – Ações e segurança nas estruturas - Procedimento
- NBR 8800 / 1986 – Projeto e execução de estruturas em aço;
- Manual de projeto de obras-de-arte especiais – Rio de Janeiro, 1996. IPR.
- DNER-PRO 176/1994 – Projeto e execução de barreiras de segurança, DNIT.

3 – Documentos de Referências

O escopo dos serviços seguem pelas seguintes vertentes: caracterização dos equipamentos de segurança da via aos pedestres e a análise de estabilidade dos pórtico metálicos instalados sobre a ponte. Tais análises foram pautadas nas inspeções e vistorias realizadas na ponte em questão. Ao longo do desenvolvimento do trabalho não foram apresentados por parte do contratante os projetos da ponte de concreto armado e dos pórticos metálicos.

4 – Localização e caracterização dos objetos analisados

A ponte de passagem sobre o Rio Capibaribe, Av. Oito de Maio, São Lourenço da Mata trata-se de um equipamento urbano de grande importância a população do município servindo de ligação entre os bairros Parque Capibaribe e o Centro comercial da cidade. / Figura 1 ilustra a localização da mesma, através de uma imagem aérea do local.



Figura 1 – Localização da Ponte Oito de Maio (Fonte: Google ®)

A Figura 2 mostra em detalhe a ponte Oito de Maio, que serve de passagem de veículos que vêm do bairro Parque Capibaribe e da BR-408 ao Bairro do Centro de São Lourenço da Mata.



Figura 2 – Vista lateral da ponte (Fonte: Google ®)

A Figura 3 a vista lateral da ponte onde se observa os pórticos metálicos nela instalados.



Figura 3 – Vista lateral da ponte (Fonte: Google by Angelo Branco)

5 – Metodologia de Trabalho, Critérios e Materiais Adotados

5.1 – Metodologia de Trabalho

O trabalho foi dividido em três etapas, sendo: 1- inspeção técnica da estrutura; 2- análise estrutural dos pórticos metálicos e 3- observações e recomendações de melhorias e adequações.

A primeira etapa contempla a inspeção técnica da estrutura metálica instalada sobre a ponte, esta estruturada em cantoneiras de 4"x4"x1/4" em aço ASTM A-36, sendo analisado os aspectos estruturais, através de inspeção visual e registros fotográficos, bem como levantados todos os dados das estruturas, e também a identificação dos equipamentos de segurança da via. A segunda etapa contempla a verificação estrutural dos pórticos metálicos, conforme os critérios normativos atuais. Por fim, a terceira etapa contempla as recomendações, observações e adequações necessárias as estruturas e de melhoramentos das condições de segurança na ponte aos pedestres.

5.2 – Critérios Utilizados

Na segunda etapa do trabalho serão utilizados os critérios de cálculo preconizados pelas versões atuais das normas ABNT e manuais, ora apresentados no item 2 deste relatório.

Dentro das análises realizadas foram consideradas as seguintes ações: peso próprio da estrutura, sobrecarga de utilização e ação do vento sobre os perfis e cabos de iluminação.

5.2.1 – Materiais considerados na análise

O projeto original dos pórticos e do sistema de iluminação não foi apresentado pelo contratante, sendo assim, a fim de dar continuidade aos serviços foram consideradas as seguintes características dos materiais empregados nos pórticos e na ponte de concreto armado:

- Peso específico do concreto: 2,5 tf/m³;
- Peso específico do aço: 7,7 tf/m³;
- Tipo de Aço das cantoneiras L4"x4"x1/4"): ASTM A36 (MR 250);
- Tipo de Aço dos perfis dobrados à frio (U75mmx40mmx3,04mm): SAE 1010;
- Tipo de Aço dos parafusos: ASTM A325;
- Coeficiente de majoração de ações permanentes: 1,4;
- Coeficiente de majoração de ações variáveis: 1,5;
- Módulo de elasticidade do aço: E = 205,000 Mpa;
- Coeficiente de Poisson: $\nu = 0,3$.

6 – Inspeção Estrutural

Este item tem como objetivo relatar através de registros fotográficos as condições gerais da ponte, como também da estrutura metálica que compõe os pórticos instalados sobre ela.

6.1 - Registros Gerais da Ponte

Em meados de 2000 foram implantados, sobre os passeios dos pedestres da ponte de passagem sobre o Rio Capibaribe, em São Lourenço da Mata, Pernambuco, dois pórticos metálicos, executados com barras treliçadas de seções L e U, soldadas linearmente ou em pontos de convergência (nós). Estes pórticos servem para fixação de cabos tirantes de suspensão que por sua vez ancoram pendurais, que conferem o efeito estético de uma ponte pênsil à ponte de tabuleiro celular.

Apesar de parecer uma ponte pênsil (suspensa), as estruturas vistas nas fotos abaixo não foram construídas com essa finalidade. Apenas servem de suporte para iluminação da ponte. A Figura 4 apresenta a visão dos pórticos e dos cabos que simulam a aparência de uma ponte pênsil.



Figura 4 – Vista geral da ponte e dos pórticos metálicos

Na inspeção do tabuleiro da ponte se constatou diversos problemas que podem comprometer a segurança dos transeuntes que ali trafegam, bem como a de veículos. Os guarda-corpos estão bastante deteriorados por corrosão, havendo partes onde o estado de degradação foi tanto que a peça se fragmentou. A Figura 5 mostra a condição atual dos guarda-corpos.



Figura 5 – Guarda-corpo lateral da ponte

Conforme pode ser visto na Figura 6, a seguir, não existe barreira entre a pista de rolamento sobre o tabuleiro da ponte e os passeios dos pedestres nas laterais da mesma. Essa condição pode levar a atropelamentos ou quedas de veículos no rio, uma vez que o guarda corpo não oferece condições de absorver impactos de automóveis.



Figura 6 – Passeio de pedestres sem proteção de barreiras de segurança

6.2 - Pórticos Metálicos

Foram efetuadas também inspeções nas torres metálicas construídas sobre a ponte. Pôde-se constatar que um dos quatro pilares que forma uma das torres foi danificado e sua base foi parcialmente arrancada da fixação com a passarela de pedestre devido a colisão de veículo.

A Figura 7 ilustra a condição da coluna que foi gravemente danificada pela colisão, além do detalhe da chapa de conexão da estrutura metálica e o concreto do viaduto.

Nota-se que a estrutura metálica é fixada no concreto da ponte através de chumbadores (parabolts) com o diâmetro de 5/16". Estes oferecem somente a garantia de apoio, não sendo suficientes para promover a estabilidade global da estrutura, quando da ausência dos cabos de aço que a contraventa.



a)



b)

Figura 7 – Base de um dos pórticos, a) Vista do pilar danificado e dos transeuntes; b) Detalhe

A estrutura externamente se encontra contraventada frontalmente (estaiamento) através de cabos de aço que são mostrados a posterior. A Figura 6 oferece uma vista geral dos cabos de aço que servem de contraventamento externo. Internamente a estrutura metálica que compõe as colunas do pórtico é contraventada por perfis de chapas dobradas a frio (box 60mmx40mmx4mm, em aço não estrutural, SAE 1010), de forma alternada, ou seja, em um nível em uma direção e no próximo em outro. Na altura de fixação dos cabos de aço tal contraventamento interno deveria ser aplicado nas duas direções, assim, compondo um "X", de forma que quando os esforços provenientes da ação do vento carregassem a estrutura, a mesma não sofresse por efeito de distorção.

Estando as estruturas estaiadas por cabos de aço ancorados ao tabuleiro da ponte, as movimentações devido a forças exercidas pelo vento estão deformando os montantes o que pode causar a ruptura de barras nas suas ligações. Pelo exposto, as barras verticais que formam os montantes principais das torres apresentam sutil desalinho.

A Figura 8 apresenta as conexões dos cabos de aço com os perfis cantoneiras, estes encobertos por carenagens, que anteriormente serviam de acabamento de lonas de efeito estético.



Figura 8 – Locais de fixação dos cabos de aço com a estrutura do pórtico

A Figura 9 ilustra a condição de oxidação que se encontra da manilha de amarração do cabo com a corrente que se fixa no tabuleiro a ponte. Tal condição não é favorável a segurança, pois pode ocorrer a ruptura dos pontos de ligação.

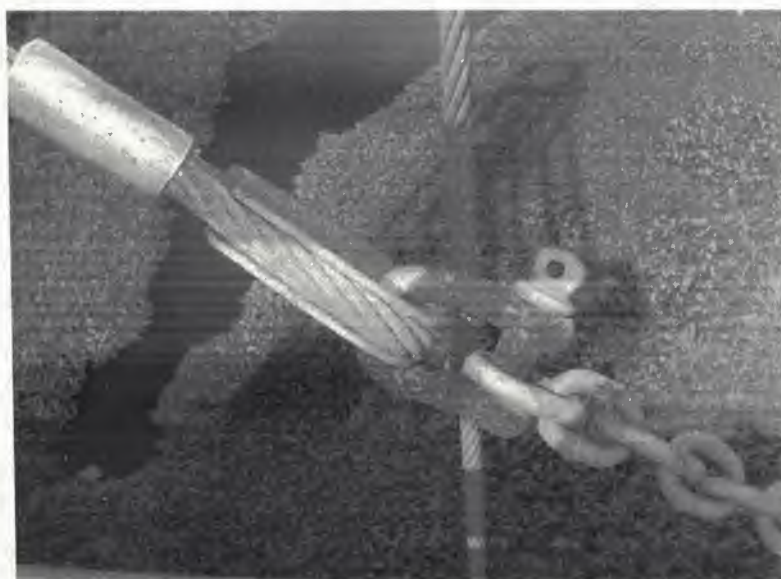


Figura 9 – Manilha de amarração do cabo de aço que compõe o estaiamento da estrutura

Mesmo sem acesso ao projeto de iluminação e da memória de cálculo das estruturas de suspensão da iluminação a Figura 10 ilustra a falta de um perfil que auxilia na estrutura de fixação do tirante de fibra de carbono.



Figura 10 – Falta do perfil de estabilização do tirante de fibra de carbono (iluminação)

Em alguns pontos do passeio se encontram pequenos blocos de concreto, onde eram instalados os postes de iluminação da ponte, onde hoje sem função. Sendo assim, servem de interferência a passagem dos pedestres no passeio. A Figura 11 ilustra a condição descrita.



Figura 11 – Antigos blocos de fixação dos postes de iluminação

7 – Análise Estrutural

7.1 – Generalidades

Os elementos estruturais serão verificados com a aplicação dos carregamentos permanentes (peso próprio e carenagens metálicas) e carregamentos variáveis (sobrecarga acidental e vento). Desta forma, a estrutura dos pórticos será representada por um modelo matemático, de forma a se obter os esforços nas estruturas.

As ações permanentes e variáveis serão simuladas em 03 (três) casos de combinação de carregamentos, conforme será descrito no item 7.3. A ação do vento em torres metálicas é calculada considerando o coeficiente de arrasto nos perfis que as formam. A torre é dividida em 5 (cinco) módulos, onde são obtidas a velocidade característica (que depende da altura), o coeficiente de arrasto e as forças, estas então são aplicadas aos nós do trecho considerado no modelo matemático.

O carregamento permanente será gerado diretamente pelo programa SAP2000®. Além, sobre a estrutura será considerada uma sobrecarga acidental, correspondente a manutenção da estrutura, convencionalmente a NBR 6120 não oferece referência sobre o valor considerado, no entanto foi admitido um valor de 0,05 tf/m² (50kgf/m²).

7.2 – Modelo Matemático

A Figura 12 mostra a vista frontal do modelo matemático em 2D que foi utilizado na simulação matemática no SAP 2000.



Figura 12 – Vista 2D do modelo matemático simulado no SAP2000®

A Figura 13 mostra o modelo matemático em 3D que foi utilizado na simulação matemática no SAP 2000.



Figura 13 – Vista 3D do modelo matemático simulado no SAP2000®

7.3 – Esforços e análise dos perfis

A estrutura do pórtico foi simulada considerando que as barras longitudinais compostas de cantoneiras L4"x4"x1/4", são elementos contínuos, assim serão verificados para a capacidade resistente a flexão, a cortante e para cargas axiais de tração e compressão. Porém, as barras que servem de contraventamento, estas formadas por perfis U75mmx40mmx3,04mm e os box 60mmx40mmx4mm, que são de aço não estrutural SAE 1010, serão consideradas rotulados nas extremidades.

7.3.1 - Carregamentos

LOAD 1 – carregamento permanente gerado direto pelo programa;

LOAD 2 - carregamento accidental, sobrecarga:

Considerado 0,05 tf/m² aplicado como carga pontual nos nós das barras de contraventamento, em níveis alternados e sobre as duas estruturas treliçadas que fazem o fechamento do pórtico. Este carregamento é concomitante com a ação do vento, pois considera-se que no início das rajadas do vento de projeto poderá haver manutenção da estrutura, tendo-se um *delay* até o descarregamento (saída dos funcionários).

Nos patamares:

$$A = 1,75 \times 1,75 = 3,06 \text{ m}^2;$$

$$P = (3,06 \times 0,05) / 4 \text{ nós} = 0,04 \text{ tf}$$

Treliças de ligação entre as torres:

$$A = 11,90 \times 1,75 = 20,83 \text{ m}^2;$$

$$P = (20,83 \times 0,05) / 14 \text{ nós} = 0,074 \text{ tf}.$$

LOAD 3 - carregamento accidental, vento:

Os pórticos ou torres metálicas formam reticulados planos, compostos de perfis de larguras diferentes. A análise realizada neste relatório considera três casos de carregamento, identificados como CASE I, CASE II e CASE III. O CASE I simula o carregamento de vento que incide perpendicularmente ao maior plano definido pelo pórtico (0°). O CASE II simula o carregamento de vento que incide a 45° (graus) com relação ao maior plano definido pelo pórtico. O CASE III simula o carregamento de vento que incide a 0° (graus) com o menor plano definido pelo pórtico, este caso simula a aplicação do carregamento do vento que vem pela calha do Rio Capibaribe.

A Figura 14 mostra a notação utilizada nos casos de carregamentos estudados neste relatório. A face onde o vento incide é chamada barlavento, a face que sofre sucção ou arrasto pela passagem o vento é chamada sotavento.

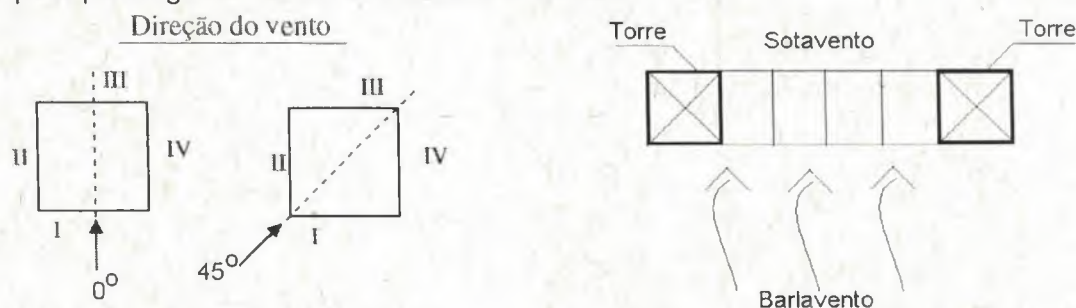


Figura 14 – a) direções dos ventos simulados; b) indicação da face de barlavento e sotavento

A Tabela 1 mostra os carregamentos obtidos quando tomados todos os parâmetros para cálculo do coeficiente de arrasto, e, ângulo de incidência. A estrutura foi dividida em 5 (cinco) módulos, onde são obtidas a velocidade característica (que depende da altura), o coeficiente de arrasto e as forças, estas então são aplicadas aos nós do trecho considerado no modelo matemático.

Tabela 1 – Carregamentos obtidos

E: 1,75m H: 1,75m		E / H: 1,00			Coeficientes								Componentes nas Faces (tf)							
		Fi	Neta	Vento 45° Fa (tf)	Face I		Face II		Face III		Face IV		Face I		Face II		Face III		Face IV	
Módulo	H topo (m)				n	t	n	t	n	t	n	t	n	t	n	t	n	t	n	t
1	11,78	0,28	0,73	3,87	0,20	0,20	0,20	0,20	0,15	0,15	0,15	0,15	0,77	0,77	0,77	0,77	0,58	0,58	0,58	0,58
2	13,78	0,23	0,80	2,02	0,20	0,20	0,20	0,20	0,15	0,15	0,15	0,15	0,40	0,40	0,40	0,40	0,30	0,30	0,30	0,30
3	17,78	0,23	0,80	1,22	0,20	0,20	0,20	0,20	0,15	0,15	0,15	0,15	0,24	0,24	0,24	0,24	0,18	0,18	0,18	0,18
4	19,78	0,23	0,80	2,11	0,20	0,20	0,20	0,20	0,15	0,15	0,15	0,15	0,42	0,42	0,42	0,42	0,32	0,32	0,32	0,32
5	21,78	0,23	0,80	0,62	0,20	0,20	0,20	0,20	0,15	0,15	0,15	0,15	0,12	0,12	0,12	0,12	0,09	0,09	0,09	0,09

n - componente perpendicular à face

t - componente paralela à face

Load 5 - Case III

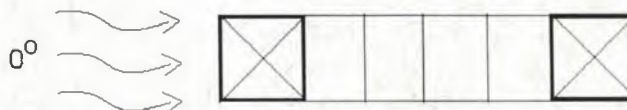


Figura 17 – Orientação do vento no CASE III

Tabela 4 – Carregamentos obtidos no CASE III

Módulo	H topo (m)	L (m)			Ae (m2)	Ac (m2)	ϕ	S1	S2	S3	Vo (m/s)	Vk (m/s)	q (tf/m2)	Ca	Vento 0° Fa (tf)
		U 75x40mm	L4"x4"	Tubo ϕ 190mm											
1	11,78	28,28	16,00	11,06	5,97	20,62	0,29	1,00	1,101	1,10	35,00	42,39	0,11	2,56	1,68
2	13,78	7,07	4,00		0,94	3,50	0,27	1,00	1,113	1,10	35,00	42,85	0,11	2,62	0,28
3	17,78	14,14	8,00		1,88	7,00	0,27	1,00	1,131	1,10	35,00	43,54	0,12	2,62	0,57
4	19,78	7,07	4,00		0,94	3,50	0,27	1,00	1,139	1,10	35,00	43,85	0,12	2,62	0,29
5	21,78	5,32	5,75		0,99	3,50	0,28	1,00	1,145	1,10	35,00	44,08	0,12	2,60	0,31

OBS. 1: A torres apresenta 3 tipos principais de perfis, a fim de simplificar a verificação os coeficientes de arrasto não serão diferenciados por tipo de perfil, a considerar que as diferenças de área são levadas em conta no somatório isolado das áreas efetivas;

Tabela 5 – Carregamentos obtidos no CASE III - Barlavento

E: 8,40m H: 1,75m		E / H: 4,80			Coeficientes								Componentes nas Faces (tf)							
				Vento 0° Fa (tf)	Face I		Face II		Face III		Face IV		Face I		Face II		Face III		Face IV	
Módulo	H topo (m)	φ	η		n	t	n	t	n	t	n	t	n	t	n	t	n	t	n	t
1	11,78	0,29	0,91		1,68	0,52	0,00	0,00	0,00	0,48	0,00	0,00	0,00	0,88	0,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00
2	13,78	0,27	0,93	0,28	0,52	0,00	0,00	0,00	0,48	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00
3	17,78	0,27	0,93	0,57	0,52	0,00	0,00	0,00	0,48	0,00	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00	0,28	0,00	0,00	0,00
4	19,78	0,27	0,93	0,29	0,52	0,00	0,00	0,00	0,48	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00
5	21,78	0,28	0,92	0,31	0,52	0,00	0,00	0,00	0,48	0,00	0,00	0,00	0,16	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00

n - componente perpendicular à face

t - componente paralela à face

Tabela 6 – Carregamentos obtidos no CASE III - Sotavento

Módulo	H topo (m)	L (m)			Ae (m ²)	Ac (m ²)	ϕ	S1	S2	S3	Vo (m/s)	Vk (m/s)	q (tf/m ²)	Ca	Vento 0° Fa (tf)	Vento 45° Fa (tf)
		U 75x40mm	L4"x4"	Tubo ϕ 190mm												
1	11,78	62,32	32,00	18,62	11,66	41,23	0,28	1,00	1,10	1,10	35,00	42,39	0,11	2,60	3,34	3,87
2	13,78	39,84	24,80		5,52	23,80	0,23	1,00	1,11	1,10	35,00	42,85	0,11	2,80	1,74	2,02
3	17,78	21,28	16,00		3,23	14,00	0,23	1,00	1,13	1,10	35,00	43,54	0,12	2,80	1,05	1,22
4	19,78	39,84	24,80		5,52	23,80	0,23	1,00	1,14	1,10	35,00	43,85	0,12	2,80	1,82	2,11
5	21,78	10,64	8,00		1,61	7,00	0,23	1,00	1,15	1,10	35,00	44,08	0,12	2,80	0,54	0,62

OBS. 1: A torres apresenta 3 tipos principais de perfis, a fim de simplificar a verificação os coeficientes de arrasto não serão diferenciados por tipo de perfil, a considerar que as diferenças de área são levadas em conta no somatório isolado das áreas efetivas;

Load 3 - Case I

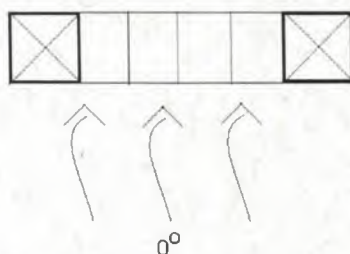


Figura 15 – Orientação do vento no CASE I

Tabela 2 – Carregamentos obtidos no CASE I

Módulo		H topo (m)		Fi		Neta		Vento 0° Fa (tf)		Coeficientes								Componentes nas Faces (tf)							
										Face I				Face II				Face III				Face IV			
										n		t		n		t		n		t		n		t	
1	11,78	0,28	0,73	3,34	0,58	0,00	0,00	0,00	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	1,93	0,00	0,00	0,00	1,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	13,78	0,23	0,80	1,74	0,56	0,00	0,00	0,00	0,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,97	0,00	0,00	0,00	0,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	17,78	0,23	0,80	1,05	0,56	0,00	0,00	0,00	0,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,58	0,00	0,00	0,00	0,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	19,78	0,23	0,80	1,82	0,56	0,00	0,00	0,00	0,44	0,00	0,00	0,00	0,00	1,01	0,00	0,00	0,00	0,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	21,78	0,23	0,80	0,54	0,56	0,00	0,00	0,00	0,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00	0,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

n - componente perpendicular à face

t - componente paralela à face

Load 4 - Case II

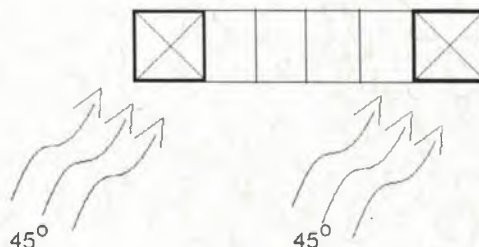


Figura 16 – Orientação do vento no CASE II

Tabela 3 – Carregamentos obtidos no CASE II

					Componentes nas Faces (tf)							
					Face I		Face II		Face III		Face IV	
Módulo	H topo (m)	ϕ	η	Vento 0° Fa (tf)	n	t	n	t	n	t	n	t
1	11,78	0,29	0,91	1,68	0,80	0,00	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,00
2	13,78	0,27	0,93	0,28	0,13	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00
3	17,78	0,27	0,93	0,57	0,28	0,00	0,00	0,00	0,26	0,00	0,00	0,00
4	19,78	0,27	0,93	0,29	0,14	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00
5	21,78	0,28	0,92	0,31	0,15	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00

n - componente perpendicular à face

t - componente paralela à face

7.3.2 – Combinações dos carregamentos

Coefficientes de majoração ou ponderação:

Carregamento permanente - $\gamma_g = 1,30$;

Carregamento variável principal (vento) - $\gamma_{q1} = 1,40$;

Carregamento variável (sobrecarga acidental) - $\gamma_{q1} = 1,50$;

Coefficiente de ponderação para cargas variáveis não principais: $\Psi_o = 0,50$.

COMBO 1: Peso próprio, sobrecarga acidental e vento Case I

COMBO 1 = $1,30 \times \text{LOAD 1} + 1,50 \times 0,50 \times \text{LOAD 2} + 1,40 \times \text{LOAD 3}$

COMBO 2: Peso próprio, sobrecarga acidental e vento Case II

COMBO 2 = $1,30 \times \text{LOAD 1} + 1,50 \times 0,50 \times \text{LOAD 2} + 1,40 \times \text{LOAD 4}$

COMBO 3: Peso próprio, sobrecarga acidental e vento Case III

COMBO 3 = $1,30 \times \text{LOAD 1} + 1,50 \times 0,50 \times \text{LOAD 2} + 1,40 \times \text{LOAD 5}$

i) Análise das Reações de Apoio

As torres são fixadas na estrutura de concreto da ponte através de uma chapa de apoio, com espessura de 10mm, com a utilização de chumbadores, tipo parabolt, com diâmetro de 8mm (5/16"). A seguir são ilustradas as características dos materiais utilizados nas verificações e os valores normativos limites, para a verificação ao cortante, a tração e a ação conjunto destes esforços.

Diâmetro do chumbador (m): 0,008
 Resistência a tração (tf/m²): 72500,0 ASTM A325
 Alfa: 2,5
 Área efetiva de pressão de contato (m²): 0,00008 Chapa 10mm
 Área bruta do conector (m²): 0,00005027
 Quantidade de parafusos 5/16" por base: 8,00 unid

Resistência de Cálculo - Cisalhamento

Pressão 6,83 tf
 Corte 2,26 tf

Resistência de Cálculo - Tração

Rk = 2,05 tf

Tabela 7 e seguintes apresentam as análises dos conectores de fixação das torres na estrutura de concreto.

Tabela 7 – Análise de conectores, COMBO 1

Combo 1						Análise		
Nó	Local	Fx (tf)	Fy (tf)	Fz (tf)*	Vd (tf)	Tração	Cortante	Efeito Combinado
4	Torre 1	-0,000414	-0,67	5,93	0,67	Não aplicável!	OK !	OK !
8	Torre 1	-0,006250	-0,71	4,95	0,71	Não aplicável!	OK !	OK !
1	Torre 1	-0,036200	-0,66	4,31	0,66	Não aplicável!	OK !	OK !
5	Torre 1	-0,041300	-0,70	3,94	0,70	Não aplicável!	OK !	OK !
52	Torre 2	-0,002100	-0,69	5,54	0,69	Não aplicável!	OK !	OK !
56	Torre 2	-0,008100	-0,65	5,27	0,65	Não aplicável!	OK !	OK !
49	Torre 2	0,050300	0,69	3,69	0,69	Não aplicável!	OK !	OK !
53	Torre 2	0,043900	-0,64	4,82	0,64	Não aplicável!	OK !	OK !

* - Positivo: Compressão na chapa de apoio / Negativo: Tração na chapa de apoio

Tabela 8 – Análise de conectores, COMBO 2

Combo 2						Análise		
Nó	Local	Fx (tf)	Fy (tf)	Fz (tf)*	Vd (tf)	Tração	Cortante	Efeito Combinado
4	Torre 1	-1,600000	-0,41	-10,98	1,65	OK !	OK !	OK !
8	Torre 1	-1,630000	-0,46	16,68	1,69	Não aplicável!	OK !	OK !
1	Torre 1	-1,680000	-0,41	-10,75	1,73	OK !	OK !	OK !
5	Torre 1	-1,660000	-0,46	17,22	1,72	Não aplicável!	OK !	OK !
52	Torre 2	-1,630000	-0,51	-8,60	1,71	OK !	OK !	OK !
56	Torre 2	-1,650000	-0,48	19,20	1,72	Não aplicável!	OK !	OK !
49	Torre 2	-1,610000	-0,50	-9,80	1,69	OK !	OK !	OK !
53	Torre 2	-1,600000	-0,47	19,22	1,67	Não aplicável!	OK !	OK !

* - Positivo: Compressão na chapa de apoio / Negativo: Tração na chapa de apoio

Tabela 9 – Análise de conectores, COMBO 3

Combo 3						Análise		
Nó	Local	Fx (tf)	Fy (tf)	Fz (tf)*	Vd (tf)	Tração	Cortante	Efeito Combinado
4	Torre 1	-1,030000	0,03	-7,78	1,03	OK !	OK !	OK !
8	Torre 1	-1,050000	0,01	11,17	1,05	Não aplicável!	OK !	OK !
1	Torre 1	-1,070000	0,03	-7,53	1,07	OK !	OK !	OK !
5	Torre 1	-1,060000	0,01	11,74	1,06	Não aplicável!	OK !	OK !
52	Torre 2	-1,050000	-0,03	-5,78	1,05	OK !	OK !	OK !
56	Torre 2	-1,060000	-0,03	12,84	1,06	Não aplicável!	OK !	OK !
49	Torre 2	-1,060000	0,02	-6,50	1,06	OK !	OK !	OK !
53	Torre 2	-1,050000	-0,02	12,56	1,05	Não aplicável!	OK !	OK !

* - Positivo: Compressão na chapa de apoio / Negativo: Tração na chapa de apoio

ii) Verificação do Estaiamento

A seguir são ilustradas as características dos materiais utilizados nas verificações e os valores normativos limites, conforme preconizado pela norma NBR 6327 para a verificação da carga de ruptura mínima de um cabo.

Diâmetro do cabo: 16 mm
 Resistência a tração: 1600 N/mm²
 Fator de carga: 0,359
 Carga de Ruptura mínima: 14,705 tf

A Tabela 10 apresenta o rol de cargas nos estais que contraventam às torres, separadas por combinação de carregamentos considerados.

Tabela 10 – Cargas axiais nos estais de contraventamento do pórtico

Frame	Local	Combo 1	Combo 2	Combo 3
272	Torre 1 Sotavento	0,05	0,05	0,05
302	Torre 1 Sotavento	0,03	0,03	0,03
303	Torre 1 Barlavento	8,14	5,75	0,18
271	Torre 1 Barlavento	3,33	1,75	0,02
365	Torre 2 Sotavento	0,05	0,05	0,05
304	Torre 2 Sotavento	0,03	0,03	0,03
301	Torre 2 Barlavento	8,34	5,46	0,00
269	Torre 2 Barlavento	3,23	1,82	0,11

Nota-se que os esforços axiais nos cabos são inferiores que a carga mínima estabelecida por norma. Porém, a carga de trabalho de um cabo de uso geral aplicado nas condições do caso em estudo, não deve, via de regra, exceder a 1/5 da carga de ruptura mínima efetiva do mesmo, definindo um fator de segurança igual a 5. O fator ou índice de segurança é a relação entre a carga de ruptura mínima efetiva do cabo e a carga aplicada. Ou seja, a carga limite nos cabos deve ser igual a 2,94 tf, assim nota-se que para alguns casos de carregamentos os cabos estão carregados acima do limite usual.

iii) Deformações



Conforme a tabela 26, Anexo C da NBR 8800, para estruturas diversas submetidas ao vento e todos os demais efeitos: (1/400) da altura. Temos:

Altura da torre: 21,98 m

Limite de deformação: 0,055 m

A Tabela 11 ilustra as deformações horizontais ocorridas nos elementos do topo das torres, somente para a ação do vento, para os três casos apresentados

Tabela 11 – Deformações horizontais

Load	Nó	Deformações (m)		
		Eixo X	Eixo Y	δ resultante
3	46	0,002	0,065	0,065
4	93	0,590	0,040	0,591
5	93	0,400	0,008	0,400

Para cada caso de incidência do vento na estrutura foram tomados os valores das deformações horizontais resultantes, assim nota-se que as deformações ocorridas são superiores ao limite normativo. Desta forma, recomenda-se a aplicação de um reforço na estrutura de contraventamento externo, ou seja aumento do número de cabos de aço.

A análise normativa da estrutura é feita para o estagio limite último da estrutura, no entanto o valor limite apresentando refere-se ao estagio limite de utilização da estrutura, ou seja o limite admitido para utilização da estrutura.

iv) Verificação dos perfis

A Tabela 11 mostra os perfis que sofrem os maiores esforços nas combinações consideradas.

Tabela 11 – Verificação dos perfis

TUBO							
	Barra	Comprimento (m)	Axial (tf)	M1 (tf.m)	M2 (tf.m)	Q (tf)	Análise
COMBO 1	3	2,37	-5,93	0,00	-1,58	0,67	Perfil adequado
	9	1,41	-6,43	-0,12	0,47	0,42	Perfil adequado
	137	2,37	-5,54	0,00	-1,64	0,69	Perfil adequado
COMBO 2	4	2,37	-17,22	0,00	-3,94	1,66	Perfil não adequado
	3	2,37	11,21	0,00	-3,97	1,68	Perfil adequado
	24	1,41	-11,87	-0,32	1,88	1,56	Perfil adequado
	138	2,37	-19,22	0,00	-3,79	1,60	Perfil não adequado
	158	1,41	-14,19	-0,31	1,80	1,60	Perfil adequado
COMBO 3	138	2,37	-12,76	0,00	-2,49	1,05	Perfil adequado
	158	1,41	-8,27	-0,20	1,22	1,01	Perfil adequado
Cantoneira 4"x4"x L							
	Barra	Comprimento (m)	Axial (tf)	M1 (tf.m)	M2 (tf.m)	Q (tf)	Análise
COMBO 1	25	2,00	-6,83	-0,01	0,02	0,02	Perfil adequado
COMBO 2	156	2,00	-10,39	-0,31	0,09	0,03	Perfil não adequado
COMBO 3	155	2,00	-7,96	-0,18	0,04	0,11	Perfil adequado
U75x40mm							
	Barra	Comprimento (m)	Axial (tf)	Análise			
COMBO 1	45	1,75	4,71	Perfil adequado			
	358	2,10	-2,08	Perfil adequado			
	111	2,66	-2,70	Perfil não adequado			
	254	2,66	2,55	Perfil adequado			
COMBO 2	44	1,75	3,31	Perfil adequado			
	176	1,75	-3,64	Perfil adequado			
	230	2,66	-2,66	Perfil não adequado			
COMBO 3	361	1,75	-2,02	Perfil adequado			
	324	2,90	-1,92	Perfil adequado			

iv) Verificação da seção

Os pórticos foram locados sobre a laje em balanço da seção do viaduto, sendo assim faz necessário verificar se os esforços últimos produzidos pela estrutura dos pórticos superam os esforços fletores correntes. Para isto, admitiu-se que o trem-tipo utilizado no dimensionamento da ponte é o TB-30, com um carregamento de 5,0 tf por roda.

Tomando uma seção que passa por um dos eixos do trem-tipo, temos condições de estabelecer um modelo simplificado que representa o tabuleiro da ponte. A seguir são ilustrados os dados considerados na verificação.

Dados:

Vão - $L = 6,50\text{m}$;

Coeficiente de impacto - $\phi = 1,4 - 0,007L = 1,4 - 0,007 \times 6,50 = 1,355$

TB-30 $\Rightarrow$ Pk (carga/roda) = 5,0 tf

Coeficiente de majoração variável, carga móvel - $\gamma_q = 1,50$;

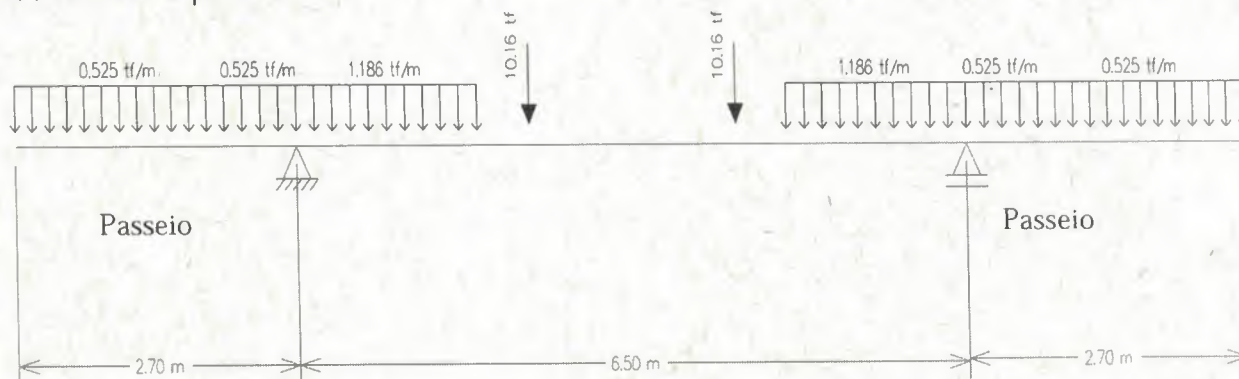
$P_d = P_k \times \phi \times \gamma_q = 5,0 \times 1,355 \times 1,50 = 10,16\text{ tf}$

A estrutura do pórtico possui uma largura de 1,75 metros, assim a verificação da seção não será realizada considerando a largura da seção 1,0 metros, a fim de facilitar a aplicação das cargas obtidas nos casos de carregamentos e verificações realizadas no pórtico.

q_1 (multidão dos veículos) = $0,500\text{ tf/m}^2 \times 1,75\text{m} \times 1,355 = 1,186\text{ tf/m}$;

q_2 (multidão dos pedestres) = $0,300\text{ tf/m}^2 \times 1,75\text{m} = 0,525\text{ tf/m}$;

Modelo sem o pórtico



Esforços Máximos

Mbalanço (-) = 1,91 tf.m

Mvão (+) = 22,26 tf.m

Modelo com o pórtico

A Tabela 12, apresentada a seguir ilustra as reações de apoio obtidas nas combinações de carregamentos verificadas. Nota-se que as combinações 1 e 2 deverão ser verificadas pois representam os casos mais críticos. Os valores positivos indicam o efeito de compressão nas bases (pés da estrutura).

Tabela 2 – Reações de apoio das torres de um pórtico

	Combo 1 (tf)		Combo 2 (tf)		Combo 3 (tf)	
Torre 1	5,93	4,95	-10,98	16,681	-7,78	11,17
	4,31	3,94	-10,75	17,22	-7,53	11,74
Total:	10,24	8,89	-21,73	33,901	-15,31	22,91
Torre 2	5,54	5,27	-0,6	19,2	-5,78	12,84
	3,69	4,82	-9,83	19,12	-6,5	12,76
Total:	9,23	10,09	-10,43	38,32	-12,28	25,6

Esforços Máximos – Combo 1

Mbalanço (-) = 35,78 tf.m

Mvão (+) = 11,05 tf.m

Esforços Máximos – Combo 2

Mbalanço (-) = 98,08 tf.m

Mvão (+) = 33,03 tf.m

Os resultados mostram que a estrutura não foi dimensionada para suportar o carregamento último aplicado pelos pórticos.

8 – Conclusões e Recomendações

8.1 – Inspeção Estrutural

Os pórticos inicialmente eram revestidos por lonas de efeito estético, estas fixadas em carenagens de chapa dobrada a frio de espessura 1/16", estas são fixadas por arrebites de alumínio na armação das antigas lonas. A Figura 18 mostra a condição destas carenagens.

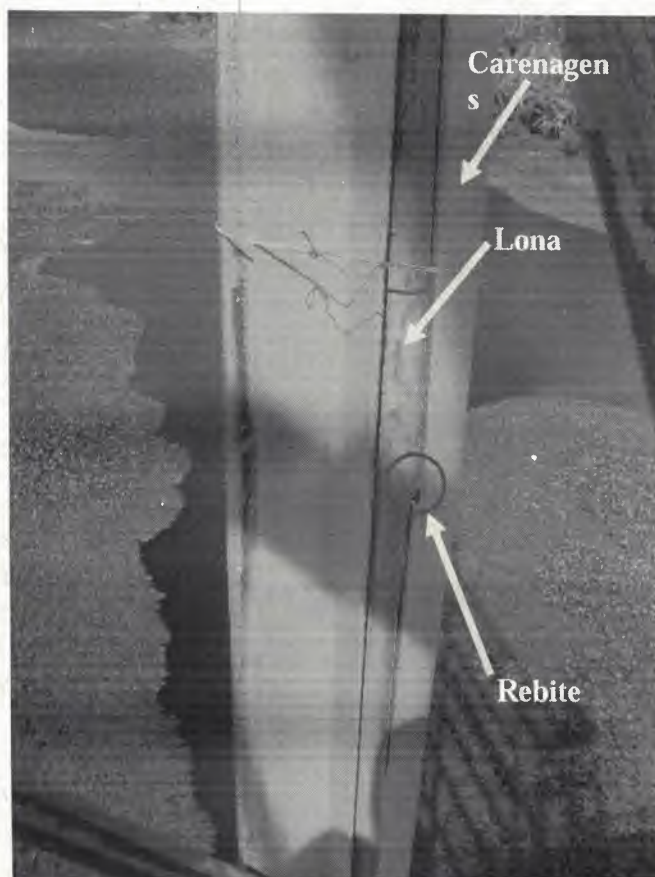


Figura 18 – Carenagens nos pórticos metálicos

Estas carenagens se encontram fixadas de forma precária, estando colocando em risco os transeuntes que passam pela ponte. Sendo assim, recomenda-se a retirada das mesmas.

Em alguns pontos do passeio se encontram pequenos blocos de concreto, onde eram instalados os postes de iluminação da ponte, onde hoje não possuem função. Sendo assim, servem de interferência a passagem dos pedestres no passeio. A Figura 18 ilustra a condição descrita. A fim de evitar riscos de acidentes e liberar a passagem dos pedestres recomenda-se a demolição destes blocos.

Os guarda-corpos estão bastante deteriorados por corrosão, havendo partes onde o estado de degradação foi tanto que a peça se fragmentou, a Figura 5 mostra a condição atual dos guarda-corpos. Considerando que a recuperação do atual guarda-corpo com diferentes materiais, e assim, formar uma pilha galvânica e instigar o processo de corrosão, recomenda-se a troca dos guarda-corpos, em ambos os lados da ponte. A fim de se ter maior durabilidade, recomenda-se a utilização de perfis tubulares em aço galvanizado, sendo os montantes com diâmetro de 150mm e os batentes de 75mm. A Figura 18 mostra a sugestão de um módulo de guarda-corpo, com as dimensões e especificações dos materiais.

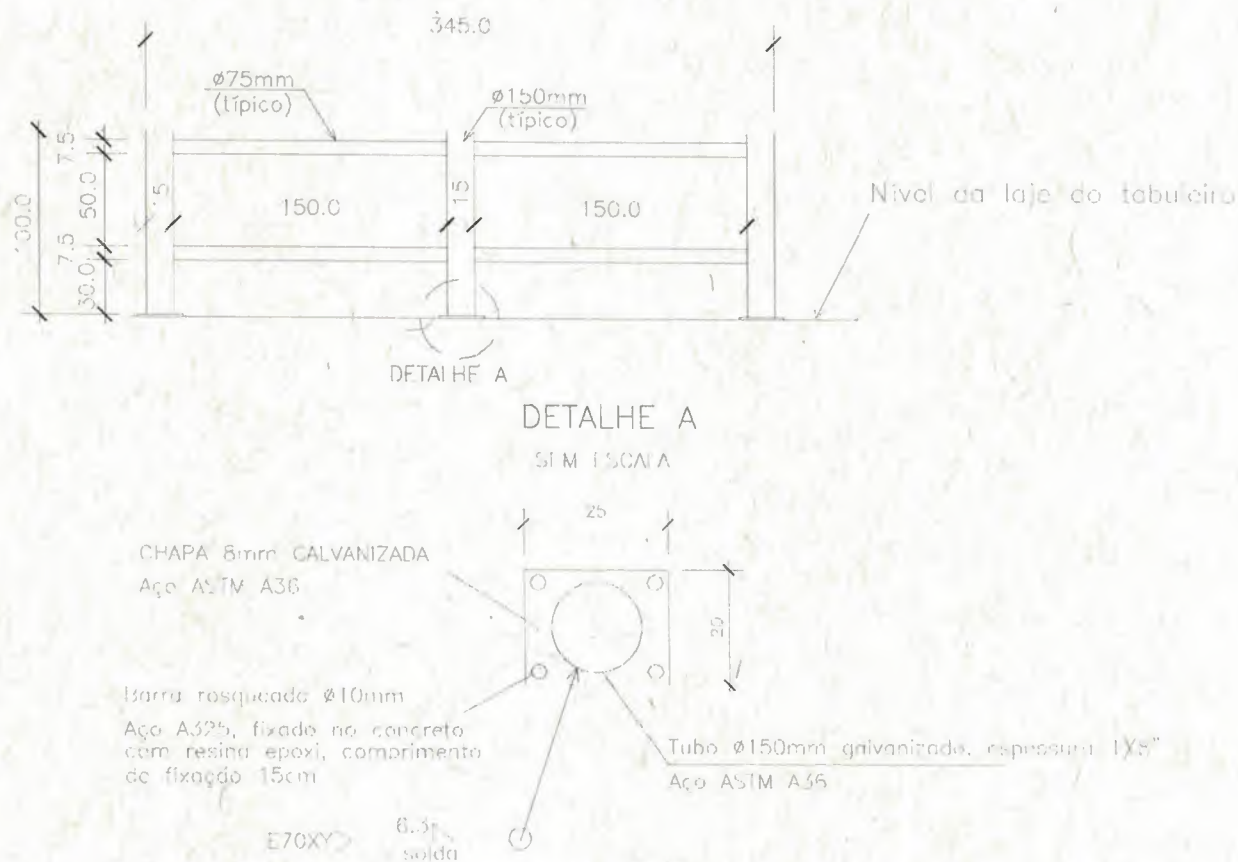


Figura 18 – Módulo de guarda-corpo

A caixa de rolamento não possui barreiras de delimitação, a Figura 7 mostra a fragilidade da segurança aos pedestres quando da colisão do veículo em um dos pilares do pórtico. Assim, recomenda-se a instalação de barreiras de concreto, no limite do passeio, sendo as barreiras moldadas de concreto armado e fixada em uma “cabeleira” de armação de barras de $\phi 10\text{mm}$, a cada 15,0 cm, sendo 20,0cm fixada na laje com adesivo epóxi e 50,0cm para ancoragem no concreto moldado *in loco*.

A seguir nas Figuras 19, 20 e 21 são mostradas a seção do viaduto e os detalhes das barreiras recomendadas a serem instaladas sobre a ponte.

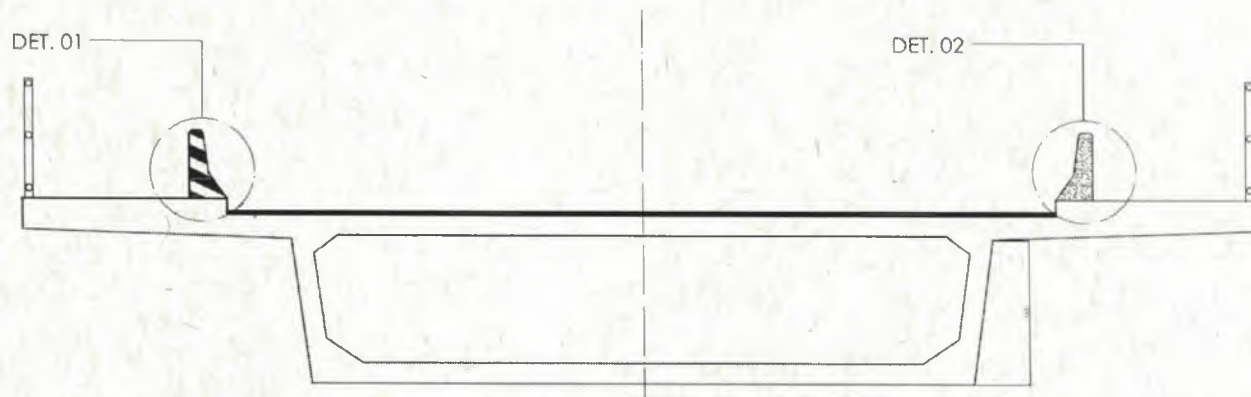


Figura 19 – Seção típica da ponte com a indicação das defensas



Figura 20 – Detalhe 01, pintura da defesa.

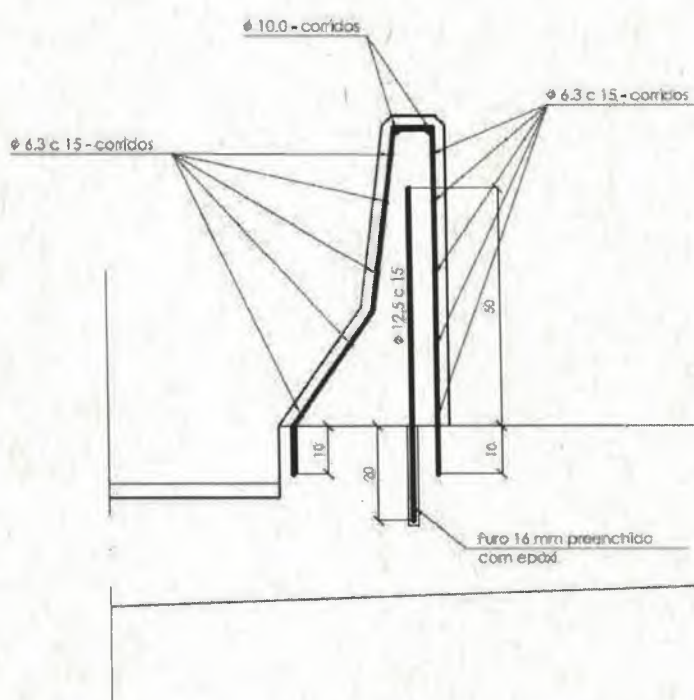
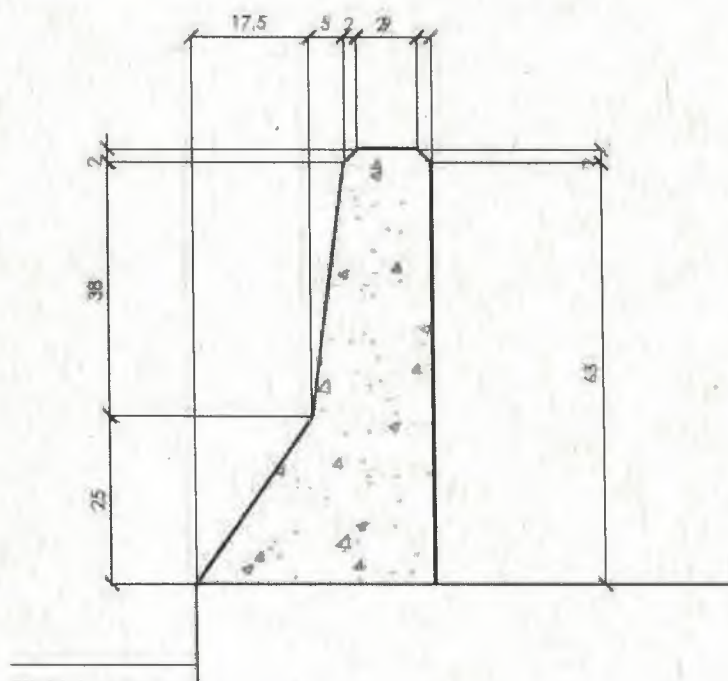


Figura 21 – Detalhe 02, pintura da defesa.

8.2 – Análise Estrutural

As análises realizadas nos conectores de apoio mostraram que o mesmo satisfaz as condições normativas para as ações dos esforços considerados neste relatório. Cabe ressaltar que as especificações dos chumbadores foram adotadas, haja vista que não se tem o projeto de estrutura do pórtico. Além, o diâmetro destes chumbadores, 8mm, é menor que o mínimo estabelecido pela norma, 12,5mm.

A carga limite nos cabos deve ser igual a 2,94 tf, assim nota-se que para alguns casos de carregamentos os cabos estão carregados acima do limite usual. Desta forma, recomenda-se o reforços de todos os cabos.

As deformações horizontais resultantes somente da ação do vento são superiores ao limite de utilização, cabendo a aplicação de um reforço na estrutura de contraventamento externo, cabos de aço.

As verificações realizadas nos perfis mais solicitados demonstraram a necessidade do reforço da estrutura. De um modo geral os perfis tubulares que compõe a base da torres necessitam de contraventamento (travamento) lateral, que poderá ser realizado com aplicação de perfis U 4"x4"x10,8kg/m em "X", nas faces paralelas a passagem dos pedestres. As longarinas verticais compostas por cantoneiras L 4"x4"x1/4", devem receber reforços, recomenda-se a aplicação de uma cantoneira (L 2"x2"x4,76kg/m) as existentes, fixadas através de filete de solda intermitente, sendo o eletrodo E60, com garganta de 5,0mm. Os perfis U 75x40mm que contraventam a estrutura perimetralmente, cujo comprimento é de 2,66 metros, devem ser travadas através da aplicação de outro perfil U de mesma característica, pela face externa a torre, formando assim um "X".

Os pórticos foram locados sobre a laje em balanço da seção do viaduto local bastante desfavorável, haja vista que os carregamentos aplicados aumentam de forma considerável os esforços fletores (negativo na laje). A permanência desta estrutura levará a inserção de reforço a laje do viaduto.

Em resumo, listamos os principais problemas identificados pelas verificações realizadas neste relatório:

- A estrutura encontra-se com um de seus apoios danificado, por colisão de um veículo;
- Os perfis que formam o contraventamento espacial da estrutura (treliça) não são estruturais, sendo do tipo SAE, estes perfis caracterizados por sua constituição metalúrgica e não por suas propriedades mecânicas, em principal tensão de escoamento e ruptura.
- As longarinas verticais compostas pelas cantoneiras L 4"x4"x1/4" se constituem os elementos principais da estruturas, estas devem receber reforços;
- Os pórticos foram locados sobre a laje em balanço da seção do viaduto local bastante desfavorável, haja vista que os carregamentos aplicados aumentam de forma considerável os esforços fletores (negativo na laje);
- Os cabos de aço que funcionam impedem a translação da estrutura estão subdimensionados quando do carregamento último da estrutura;
- Uma das estruturas de fixação do tirante de fibra de carbono está danificada, conforme mostrado na figura 10.

Pelo exposto, concluímos que a condição atual da estrutura configura um risco aos transeuntes e veículos que ali transitam. Cabendo desta forma a opção de um das ações descritas a seguir: 1 - o reforço estrutural dos pórticos, troca do guarda-corpo, instalação de

barreiras de proteção aos pedestres; 2 – o desmonte da estrutura dos pórticos, troca do guarda-corpo, instalação de barreiras de proteção aos pedestres e instalação de nova iluminação na ponte através de postes convencionais.

8.3 – Orçamento Índice

A seguir é mostrado um orçamento índice, que ilustra os serviços básicos envolvidos na recuperação dos pórticos e adequações de segurança da ponte para passagem dos pedestres.

Item	Descrição	Unid.	QTD	P. Unitário	P. Total	Fonte
1.0	Guarda-corpo metálico (*)	m	500,00	164,61	82.305,00	Estimado
2.0	Retirada das carenagens dos pórticos	Vb	1,00	3.000,00	3.000,00	Estimado
3.0	Retirada dos blocos da antiga iluminação	Vb	1,00	1.500,00	1.500,00	Estimado
4.0	Reforço estrutural nos pórticos	kg	1.900,00	5,31	10.089,00	Sinapi
5.0	Reforço estrutural em aço da ponte para permanência do pórtico (**)	kg	2.100,00	7,48	15.708,00	Sinapi
6.0	Defensa de concreto armado	m	500,00	190,21	95.105,00	Dnit
Total:					R\$ 207.707,00	

(*) - Estimado considerando o peso linear do guarda-corpo de 31,0kg e o valor do aço tirado da tabela Sinapi sendo R\$5,31;

(**) - Adotado a aplicação de 2 quadros de perfil I 410x75kg/m escorando a laje em balanço da ponte, para cada torre dos pórticos;

A seguir é mostrado um orçamento índice, que ilustra os serviços básicos envolvidos no desmonte dos pórticos e adequações de segurança da ponte para passagem dos pedestres.

Item	Descrição	Unid.	QTD	P. Unitário	P. Total	Fonte
1.0	Guarda-corpo metálico (*)	m	500,00	164,61	82.305,00	Estimado
2.0	Desmonte do pórtico (**)	Vb	1,00	3.000,00	10.000,00	Estimado
3.0	Retirada dos blocos da antiga iluminação	Vb	1,00	1.500,00	1.500,00	Estimado
4.0	Defensa de concreto armado	m	500,00	190,21	95.105,00	Dnit
Total:					R\$ 188.910,00	

(*) - Estimado considerando o peso linear do guarda-corpo de 31,0kg e o valor do aço tirado da tabela Sinapi sendo R\$5,31;

(**) - Adotado a aplicação de 2 quadros de perfil I 410x75kg/m escorando a laje em balanço da ponte, para cada torre dos pórticos;

(***) - Estimado tempo de 8 semanas de trabalho, com a utilização de 4 serralheiros, 4 auxiliares, 2 torres de andaimes de 16,0 metros.

Eng. Sandro Inácio Carneiro da Cruz
CREA: RJ-150513/D

9 – Bibliografia

ABNT, 2003. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6118 – Projeto de Estruturas de Concreto.

ABNT, 1980. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6120 – Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edificações.

ABNT, 1988. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6123 – Forças devido ao vento.

ABNT, 1996. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7480 - Barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado – Especificação.

ABNT, 2003. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 8681 - Ações e segurança nas estruturas – Procedimento.

ABNT, 1986. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 8800 – Projeto e execução de estruturas metálicas.

IPR, 1996. Manual de projeto de obras-de-arte especiais. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte, Rio de Janeiro.

DNER-PRO 176, 1994. Projeto e execução de barreiras de segurança, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte, Rio de Janeiro.

ANEXO 1 – Viaduto e defensas

ANEXO 2**Tubo, Barra 3, Combo 1****Carregamentos**

Fletor M1=	(15,80)	kn.m	M1 - Menor momento
Fletor M2=	-	kn.m	M2 - Maior momento
Cortante =	6,70	kn	
Normal =	59,30	kn	
Comprimento:	2,37	m	

(M1 / M2) > 0 Quando os momentos provocarem a curvatura reversa da barra
 (M1 / M2) < 0 Quando os momentos provocarem a curvatura simples da barra

Situação: Perfil Adequado

FLEXÃO**1.0 - Cálculo de Nn****1.1 - Verificação de Esbeltez da Alma**

$$(D / t_f) = 30,16$$

$$\lambda_{lim} = 52,48$$

Conclusão: **Seção não esbelta****1.1.1 - Altura Efetiva da Alma (hef)**

$$h_{ef} = 1,90E-01$$

1.1.2 - Área Efetiva da Coluna

$$A_{ef} = 3,64E-03$$

Fator Qs: 1,00 Mesa

Fator Qa: 1,00 Alma

Fator Q: 1,00

1.2 - Verificação de Esbeltez do Flange / Mesa

$$(D / t_f) = 30,16$$

$$\lambda_{lim} = 52,48$$

Conclusão: **Seção não esbelta****1.3 - Escolha das Curvas de Flambagem (Tabela 3)**

	Curva	Fator α
Eixo X:	a	0,158
Eixo Y:	a	0,158

1.4 - Cálculo da Esbeltez (Flambagem X e Y) - Anexo H

	Base	Topo	K	Cuidado com a orientação dos Eixos
X	rotulado	engastado	2,00	$\lambda_x = 72,92$ Conclusão: Seção não esbelta
Y	rotulado	engastado	2,00	$\lambda_y = 72,92$ Conclusão: Seção não esbelta

1.5 - Parâmetros de esbeltez para barras comprimidas:Fator λ_x barra: 0,81Fator λ_y barra: 0,81**1.6 - Coeficientes para cálculo da resistência à flambagem:**

Eixo de Flambagem	Curva	Fator α	Fator β	Fator ρ	Avisos
Eixo X:	a	0,158	1,36	0,794	
Eixo Y:	a	0,158	1,36	0,794	

1.7 - Resistência Nominal (Nn)

$$N_n = 722,51 \text{ KN}$$

1.8 - Resistência de Cálculo (N calc)

$$N_{calc} = 650,26 \text{ KN}$$

Conclusão: **Perfil Adequado**

2.0 - Cálculo de Mn**2.1 - Estado Limite FLA (Flambagem Local da Alma)**

$D/t_w =$	30,16		
$\lambda_r =$	90,20	Conclusão:	A Coluna não é esbelta a Flexão
$\lambda_p =$	71,34	Conclusão:	A Coluna não é esbelta a Flexão

2.1.1 - Momento Nominal FLA

$M_{na} =$	53,25 KN.M	
$M_r =$	40,50 KN.M	Limite da flambagem elástica

3.0 - Momento Máximo Admitido por Norma ($M_{max} < 1,25 W_{fy}$)

$M_{max} =$	50,63 KN.M
-------------	------------

4.0 - Quadro Resumo

Momento Nominal FLA	53,25 KN.M
Momento Máximo	50,63 KN.M

M calc -Momento Resistente a flexão (0,90 x (mínimo FLA, FLM e FLT)): 45,56 KN.M

5.0 - Verificação do Efeito Combinado**1a Verificação Perfil Adequado**

Parâmetros:	
$N_d =$	59,30 KN
$N_{calc} =$	650,26 KN
$M_d =$	15,80 KN.M
$M_{calc} =$	45,56 KN.M

2a Verificação Perfil Adequado

Parâmetros:	
$N_d =$	59,30 KN
$N_{calc} =$	650,26 KN
$M_d =$	15,80 KN.M
$M_{calc} =$	45,56 KN.M
Fator λ_x barra =	0,81
$N_{ex} =$	1.384,92 KN
$C_{mx} =$	0,85
	$C_{mx} = 1,00$

Atenção para o Eixo de Verificação !!!! X ou Y

Estrutura Deslocável
Estrutura Indeslocável

CISALHAMENTO**6.0 - Resistência Nominal (V_n)**

$A_{ef} =$	0,001820 m ²
$V_n =$	273,00 KN

Área líquida efetiva de cisalhamento (item 5.1.1.4)

6.2 - Resistência de Cálculo (V_{calc})

$V_{calc} =$	245,70 KN
--------------	-----------

Conclusão: OK !

Tubo, Barra 9, Combo 1

Carregamentos

Fletor M1=	1,20	kn.m	M1 - Menor momento
Fletor M2=	4,70	kn.m	M2 - Maior momento
Cortante =	4,20	kn	
Normal =	64,30	kn	
Comprimento:	1,41	m	

(M1 / M2) > 0 Quando os momentos provocarem a curvatura reversa da barra.
(M1 / M2) < 0 Quando os momentos provocarem a curvatura simples da barra.

Situação: Perfil Adequado

FLEXÃO

1.0 - Cálculo de Nn

1.1 - Verificação de Esbeltez da Alma

$$(D / t_f) = 30,16$$

$$\lambda_{lim} = 52,48$$

Conclusão: **Seção não esbelta**1.1.1 - Altura Efetiva da Alma (h_{ef})

$$h_{ef} = 1,90E-01$$

1.1.2 - Área Efetiva da Coluna

$$A_{ef} = 3,64E-03$$

Fator Qs:	1,00	Mesa
Fator Qa:	1,00	Alma
Fator Q:	1,00	

1.2 - Verificação de Esbeltez do Flange / Mesa

$$(D / t_f) = 30,16$$

$$\lambda_{lim} = 52,48$$

Conclusão: **Seção não esbelta**

1.3 - Escolha das Curvas de Flambagem (Tabela 3)

	Curva	Fator α
Eixo X:	a	0,158
Eixo Y:	a	0,158

1.4 - Cálculo da Esbeltez (Flambagem X e Y) - Anexo H

	Base	Topo	K	Cuidado com a orientação dos Eixos	
X	engastado	engastado	1,20	$\lambda_x =$	26,03
Y	engastado	engastado	1,20	$\lambda_y =$	26,03

Conclusão: **Seção não esbelta**Conclusão: **Seção não esbelta**

1.5 - Parâmetros de esbeltez para barras comprimidas:

Fator λ_x barra:	0,29
Fator λ_y barra:	0,29

1.6 - Coeficientes para cálculo da resistência à flambagem:

Eixo de Flambagem	Curva	Fator α	Fator β	Fator ρ	Avisos
Eixo X:	a	0,158	6,67	0,965	
Eixo Y:	a	0,158	6,67	0,965	

1.7 - Resistência Nominal (Nn)

$$N_n = 878,43 \text{ KN}$$

1.8 - Resistência de Cálculo (N calc)

$$N_{calc} = 790,58 \text{ KN}$$

Conclusão: **Perfil Adequado**

2.0 - Cálculo de Mn**2.1 - Estado Limite FLA (Flambagem Local da Alma)**

$D/t_w =$	30,16		
$\lambda_r =$	90,20	Conclusão:	A Coluna não é esbelta a Flexão
$\lambda_p =$	71,34	Conclusão:	A Coluna não é esbelta a Flexão

2.1.1 - Momento Nominal FLA

$M_{na} =$	53,25 KN.M	
$M_r =$	40,50 KN.M	Limite da flambagem elástica

3.0 - Momento Máximo Admitido por Norma ($M_{max} < 1,25 W_f$)

$M_{max} =$	50,63 KN.M
-------------	------------

4.0 - Quadro Resumo

Momento Nominal FLA	53,25 KN.M
Momento Máximo	50,63 KN.M

M_{calc} -Momento Resistente a flexão (0,90 x (mínimo FLA, FLM e FLT)): 45,56 KN.M

5.0 - Verificação do Efeito Combinado

1a Verificação **Perfil Adequado**
Parâmetros:

$N_d =$	64,30 KN
$N_{calc} =$	790,58 KN
$M_d =$	4,70 KN.M
$M_{calc} =$	45,56 KN.M

2a Verificação **Perfil Adequado**
Parâmetros:

$N_d =$	64,30 KN
$N_{calc} =$	790,58 KN
$M_d =$	4,70 KN.M
$M_{calc} =$	45,56 KN.M
Fator λ_x barra =	0,29
$N_{ex} =$	10.868,78 KN
$C_{mx} =$	0,85
$C_{mx} = 0,85$	Estrutura Deslocável
$C_{mx} = 1,00$	Estrutura Indeslocável

Atenção para o Eixo de Verificação !!!! X ou Y

CISALHAMENTO**6.0 - Resistência Nominal (V_n)**

$A_{ef} =$	0,001820 m ²	Área líquida efetiva de cisalhamento (item 5.1.1.4)
$V_n =$	273,00 KN	

6.2 - Resistência de Cálculo (V_{calc})

$V_{calc} =$	245,70 KN
--------------	-----------

Conclusão: OK !

Tubo, Barra 137, Combo 1

Carregamentos

Fletor M1=	-	kn.m	M1 - Menor momento
Fletor M2=	16,40	kn.m	M2 - Maior momento
Cortante =	6,90	kn	
Normal =	55,40	kn	
Comprimento:	2,37	m	

(M1 / M2) > 0 Quando os momentos provocarem a curvatura reversa da barra
 (M1 / M2) < 0 Quando os momentos provocarem a curvatura simples da barra

Situação: Perfil Adequado

FLEXÃO

1.0 - Cálculo de Nn

1.1 - Verificação de Esbeltez da Alma

$$(D / t_f) = 30,16$$

$$\lambda_{lim} = 52,48$$

Conclusão: **Seção não esbelta**

1.1.1 - Altura Efetiva da Alma (hef)

$$h_{ef} = 1,90E-01$$

1.1.2 - Área Efetiva da Coluna

$$A_{ef} = 3,64E-03$$

Fator Qs:	1,00	Mesa
Fator Qa:	1,00	Alma
Fator Q:	1,00	

1.2 - Verificação de Esbeltez do Flange / Mesa

$$(D / t_f) = 30,16$$

$$\lambda_{lim} = 52,48$$

Conclusão: **Seção não esbelta**

1.3 - Escolha das Curvas de Flambagem (Tabela 3)

	Curva	Fator α
Eixo X:	a	0,158
Eixo Y:	a	0,158

1.4 - Cálculo da Esbeltez (Flambagem X e Y) - Anexo H

	Base	Topo	K	Cuidado com a orientação dos Eixos	
X	rotulado	engastado	2,00	$\lambda_x = 72,92$	Conclusão: Seção não esbelta
Y	rotulado	engastado	2,00	$\lambda_y = 72,92$	Conclusão: Seção não esbelta

1.5 - Parâmetros de esbeltez para barras comprimidas:

Fator λ_x barra:	0,81
Fator λ_y barra:	0,81

1.6 - Coeficientes para cálculo da resistência à flambagem:

Eixo de Flambagem	Curva	Fator α	Fator β	Fator ρ	Avisos
Eixo X:	a	0,158	1,36	0,794	
Eixo Y:	a	0,158	1,36	0,794	

1.7 - Resistência Nominal (Nn)

$$N_n = 722,51 \text{ KN}$$

1.8 - Resistência de Cálculo (N calc)

$$N_{calc} = 650,26 \text{ KN}$$

Conclusão: **Perfil Adequado**

Tubo, Barra 4, Combo 2
Carregamentos

Fletor M1=	-	kn.m	M1 - Menor momento
Fletor M2=	39,40	kn.m	M2 - Maior momento
Cortante =	16,60	kn	
Normal =	172,20	kn	
Comprimento:	2,37	m	

(M1 / M2) > 0 Quando os momentos provocarem a curvatura reversa da barra
 (M1 / M2) < 0 Quando os momentos provocarem a curvatura simples da barra.

Situação: Perfil Não Adequado
FLEXÃO
1.0 - Cálculo de Nn
1.1 - Verificação de Esbeltez da Alma

(D / tf) =	30,16
λ_{lim} =	52,48

 Conclusão: **Seção não esbelta**
1.1.1 - Altura Efetiva da Alma (hef)

hef =	1,90E-01
-------	----------

1.1.2 - Área Efetiva da Coluna

Aef =	3,64E-03
-------	----------

Fator Qs:	1,00	Mesa
Fator Qa:	1,00	Alma
Fator Q:	1,00	

1.2 - Verificação de Esbeltez do Flange / Mesa

(D / tf) =	30,16
λ_{lim} =	52,48

 Conclusão: **Seção não esbelta**
1.3 - Escolha das Curvas de Flambagem (Tabela 3)

	Curva	Fator α
Eixo X:	a	0,158
Eixo Y:	a	0,158

1.4 - Cálculo da Esbeltez (Flambagem X e Y) - Anexo H

	Base	Topo	K	Cuidado com a orientação dos Eixos		
X	rotulado	engastado	2,00	λ_x =	72,92	Conclusão: Seção não esbelta
Y	rotulado	engastado	2,00	λ_y =	72,92	Conclusão: Seção não esbelta

1.5 - Parâmetros de esbeltez para barras comprimidas:

Fator λ_x barra:	0,81
Fator λ_y barra:	0,81

1.6 - Coeficientes para cálculo da resistência à flambagem:

Eixo de Flambagem	Curva	Fator α	Fator β	Fator ρ	Avisos
Eixo X:	a	0,158	1,36	0,794	
Eixo Y:	a	0,158	1,36	0,794	

1.7 - Resistência Nominal (Nn)

Nn =	722,51 KN
------	-----------

1.8 - Resistência de Cálculo (N calc)

N calc =	650,26 KN	Conclusão: Perfil Adequado
----------	-----------	-----------------------------------

2.0 - Cálculo de Mn**2.1 - Estado Limite FLA (Flambagem Local da Alma)**

$$D/tw = 30,16$$

$$\lambda_r = 90,20$$

$$\lambda_p = 71,34$$

Conclusão: **A Coluna não é esbelta a Flexão**Conclusão: **A Coluna não é esbelta a Flexão****2.1.1 - Momento Nominal FLA**

$$M_{na} = 53,25 \text{ KN.M}$$

$$M_r = 40,50 \text{ KN.M}$$

Limite da flambagem elástica

3.0 - Momento Máximo Admitido por Norma ($M_{rnax} < 1,25 W_{fy}$)

$$M_{max} = 50,63 \text{ KN.M}$$

4.0 - Quadro Resumo

$$\text{Momento Nominal FLA} = 53,25 \text{ KN.M}$$

$$\text{Momento Máximo} = 50,63 \text{ KN.M}$$

$$M_{calc} - \text{Momento Resistente a flexão (0,90 x (mínimo FLA, FLM e FLT))} = 45,56 \text{ KN.M}$$

5.0 - Verificação do Efeito Combinado**1a Verificação****Perfil Adequado**

Parâmetros:

$$N_d = 55,40 \text{ KN}$$

$$N_{calc} = 650,26 \text{ KN}$$

$$M_d = 16,40 \text{ KN.M}$$

$$M_{calc} = 45,56 \text{ KN.M}$$

2a Verificação**Perfil Adequado**

Parâmetros:

$$N_d = 55,40 \text{ KN}$$

$$N_{calc} = 650,26 \text{ KN}$$

$$M_d = 16,40 \text{ KN.M}$$

$$M_{calc} = 45,56 \text{ KN.M}$$

$$\text{Fator } \lambda \times \text{ barra} = 0,81$$

$$N_{ex} = 1.384,92 \text{ KN}$$

$$C_{mx} = 0,85 \quad C_{mx} = 0,85$$

$$C_{mx} = 1,00$$

Atenção para o Eixo de Verificação !!!! X ou Y

Estrutura Deslocável

Estrutura Indeslocável

CISALHAMENTO**6.0 - Resistência Nominal (Vn)**

$$A_{ef} = 0,001820 \text{ m}^2$$

$$V_n = 273,00 \text{ KN}$$

Área líquida efetiva de cisalhamento (item 5.1.1.4)

2.0 - Cálculo de Mn**2.1 - Estado Limite FLA (Flambagem Local da Alma)**

$$D/tw = 30,16$$

$$\lambda_r = 90,20$$

$$\lambda_p = 71,34$$

Conclusão: **A Coluna não é esbelta a Flexão**Conclusão: **A Coluna não é esbelta a Flexão****2.1.1 - Momento Nominal FLA**

$$M_{na} = 53,25 \text{ KN.M}$$

$$M_r = 40,50 \text{ KN.M}$$

Limite da flambagem elástica

3.0 - Momento Máximo Admitido por Norma ($M_{max} < 1,25 W_{fy}$)

$$M_{max} = 50,63 \text{ KN.M}$$

4.0 - Quadro Resumo

$$\text{Momento Nominal FLA} = 53,25 \text{ KN.M}$$

$$\text{Momento Máximo} = 50,63 \text{ KN.M}$$

$$M_{calc} - \text{Momento Resistente a flexão (0,90 x (mínimo FLA, FLM e FLT))} = 45,56 \text{ KN.M}$$

5.0 - Verificação do Efeito Combinado**1a Verificação****Perfil Não Adequado**

Parâmetros:

$$N_d = 172,20 \text{ KN}$$

$$N_{calc} = 650,26 \text{ KN}$$

$$M_d = 39,40 \text{ KN.M}$$

$$M_{calc} = 45,56 \text{ KN.M}$$

2a Verificação**Perfil Não Adequado**

Parâmetros:

$$N_d = 172,20 \text{ KN}$$

$$N_{calc} = 650,26 \text{ KN}$$

$$M_d = 39,40 \text{ KN.M}$$

$$M_{calc} = 45,56 \text{ KN.M}$$

$$\text{Fator } \lambda_x \text{ barra} = 0,81$$

$$N_{ex} = 1.384,92 \text{ KN}$$

$$C_{mx} = 0,85$$

$$C_{mx} = 1,00$$

Atenção para o Eixo de Verificação !!!! X ou Y

Estrutura Deslocável

Estrutura Indeslocável

CISALHAMENTO**6.0 - Resistência Nominal (V_n)**

$$A_{ef} = 0,001820 \text{ m}^2$$

$$V_n = 273,00 \text{ KN}$$

Área líquida efetiva de cisalhamento (item 5.1.1.4)

6.2 - Resistência de Cálculo (V_{calc})

$$V_{calc} = 245,70 \text{ KN}$$

Conclusão: OK !

Tubo, Barra 3, Combo 2**Carregamentos**

Fletor M1=	-	kn.m	M1 - Menor momento
Fletor M2=	39,70	kn.m	M2 - Maior momento
Cortante =	16,80	kn	
Normal =	112,10	kn	
Comprimento.	2,37	m	

(M1 / M2) > 0 Quando os momentos provocarem a curvatura reversa da barra
(M1 / M2) < 0 Quando os momentos provocarem a curvatura simples da barra.

Situação: Perfil Não Adequado**FLEXÃO****1.0 - Cálculo de Nn****1.1 - Verificação de Esbeltez da Alma**

$$(D / t_f) = 30,16$$

$$\lambda_{lim} = 52,48$$

Conclusão: **Seção não esbelta****1.1.1 - Altura Efetiva da Alma (h_{ef})**

$$h_{ef} = 1,90E-01$$

1.1.2 - Área Efetiva da Coluna

$$A_{ef} = 3,64E-03$$

Fator Qs:	1,00	Mesa
Fator Qa:	1,00	Alma
Fator Q:	1,00	

1.2 - Verificação de Esbeltez do Flange / Mesa

$$(D / t_f) = 30,16$$

$$\lambda_{lim} = 52,48$$

Conclusão: **Seção não esbelta****1.3 - Escolha das Curvas de Flambagem (Tabela 3)**

	Curva	Fator α
Eixo X:	a	0,158
Eixo Y:	a	0,158

1.4 - Cálculo da Esbeltez (Flambagem X e Y) - Anexo H

	Base	Topo	K	Cuidado com a orientação dos Eixos		
X	rotulado	engastado	2,00	$\lambda_x =$	72,92	Conclusão: Seção não esbelta
Y	rotulado	engastado	2,00	$\lambda_y =$	72,92	Conclusão: Seção não esbelta

1.5 - Parâmetros de esbeltez para barras comprimidas:

Fator λ_x barra:	0,81
Fator λ_y barra:	0,81

1.6 - Coeficientes para cálculo da resistência à flambagem:

Eixo de Flambagem	Curva	Fator α	Fator β	Fator ρ	Avisos
Eixo X:	a	0,158	1,36	0,794	
Eixo Y:	a	0,158	1,36	0,794	

1.7 - Resistência Nominal (Nn)

$$N_n = 722,51 \text{ KN}$$

1.8 - Resistência de Cálculo (N_{calc})

$$N_{calc} = 650,26 \text{ KN} \quad \text{Conclusão: Perfil Adequado}$$

2.0 - Cálculo de Mn**2.1 - Estado Limite FLA (Flambagem Local da Alma)**

$D/t_w =$	30,16		
$\lambda_r =$	90,20	Conclusão:	A Coluna não é esbelta a Flexão
$\lambda_p =$	71,34	Conclusão:	A Coluna não é esbelta a Flexão

2.1.1 - Momento Nominal FLA

$M_{na} =$	53,25 KN.M	
$M_r =$	40,50 KN.M	Limite da flambagem elástica

3.0 - Momento Máximo Admitido por Norma ($M_{max} < 1,25 W_{fy}$)

$M_{max} =$	50,63 KN.M
-------------	------------

4.0 - Quadro Resumo

Momento Nominal FLA	53,25 KN.M
Momento Máximo	50,63 KN.M

M calc -Momento Resistente a flexão (0,90 x (mínimo FLA, FLM e FLT)): 45,56 KN.M

5.0 - Verificação do Efeito Combinado**1a Verificação Perfil Não Adequado**

Parâmetros:

$N_d =$	112,10 KN
$N_{calc} =$	650,26 KN
$M_d =$	39,70 KN.M
$M_{calc} =$	45,56 KN.M

2a Verificação Perfil Não Adequado

Parâmetros:

$N_d =$	112,10 KN
$N_{calc} =$	650,26 KN
$M_d =$	39,70 KN.M
$M_{calc} =$	45,56 KN.M
Fator $\lambda \times barra =$	0,81
$N_{ex} =$	1.384,92 KN
$C_{mx} =$	0,85
	$C_{mx} = 1,00$

Atenção para o Eixo de Verificação !!!! X ou Y

Estrutura Deslocável
 Estrutura Indeslocável

CISALHAMENTO**6.0 - Resistência Nominal (V_n)**

$A_{ef} =$	0,001820 m ²
$V_n =$	273,00 KN

Área líquida efetiva de cisalhamento (item 5.1.1.4)

6.2 - Resistência de Cálculo (V_{calc})

$V_{calc} =$	245,70 KN
--------------	-----------

Conclusão: OK !

Tubo, Barra 24, Combo 2

Carregamentos

Fletor M1=	(3,20)	kn.m	M1 - Menor momento
Fletor M2=	18,80	kn.m	M2 - Maior momento
Cortante =	15,60	kn	
Normal =	118,70	kn	
Comprimento:	1,41	m	

(M1 / M2) > 0 Quando os momentos provocarem a curvatura reversa da barra.
(M1 / M2) < 0 Quando os momentos provocarem a curvatura simples da barra.

Situação: Perfil Adequado

FLEXÃO

1.0 - Cálculo de Nn

1.1 - Verificação de Esbeltez da Alma

$$(D / t_f) = 30,16$$

$$\lambda_{lim} = 52,48$$

Conclusão: **Seção não esbelta**1.1.1 - Altura Efetiva da Alma (h_{ef})

$$h_{ef} = 1,90E-01$$

1.1.2 - Área Efetiva da Coluna

$$A_{ef} = 3,64E-03$$

Fator Qs:	1,00	Mesa
Fator Qa:	1,00	Alma
Fator Q:	1,00	

1.2 - Verificação de Esbeltez do Flange / Mesa

$$(D / t_f) = 30,16$$

$$\lambda_{lim} = 52,48$$

Conclusão: **Seção não esbelta**

1.3 - Escolha das Curvas de Flambagem (Tabela 3)

	Curva	Fator α
Eixo X:	a	0,158
Eixo Y:	a	0,158

1.4 - Cálculo da Esbeltez (Flambagem X e Y) - Anexo H

	Base	Topo	K	Cuidado com a orientação dos Eixos	
X	engastado	engastado	1,20	$\lambda_x =$	26,03 Conclusão: Seção não esbelta
Y	engastado	engastado	1,20	$\lambda_y =$	26,03 Conclusão: Seção não esbelta

1.5 - Parâmetros de esbeltez para barras comprimidas:

Fator λ_x barra:	0,29
Fator λ_y barra:	0,29

1.6 - Coeficientes para cálculo da resistência à flambagem:

Eixo de Flambagem	Curva	Fator α	Fator β	Fator ρ	Avisos
Eixo X:	a	0,158	6,67	0,965	
Eixo Y:	a	0,158	6,67	0,965	

1.7 - Resistência Nominal (Nn)

$$N_n = 878,43 \text{ KN}$$

1.8 - Resistência de Cálculo (N_{calc})

$$N_{calc} = 790,58 \text{ KN}$$

Conclusão: **Perfil Adequado**

2.0 - Cálculo de Mn**2.1 - Estado Limite FLA (Flambagem Local da Alma)**

$D/t_w =$	30,16		
$\lambda_r =$	90,20	Conclusão:	A Coluna não é esbelta a Flexão
$\lambda_p =$	71,34	Conclusão:	A Coluna não é esbelta a Flexão

2.1.1 - Momento Nominal FLA

$M_{na} =$	53,25 KN.M	
$M_r =$	40,50 KN.M	Limite da flambagem elástica

3.0 - Momento Máximo Admitido por Norma ($M_{max} < 1,25 W_{fy}$)

$M_{max} =$	50,63 KN.M
-------------	------------

4.0 - Quadro Resumo

Momento Nominal FLA	53,25 KN.M
Momento Máximo	50,63 KN.M

M_{calc} -Momento Resistente a flexão ($0,90 \times$ (mínimo FLA, FLM e FLT)): 45,56 KN.M

5.0 - Verificação do Efeito Combinado**1a Verificação****Perfil Adequado**

Parâmetros:

$N_d =$	118,70 KN
$N_{calc} =$	790,58 KN
$M_d =$	18,80 KN.M
$M_{calc} =$	45,56 KN.M

2a Verificação**Perfil Adequado**

Parâmetros:

$N_d =$	118,70 KN
$N_{calc} =$	790,58 KN
$M_d =$	18,80 KN.M
$M_{calc} =$	45,56 KN.M
Fator $\lambda \times barra =$	0,29
$N_{ex} =$	10.868,78 KN
$C_{mx} =$	0,85
$C_{mx} = 0,85$	Estrutura Deslocável
$C_{mx} = 1,00$	Estrutura Indeslocável

Atenção para o Eixo de Verificação !!!! X ou Y**CISALHAMENTO****6.0 - Resistência Nominal (V_n)**

$A_{ef} =$	0,001820 m ²
$V_n =$	273,00 KN

Área líquida efetiva de cisalhamento (item 5.1.1.4)

6.2 - Resistência de Cálculo (V_{calc})

$V_{calc} =$	245,70 KN
--------------	-----------

Conclusão: OK!

Tubo, Barra 138, Combo 2**Carregamentos**

Fletor M1=	-	kn.m	M1 - Menor momento
Fletor M2=	37,90	kn.m	M2 - Maior momento
Cortante =	16,00	kn	
Normal =	192,20	kn	
Comprimento:	2,37	m	

(M1 / M2) > 0 Quando os momentos provocarem a curvatura reversa da barra.
(M1 / M2) < 0 Quando os momentos provocarem a curvatura simples da barra

Situação: Perfil Não Adequado

FLEXÃO**1.0 - Cálculo de Nn****1.1 - Verificação de Esbeltez da Alma**

(D / tf) =	30,16
λ_{lim} =	52,48

Conclusão: **Seção não esbelta****1.1.1 - Altura Efetiva da Alma (hef)**

h ef = 1,90E-01

1.1.2 - Área Efetiva da Coluna

Aef = 3,64E-03

Fator Qs:

1,00 Mesa

Fator Qa:

1,00 Alma

Fator Q:

1,00

1.2 - Verificação de Esbeltez do Flange / Mesa

(D / tf) =	30,16
λ_{lim} =	52,48

Conclusão: **Seção não esbelta****1.3 - Escolha das Curvas de Flambagem (Tabela 3)**

	Curva	Fator α
Eixo X:	a	0,158
Eixo Y:	a	0,158

1.4 - Cálculo da Esbeltez (Flambagem X e Y) - Anexo H

	Base	Topo	K	Cuidado com a orientação dos Eixos
X	rotulado	engastado	2,00	$\lambda_x = 72,92$ Conclusão: Seção não esbelta
Y	rotulado	engastado	2,00	$\lambda_y = 72,92$ Conclusão: Seção não esbelta

1.5 - Parâmetros de esbeltez para barras comprimidas:

Fator λ_x barra:	0,81
Fator λ_y barra:	0,81

1.6 - Coeficientes para cálculo da resistência a flambagem:

Eixo de Flambagem	Curva	Fator α	Fator β	Fator ρ	Avisos
Eixo X:	a	0,158	1,36	0,794	
Eixo Y:	a	0,158	1,36	0,794	

1.7 - Resistência Nominal (Nn)

Nn = 722,51 KN

1.8 - Resistência de Cálculo (N calc)

N calc = 650,26 KN

Conclusão: **Perfil Adequado**



2.0 - Cálculo de Mn**2.1 - Estado Limite FLA (Flambagem Local da Alma)**

$D/tw =$	30,16		
$\lambda_r =$	90,20	Conclusão:	A Coluna não é esbelta a Flexão
$\lambda_p =$	71,34	Conclusão:	A Coluna não é esbelta a Flexão

2.1.1 - Momento Nominal FLA

$M_{na} =$	53,25 KN.M	
$M_r =$	40,50 KN.M	Limite da flambagem elástica

3.0 - Momento Máximo Admitido por Norma ($M_{max} < 1,25 W_{fy}$)

$M_{max} =$	50,63 KN.M
-------------	------------

4.0 - Quadro Resumo

Momento Nominal FLA	53,25 KN.M
Momento Máximo	50,63 KN.M

M calc -Momento Resistente a flexão (0,90 x (mínimo FLA, FLM e FLT)): 45,56 KN.M

5.0 - Verificação do Efeito Combinado**1a Verificação****Perfil Não Adequado****Parâmetros:**

$N_d =$	192,20 KN
$N_{calc} =$	650,26 KN
$M_d =$	37,90 KN.M
$M_{calc} =$	45,56 KN.M

2a Verificação**Perfil Não Adequado****Parâmetros:**

$N_d =$	192,20 KN
$N_{calc} =$	650,26 KN
$M_d =$	37,90 KN.M
$M_{calc} =$	45,56 KN.M
Fator $\lambda \times barra =$	0,81
$N_{ex} =$	1.384,92 KN
$C_{mx} =$	0,85
	$C_{mx} = 1,00$

Atenção para o Eixo de Verificação !!!! X ou Y

Estrutura Deslocável
Estrutura Indeslocável

CISALHAMENTO**6.0 - Resistência Nominal (V_n)**

$A_{ef} =$	0,001820 m ²
$V_n =$	273,00 KN

Área líquida efetiva de cisalhamento (item 5.1.1.4)

6.2 - Resistência de Cálculo (V_{calc})

$V_{calc} =$	245,70 KN
--------------	-----------

Conclusão: OK !

Tubo, Barra 158, Combo 2

Carregamentos

Fletor M1=	(3,10)	kn.m	M1 - Menor momento
Fletor M2=	18,00	kn.m	M2 - Maior momento
Cortante =	16,00	kn	
Normal =	141,90	kn	
Comprimento:	1,41	m	

(M1 / M2) > 0 Quando os momentos provocarem a curvatura reversa da barra.
(M1 / M2) < 0 Quando os momentos provocarem a curvatura simples da barra.

Situação: Perfil Adequado

FLEXÃO

1.0 - Cálculo de Nn

1.1 - Verificação de Esbeltez da Alma

$$(D / t_f) = 30,16$$

$$\lambda_{lim} = 52,48$$

Conclusão: **Seção não esbelta**1.1.1 - Altura Efetiva da Alma (h_{ef})

$$h_{ef} = 1,90E-01$$

1.1.2 - Área Efetiva da Coluna

$$A_{ef} = 3,64E-03$$

Fator Qs:	1,00	Mesa
Fator Qa:	1,00	Alma
Fator Q:	1,00	

1.2 - Verificação de Esbeltez do Flange / Mesa

$$(D / t_f) = 30,16$$

$$\lambda_{lim} = 52,48$$

Conclusão: **Seção não esbelta**

1.3 - Escolha das Curvas de Flambagem (Tabela 3)

	Curva	Fator α
Eixo X:	a	0,158
Eixo Y:	a	0,158

1.4 - Cálculo da Esbeltez (Flambagem X e Y) - Anexo H

	Base	Topo	K	Cuidado com a orientação dos Eixos
X	engastado	engastado	1,20	$\lambda_x = 26,03$ Conclusão: Seção não esbelta
Y	engastado	engastado	1,20	$\lambda_y = 26,03$ Conclusão: Seção não esbelta

1.5 - Parâmetros de esbeltez para barras comprimidas:

Fator λ_x barra:	0,29
Fator λ_y barra:	0,29

1.6 - Coeficientes para cálculo da resistência à flambagem:

Eixo de Flambagem	Curva	Fator α	Fator β	Fator ρ	Avisos
Eixo X:	a	0,158	6,67	0,965	
Eixo Y:	a	0,158	6,67	0,965	

1.7 - Resistência Nominal (N_n)

$$N_n = 878,43 \text{ KN}$$

1.8 - Resistência de Cálculo (N_{calc})

$$N_{calc} = 790,58 \text{ KN}$$

Conclusão: **Perfil Adequado**

2.0 - Cálculo de Mn**2.1 - Estado Limite FLA (Flambagem Local da Alma)**

$$D/t_w = 30,16$$

$$\lambda_r = 90,20$$

$$\lambda_p = 71,34$$

Conclusão: **A Coluna não é esbelta a Flexão**Conclusão: **A Coluna não é esbelta a Flexão****2.1.1 - Momento Nominal FLA**

$$M_{na} = 53,25 \text{ KN.M}$$

$$M_r = 40,50 \text{ KN.M}$$

Limite da flambagem elástica

3.0 - Momento Máximo Admitido por Norma ($M_{max} < 1,25 W_{fy}$)

$$M_{max} = 50,63 \text{ KN.M}$$

4.0 - Quadro Resumo

$$\text{Momento Nominal FLA} = 53,25 \text{ KN.M}$$

$$\text{Momento Máximo} = 50,63 \text{ KN.M}$$

$$M_{calc} - \text{Momento Resistente a flexão (0,90 x (mínimo FLA, FLM e FLT))} = 45,56 \text{ KN.M}$$

5.0 - Verificação do Efeito Combinado**1a Verificação****Perfil Adequado**

Parâmetros:

$$N_d = 141,90 \text{ KN}$$

$$N_{calc} = 790,58 \text{ KN}$$

$$M_d = 18,00 \text{ KN.M}$$

$$M_{calc} = 45,56 \text{ KN.M}$$

2a Verificação**Perfil Adequado**

Parâmetros:

$$N_d = 141,90 \text{ KN}$$

$$N_{calc} = 790,58 \text{ KN}$$

$$M_d = 18,00 \text{ KN.M}$$

$$M_{calc} = 45,56 \text{ KN.M}$$

$$\text{Fator } \lambda_x \text{ barra} = 0,29$$

$$N_{ex} = 10.868,78 \text{ KN}$$

$$C_{mx} = 0,85$$

$$C_{mx} = 1,00$$

Atenção para o Eixo de Verificação !!!! X ou Y

Estrutura Deslocável

Estrutura Indeslocável

CISALHAMENTO**6.0 - Resistência Nominal (V_n)**

$$A_{ef} = 0,001820 \text{ m}^2$$

$$V_n = 273,00 \text{ KN}$$

Área líquida efetiva de cisalhamento (item 5.1.1.4)

6.2 - Resistência de Cálculo (V_{calc})

$$V_{calc} = 245,70 \text{ KN}$$

Conclusão: OK !

Tubo, Barra 138, Combo 3

Carregamentos

Fletor M1=	-	kn.m	M1 - Menor momento
Fletor M2=	24,90	kn.m	M2 - Maior momento
Cortante =	10,50	kn	
Normal =	127,60	kn	
Comprimento:	2,37	m	

(M1 / M2) > 0 Quando os momentos provocarem a curvatura reversa da barra.
(M1 / M2) < 0 Quando os momentos provocarem a curvatura simples da barra.

Situação: Perfil Adequado

FLEXÃO

1.0 - Cálculo de Nn

1.1 - Verificação de Esbeltez da Alma

$$(D / t_f) = 30,16$$

$$\lambda_{lim} = 52,48$$

Conclusão: **Seção não esbelta**1.1.1 - Altura Efetiva da Alma (h_{ef})

$$h_{ef} = 1,90E-01$$

1.1.2 - Área Efetiva da Coluna

$$A_{ef} = 3,64E-03$$

Fator Qs:	1,00	Mesa
Fator Qa:	1,00	Alma
Fator Q:	1,00	

1.2 - Verificação de Esbeltez do Flange / Mesa

$$(D / t_f) = 30,16$$

$$\lambda_{lim} = 52,48$$

Conclusão: **Seção não esbelta**

1.3 - Escolha das Curvas de Flambagem (Tabela 3)

	Curva	Fator α
Eixo X:	a	0,158
Eixo Y:	a	0,158

1.4 - Cálculo da Esbeltez (Flambagem X e Y) - Anexo H

	Base	Topo	K	Cuidado com a orientação dos Eixos	
X	rotulado	engastado	2,00	$\lambda_x = 72,92$	Conclusão: Seção não esbelta
Y	rotulado	engastado	2,00	$\lambda_y = 72,92$	Conclusão: Seção não esbelta

1.5 - Parâmetros de esbeltez para barras comprimidas:

Fator λ_x barra:	0,81
Fator λ_y barra:	0,81

1.6 - Coeficientes para cálculo da resistência à flambagem:

Eixo de Flambagem	Curva	Fator α	Fator β	Fator ρ	Avisos
Eixo X:	a	0,158	1,36	0,794	
Eixo Y:	a	0,158	1,36	0,794	

1.7 - Resistência Nominal (Nn)

$$N_n = 722,51 \text{ KN}$$

1.8 - Resistência de Cálculo (N_{calc})

$$N_{calc} = 650,26 \text{ KN} \quad \text{Conclusão: Perfil Adequado}$$

2.0 - Cálculo de Mn**2.1 - Estado Limite FLA (Flambagem Local da Alma)**

$D/tw =$	30,16		
$\lambda_r =$	90,20	Conclusão:	A Coluna não é esbelta a Flexão
$\lambda_p =$	71,34	Conclusão:	A Coluna não é esbelta a Flexão

2.1.1 - Momento Nominal FLA

$M_{na} =$	53,25 KN.M	
$M_r =$	40,50 KN.M	Limite da flambagem elástica

3.0 - Momento Máximo Admitido por Norma ($M_{max} < 1,25 W_f$)

$M_{max} =$	50,63 KN.M
-------------	------------

4.0 - Quadro Resumo

Momento Nominal FLA	53,25 KN.M
Momento Máximo	50,63 KN.M

M calc -Momento Resistente a flexão (0,90 x (mínimo FLA, FLM e FLT)): 45,56 KN.M

5.0 - Verificação do Efeito Combinado**1a Verificação****Perfil Adequado**

Parâmetros:

$N_d =$	127,60 KN
$N_{calc} =$	650,26 KN
$M_d =$	24,90 KN.M
$M_{calc} =$	45,56 KN.M

2a Verificação**Perfil Adequado**

Parâmetros:

$N_d =$	127,60 KN
$N_{calc} =$	650,26 KN
$M_d =$	24,90 KN.M
$M_{calc} =$	45,56 KN.M
Fator λ_x barra =	0,81
$N_{ex} =$	1.384,92 KN
$C_{mx} =$	0,85
$C_{mx} =$	1,00

Atenção para o Eixo de Verificação !!!! X ou Y

Estrutura Deslocável
Estrutura Indeslocável

CISALHAMENTO**6.0 - Resistência Nominal (V_n)**

$A_{ef} =$	0,001820 m ²
$V_n =$	273,00 KN

Área líquida efetiva de cisalhamento (item 5.1.1.4)

6.2 - Resistência de Cálculo (V_{calc})

$V_{calc} =$	245,70 KN
--------------	-----------

Conclusão: OK !

Cantoneira, Barra 25, Combo 1

Carregamentos

Fleitor M1=	0,10	kn.m
Fleitor M2=	0,20	kn.m
Cortante =	0,20	kn
Normal =	68,30	kn
Vão =	2,00	m

Situação: Perfil Adequado

M1 - Menor momento	M1 / M2 =	0,50
M2 - Maior momento	(M1 / M2) > 0	Quando os momentos provocarem a curvatura reversa da barra
	(M1 / M2) < 0	Quando os momentos provocarem a curvatura simples da barra

FLEXÃO

1.0 - Cálculo de Nn - Compressão

1.1 - Verificação de Esbeltez da Alma

(b / t) =	15,87
λ_{lim} =	12,60

Conclusão: Seção Esbelta

1.1.1 - Altura Efetiva da Alma (hef)

hef =	0,100000
-------	----------

1.1.2 - Área Efetiva da Coluna

Aef =	0,001220
-------	----------

Fator Qs:	0,91
Fator Qa:	1,00
Fator Qi:	0,91

Seção Esbelta
Cálculo de Qs

Tipo de Perfil: L

$\lambda_{limite inferior}$	$\lambda_{limite superior}$	Qs
12,60	25,77	0,913181
		Qa = 1

1.2 - Verificação de Esbeltez do Flange / Mesa

(bf / 2 x tf) =	7,94
λ_{lim} =	12,60

Conclusão: Seção não esbelta

1.3 - Escolha das Curvas de Flambagem (Tabela 3)

	Curva	Fator α
Eixo X:	c	0,384
Eixo Y:	c	0,384

1.4 - Cálculo da Esbeltez (Flambagem X e Y) - Anexo H

	Base	Topo	K		Cuidado com a orientação dos Eixos
X	Engastada	Engastada	0,65	$\lambda_x =$	41,53 Conclusão: Seção não esbelta
Y	Engastada	Engastada	0,65	$\lambda_y =$	41,53 Conclusão: Seção não esbelta

1.5 - Parâmetros de esbeltez para barras comprimidas:

Fator λ_x barra:	0,44
Fator λ_y barra:	0,44

1.6 - Coeficientes para cálculo da resistência à flambagem:

Eixo de Flambagem	Curva	Fator α	Fator β	Fator ρ	Avisos
Eixo X:	c	0,384	3,46	0,847	
Eixo Y:	c	0,384	3,46	0,847	

1.7 - Resistência Nominal (Nn)

Nn =	235,87 KN
------	-----------

1.8 - Resistência de Cálculo (N calc)

N calc =	212,28 KN
----------	-----------

Conclusão: Perfil Adequado

1.9 - Resistência Nominal (Nn) - Tração

Nn =	305,00 KN
------	-----------

1.10 - Resistência de Cálculo (N calc) - Tração

N calc =	274,50 KN
----------	-----------

Conclusão: Perfil Adequado

T
r
a
ç
ã
o

2.0 - Cálculo de Mn (FLEXÃO) / Seção: L, foram tomadas as referências de uma seção T
2.1 - Estado Limite FLA (Flambagem Local da Alma)
2.1.1 - Momento Nominal FLA**2.2 - Estado Limite FLM (Flambagem Local da Mesa)**

$$\lambda = 15,87$$

$$w_c = 1,65E-05$$

$$M_{cr} = 8,99 \text{ KN.M}$$

2.2.1 - Momento Nominal FLM

$$M_{na} = 8,99 \text{ KN.M}$$

2.3 - Estado Limite FLT (Flambagem Lateral com Torção)

yo =	0,0277 m	Bx (+) =	0,0372 Compressão
h1 =	0,0246 m	Bx (-) =	0,0736 Tração
h2 =	0,0277 m	B1 =	4,59E+04
Al =	0,0006 m ²	B2 =	1,46E-03
If =	0,000000525 m ⁴	Mcr (+) =	99,21 KN.m
Cb =	2,43	Mcr (-) =	44,69 KN.m

2.3.1 - Momento Nominal FLT

$$M_{na} = 99,21 \text{ KN.M}$$

3.0 - Momento Máximo Admitido por Norma ($M_{max} < 1,25 W_{fy}$)

$$M_{max} = 5,16 \text{ KN.M}$$

4.0 - Quadro Resumo

Momento Nominal FLA	-	KN.M
Momento Nominal FLM	8,99	KN.M
Momento Nominal FLT	99,21	KN.M
Momento Máximo	5,16	KN.M

M calc -Momento Resistente a flexão (0,90 x (mínimo FLA, FLM e FLT));

4,64 KN.M

Conclusão: Perfil Adequado

5.0 - Verificação do Efeito Combinado**1a Verificação Perfil Adequado**

Parâmetros:

$$N_d = 68,30 \text{ KN}$$

$$N_{calc} = 274,50 \text{ KN}$$

$$M_d = 0,20 \text{ KN.M}$$

$$M_{calc} = 4,64 \text{ KN.M}$$

2a Verificação Perfil Adequado

Parâmetros:

$$N_d = 68,30 \text{ KN}$$

$$N_{calc} = 274,50 \text{ KN}$$

$$M_d = 0,20 \text{ KN.M}$$

$$M_{calc} = 4,64 \text{ KN.M}$$

$$\text{Fator } \lambda \times \text{ barra} = 0,44$$

$$N_{ex} = 1,566,96 \text{ KN}$$

$$C_{mx} = 0,85 \text{ Cm} = 0,85 \text{ Estrutura Deslocável}$$

$$C_{mx} = 1,00 \text{ Estrutura Indeslocável}$$

Atenção para o Eixo de Verificação !!!! X ou Y

CISALHAMENTO**6.0 - Esbeltez da Alma**

$$\lambda = (b / t) = 15,87$$

$$\lambda_p = 71,47$$

$$\lambda_r = 92,64$$

Parâmetros:

$$k = 5,34$$

$$V_{pl} = 94,50 \text{ Análise Elástica}$$

$$a = 2,00 \text{ Distância entre enrijecedores transversais}$$

$$a/h = 22,88$$

6.1 - Resistência Nominal (Vn)

$$V_n = 94,5 \text{ KN}$$

6.2 - Resistência de Cálculo (V calc)

$$V_{calc} = 85,05 \text{ KN}$$

Conclusão: Perfil Adequado

Cantoneira, Barra 156, Combo 2

Carregamentos

Fletor M1=	0,90	kn.m	M1 - Menor momento	M1 / M2 =	0,29
Fletor M2=	3,10	kn.m	M2 - Maior momento	(M1 / M2) > 0 Quando os momentos provocarem a curvatura reversa da barra.	
Cortante =	0,30	kn		(M1 / M2) < 0 Quando os momentos provocarem a curvatura simples da barra.	
Normal =	103,90	kn			
Vão =	2,00	m			

Situação: Perfil Não Adequado

FLEXÃO

1.0 - Cálculo de Nn - Compressão

1.1 - Verificação de Esbeltez da Alma

$$(b / t) = 15,87$$

$$\lambda_{lim} = 12,60$$

Conclusão: Seção Esbelta

1.1.1 - Altura Efetiva da Alma (hef)

$$h_{ef} = 0,100000$$

1.1.2 - Área Efetiva da Coluna

$$A_{ef} = 0,001220$$

Fator Qs: 0,91

Fator Qa: 1,00

Fator Q: 0,91

1.2 - Verificação de Esbeltez do Flange / Mesa

$$(b_f / 2 \times t_f) = 7,94$$

$$\lambda_{lim} = 12,60$$

Conclusão: Seção não esbelta

1.3 - Escolha das Curvas de Flambagem (Tabela 3)

	Curva	Fator α
Eixo X:	c	0,384
Eixo Y:	c	0,384

1.4 - Cálculo da Esbeltez (Flambagem X e Y) - Anexo H

	Base	Topo	K	Cuidado com a orientação dos Eixos		
X	Engastada	Engastada	0,65	$\lambda_x =$	41,53	Conclusão: Seção não esbelta
Y	Engastada	Engastada	0,65	$\lambda_y =$	41,53	Conclusão: Seção não esbelta

1.5 - Parâmetros de esbeltez para barras comprimidas:

Fator λ_x barra: 0,44

Fator λ_y barra: 0,44

1.6 - Coeficientes para cálculo da resistência à flambagem:

Eixo de Flambagem	Curva	Fator α	Fator β	Fator ρ	Avisos
Eixo X:	c	0,384	3,46	0,847	
Eixo Y:	c	0,384	3,46	0,847	

1.7 - Resistência Nominal (Nn)

$$N_n = 235,87 \text{ KN}$$

1.8 - Resistência de Cálculo (N calc)

$$N_{calc} = 212,28 \text{ KN}$$

Conclusão: Perfil Adequado

1.9 - Resistência Nominal (Nn) - Tração

$$N_n = 305,00 \text{ KN}$$

1.10 - Resistência de Cálculo (N calc) - Tração

$$N_{calc} = 274,50 \text{ KN}$$

Conclusão: Perfil Adequado

T
r
a
ç
ã
o

2.0 - Cálculo de Mn (FLEXÃO) / Seção: L, foram tomadas as referências de uma seção T
2.1 - Estado Limite FLA (Flambagem Local da Alma)
2.1.1 - Momento Nominal FLA**2.2 - Estado Limite FLM (Flambagem Local da Mesa)**

$$\lambda = 15,87$$

$$w_c = 1,65E-05$$

$$M_{cr} = 8,99 \text{ KN.M}$$

2.2.1 - Momento Nominal FLM

$$M_{na} = 8,99 \text{ KN.M}$$

2.3 - Estado Limite FLT (Flambagem Lateral com Torção)

yo =	0,0277 m	Bx (+) =	0,0372 Compressão
h1 =	0,0246 m	Bx (-) =	0,0736 Tração
h2 =	0,0277 m	B1 =	4,59E+04
Af =	0,0006 m ²	B2 =	1,46E-03
If =	0,000000525 m ⁴	Mcr (+) =	87,63 KN.m
Cb =	2,14	Mcr (-) =	39,47 KN.m

2.3.1 - Momento Nominal FLT

$$M_{na} = 87,63 \text{ KN.M}$$

3.0 - Momento Máximo Admitido por Norma ($M_{max} < 1,25 W f_y$)

$$M_{max} = 5,16 \text{ KN.M}$$

4.0 - Quadro Resumo

Momento Nominal FLA	-	KN.M
Momento Nominal FLM	8,99	KN.M
Momento Nominal FLT	87,63	KN.M
Momento Máximo	5,16	KN.M

$$M_{calc} - \text{Momento Resistente a flexão } (0,90 \times (\text{mínimo FLA, FLM e FLT})) = 4,64 \text{ KN.M}$$

Conclusão: Perfil Adequado

5.0 - Verificação do Efeito Combinado**1a Verificação Perfil Não Adequado**

Parâmetros:

$$N_d = 103,90 \text{ KN}$$

$$N_{calc} = 274,50 \text{ KN}$$

$$M_d = 3,10 \text{ KN.M}$$

$$M_{calc} = 4,64 \text{ KN.M}$$

2a Verificação Perfil Adequado

Parâmetros:

$$N_d = 103,90 \text{ KN}$$

$$N_{calc} = 274,50 \text{ KN}$$

$$M_d = 3,10 \text{ KN.M}$$

$$M_{calc} = 4,64 \text{ KN.M}$$

$$\text{Fator } \lambda \times \text{ barra} = 0,44 \quad \text{Atenção para o Eixo de Verificação !!!! X ou Y}$$

$$N_{ex} = 1.566,96 \text{ KN}$$

$$C_{mx} = 0,85 \quad C_{mx} = 0,85 \text{ Estrutura Deslocável}$$

$$C_{mx} = 1,00 \text{ Estrutura Indeslocável}$$

CISALHAMENTO**6.0 - Esbeltez da Alma**

$$\lambda = (b / t) = 15,87$$

$$\lambda_p = 71,47$$

$$\lambda_r = 92,64$$

Parâmetros:

$$k = 5,34$$

$$V_{pl} = 94,50 \text{ Análise Elástica}$$

$$a = 2,00 \text{ Distância entre enrijecedores transversais}$$

$$a/h = 22,88$$

6.1 - Resistência Nominal (V_n)

$$V_n = 94,5 \text{ KN}$$

6.2 - Resistência de Cálculo (V_{calc})

$$V_{calc} = 85,05 \text{ KN}$$

Conclusão: Perfil Adequado

Cantoneira, Barra 155, Combo 3

Carregamentos

Fletor M1=	0,40	kn.m
Fletor M2=	1,80	kn.m
Cortante =	1,10	kn
Normal =	79,60	kn
Vão =	2,00	m

M1 - Menor momento	M1 / M2 =	0,22
M2 - Maior momento	(M1 / M2) > 0 Quando os momentos provocarem a curvatura reversa da barra	
	(M1 / M2) < 0 Quando os momentos provocarem a curvatura simples da barra	

Situação: Perfil Adequado

FLEXÃO

1.0 - Cálculo de Nn - Compressão

1.1 - Verificação de Esbeltez da Alma

(b / t) =	15,87
λ_{lim} =	12,60

Conclusão: Seção Esbelta

1.1.1 - Altura Efetiva da Alma (hef)

hef =	0,100000
-------	----------

1.1.2 - Área Efetiva da Coluna

Aef =	0,001220
-------	----------

Fator Qs:	0,91
Fator Qa:	1,00
Fator Q:	0,91

Seção Esbelta

Cálculo de Qs

Tipo de Perfil: L

λ limite inferior	λ limite superior	Qs
12,60	25,77	0,913181
		Qa = 1

1.2 - Verificação de Esbeltez do Flange / Mesa

(bf / 2 x tf) =	7,94
λ_{lim} =	12,60

Conclusão: Seção não esbelta

1.3 - Escolha das Curvas de Flambagem (Tabela 3)

	Curva	Fator α
Eixo X	c	0,384
Eixo Y:	c	0,384

1.4 - Cálculo da Esbeltez (Flambagem X e Y) - Anexo H

	Base	Topo	K		Cuidado com a orientação dos Eixos
X	Engastada	Engastada	0,65	$\lambda_x =$	41,53 Conclusão: Seção não esbelta
Y	Engastada	Engastada	0,65	$\lambda_y =$	41,53 Conclusão: Seção não esbelta

1.5 - Parâmetros de esbeltez para barras comprimidas:

Fator λ_x barra:	0,44
Fator λ_y barra:	0,44

1.6 - Coeficientes para cálculo da resistência à flambagem:

Eixo de Flambagem	Curva	Fator α	Fator β	Fator ρ	Avisos
Eixo X	c	0,384	3,46	0,847	
Eixo Y:	c	0,384	3,46	0,847	

1.7 - Resistência Nominal (Nn)

Nn =	235,87 KN
------	-----------

1.8 - Resistência de Cálculo (N calc)

N calc =	212,28 KN
----------	-----------

Conclusão: Perfil Adequado

1.9 - Resistência Nominal (Nn) - Tração

Nn =	305,00 KN
------	-----------

1.10 - Resistência de Cálculo (N calc) - Tração

N calc =	274,50 KN
----------	-----------

Conclusão: Perfil Adequado

T
r
a
ç
ã
o

2.0 - Cálculo de Mn (FLEXÃO) / Seção: L, foram tomadas as referências de uma seção T**2.1 - Estado Limite FLA (Flambagem Local da Alma)****2.1.1 - Momento Nominal FLA****2.2 - Estado Limite FLM (Flambagem Local da Mesa)**

$\lambda = 15,87$
 $w_c = 1,65E-05$
 $M_{cr} = 8,99 \text{ KN.M}$

2.2.1 - Momento Nominal FLM

$M_{na} = 8,99 \text{ KN.M}$

2.3 - Estado Limite FLT (Flambagem Lateral com Torção)

$y_o = 0,0277 \text{ m}$	$B_x (+) = 0,0372 \text{ Compressão}$
$h_1 = 0,0246 \text{ m}$	$B_x (-) = 0,0736 \text{ Tração}$
$h_2 = 0,0277 \text{ m}$	$B_1 = 4,59E+04$
$A_f = 0,0006 \text{ m}^2$	$B_2 = 1,46E-03$
$I_f = 0,000000525 \text{ m}^4$	$M_{cr} (+) = 83,87 \text{ KN.m}$
$C_b = 2,05$	$M_{cr} (-) = 37,78 \text{ KN.m}$

2.3.1 - Momento Nominal FLT

$M_{na} = 83,87 \text{ KN.M}$

3.0 - Momento Máximo Admitido por Norma ($M_{max} < 1,25 W_f y$)

$M_{max} = 5,16 \text{ KN.M}$

4.0 - Quadro Resumo

Momento Nominal FLA	-	KN.M
Momento Nominal FLM	8,99	KN.M
Momento Nominal FLT	83,87	KN.M
Momento Máximo	5,16	KN.M

M calc -Momento Resistente a flexão (0,90 x (mínimo FLA, FLM e FLT)): 4,64 KN.M

Conclusão: Perfil Adequado

5.0 - Verificação do Efeito Combinado**1a Verificação** Perfil Adequado

Parâmetros:

$N_d = 79,60 \text{ KN}$
 $N_{calc} = 274,50 \text{ KN}$
 $M_d = 1,80 \text{ KN.M}$
 $M_{calc} = 4,64 \text{ KN.M}$

2a Verificação Perfil Adequado

Parâmetros:

$N_d = 79,60 \text{ KN}$
 $N_{calc} = 274,50 \text{ KN}$
 $M_d = 1,80 \text{ KN.M}$
 $M_{calc} = 4,64 \text{ KN.M}$
 $\text{Fator } \lambda \times \text{ barra} = 0,44$
 $N_{ex} = 1,566,96 \text{ KN}$
 $C_{mx} = 0,85$

Atenção para o Eixo de Verificação !!!! X ou Y

$C_{mx} = 0,85$ Estrutura Deslocável
 $C_{mx} = 1,00$ Estrutura Indeslocável

CISALHAMENTO**6.0 - Esbeltez da Alma**

$\lambda = (b / t) = 15,87$
 $\lambda_p = 71,47$
 $\lambda_r = 92,64$

Parâmetros:

$k = 5,34$
 $V_{pl} = 94,50 \text{ Análise Elástica}$
 $a = 2,00 \text{ Distância entre enrijecedores transversais}$
 $a/h = 22,88$

6.1 - Resistência Nominal (V_n)

$V_n = 94,5 \text{ KN}$

6.2 - Resistência de Cálculo (V_{calc})

$V_{calc} = 85,05 \text{ KN}$

Conclusão: Perfil Adequado

Perfil U, Barra 45, Combo 1
Carregamentos

Fletor M1=	-	kn.m	M1 - Menor momento
Fletor M2=	-	kn.m	M2 - Maior momento
Cortante =	-	kn	
Normal =	47,10	kn	
Comprimento:	1,75	m	

Situação: Perfil Adequado

$$M1 / M2 = \#DIV/0!$$

 $(M1 / M2) > 0$ Quando os momentos provocarem a curvatura reversa da barra.

 $(M1 / M2) < 0$ Quando os momentos provocarem a curvatura simples da barra.

Tração
FLEXÃO
1.0 - Cálculo de Nn
1.1 - Verificação de Esbeltez da Alma

$$(b / t) = 16,75$$

$$\lambda_{lim} = 42,09$$

Conclusão: Seção não esbelta

1.1.1 - Altura Efetiva da Alma (hef)

$$h_{ef} = 9,29E-02$$

1.1.2 - Área Efetiva da Coluna

$$A_{ef} = 5,57E-04$$

Fator Qs:	1,00	Mesa
Fator Qa:	1,23	Alma
Fator Q:	1,23	

1.2 - Verificação de Esbeltez do Flange / Mesa

$$(b_f / 2 \times t_f) = 5,00$$

$$\lambda_{lim} = 15,75$$

Conclusão: Seção não esbelta

1.3 - Escolha das Curvas de Flambagem (Tabela 3)

	Curva	Fator α
Eixo X:	a	0,158
Eixo Y:	b	0,281

1.4 - Cálculo da Esbeltez (Flambagem X e Y) - Anexo H

	Base	Topo	K	
X	Rot. Livre	Rot. Livre	1,00	$\lambda_x = 58,33$ Conclusão: Seção não esbelta
Y	Rot. Livre	Rot. Livre	1,00	$\lambda_y = 134,62$ Conclusão: Seção não esbelta

Cuidado com a orientação dos Eixos

1.5 - Parâmetros de esbeltez para barras comprimidas:

Fator λ_x barra:	0,72
Fator λ_y barra:	1,66

1.6 - Coeficientes para cálculo da resistência à flambagem:

Eixo de Flambagem	Curva	Fator α	Fator β	Fator ρ	Avisos
Eixo X:	a	0,158	1,57	0,839	Eixo de Flambagem !
Eixo Y:	b	0,281	0,77	0,294	

1.7 - Resistência Nominal (Nn)

$$N_n = 40,85 \text{ KN}$$

1.8 - Resistência de Cálculo (N calc)

$$N_{calc} = 36,77 \text{ KN}$$

Conclusão: Perfil Não Adequado

1.9 - Resistência Nominal (Nn) - Tração

$$N_n = 113,25 \text{ KN}$$

1.10 - Resistência de Cálculo (N calc) - Tração

$$N_{calc} = 101,93 \text{ KN}$$

Conclusão: Perfil Adequado

 T
r
a
ç
ã
o

Perfil U, Barra 358, Combo 1

Carregamentos

Fletor M1=	-	kn.m	M1 - Menor momento
Fletor M2=	-	kn.m	M2 - Maior momento
Cortante =	-	kn	
Normal =	20,80	kn	
Comprimento:	2,10	m	

Situação: Perfil Adequado

$$M1 / M2 = \#DIV/0!$$

(M1 / M2) > 0 Quando os momentos provocarem a curvatura reversa da barra.
(M1 / M2) < 0 Quando os momentos provocarem a curvatura simples da barra.

Compressão

FLEXÃO

1.0 - Cálculo de Nn

1.1 - Verificação de Esbeltez da Alma

$$(b / t) = 16,75$$

$$\lambda_{lim} = 42,09$$

Conclusão: Seção não esbelta

1.1.1 - Altura Efetiva da Alma (h_{ef})

$$h_{ef} = 9,29E-02$$

1.1.2 - Área Efetiva da Coluna

$$A_{ef} = 5,57E-04$$

Fator Qs:	1,00	Mesa
Fator Qa:	1,23	Alma
Fator Q:	1,23	

1.2 - Verificação de Esbeltez do Flange / Mesa

$$(b_f / 2 \times t_f) = 5,00$$

$$\lambda_{lim} = 15,75$$

Conclusão: Seção não esbelta

1.3 - Escolha das Curvas de Flambagem (Tabela 3)

	Curva	Fator α
Eixo X:	a	0,158
Eixo Y:	b	0,281

1.4 - Cálculo da Esbeltez (Flambagem X e Y) - Anexo H

	Base	Topo	K	Cuidado com a orientação dos Eixos	
X	Rot. Livre	Rot. Livre	1,00	$\lambda_x = 70,00$	Conclusão: Seção não esbelta
Y	Rot. Livre	Rot. Livre	1,00	$\lambda_y = 161,54$	Conclusão: Seção não esbelta

1.5 - Parâmetros de esbeltez para barras comprimidas:

Fator λ_x barra:	0,86
Fator λ_y barra:	1,99

1.6 - Coeficientes para cálculo da resistência á flambagem:

Eixo de Flambagem	Curva	Fator α	Fator β	Fator ρ	Avisos
Eixo X:	a	0,158	1,26	0,765	Eixo de Flambagem !
Eixo Y:	b	0,281	0,70	0,214	

1.7 - Resistência Nominal (Nn)

$$N_n = 29,80 \text{ KN}$$

1.8 - Resistência de Cálculo (N_{calc})

$$N_{calc} = 26,82 \text{ KN}$$

Conclusão: Perfil Adequado

1.9 - Resistência Nominal (Nn) - Tração

$$N_n = 113,25 \text{ KN}$$

1.10 - Resistência de Cálculo (N_{calc}) - Tração

$$N_{calc} = 101,93 \text{ KN}$$

Conclusão: Perfil Adequado

T
r
a
ç
ã
o

Perfil U, Barra 111, Combo 1
Carregamentos

Fletor M1=	-	kn.m	M1 - Menor momento
Fletor M2=	-	kn.m	M2 - Maior momento
Cortante =	-	kn	
Normal =	27,00	kn	
Comprimento:	2,66	m	

Situação: Perfil Não Adequado

$$M1 / M2 = \#DIV/0!$$

(M1 / M2) > 0 Quando os momentos provocarem a curvatura reversa da barra.
 (M1 / M2) < 0 Quando os momentos provocarem a curvatura simples da barra.

Compressão
FLEXÃO
1.0 - Cálculo de Nn
1.1 - Verificação de Esbeltez da Alma

$$(b / t) = 16,75$$

$$\lambda_{lim} = 42,09$$

Conclusão: Seção não esbelta

1.1.1 - Altura Efetiva da Alma (h_{ef})

$$h_{ef} = 9,29E-02$$

1.1.2 - Área Efetiva da Coluna

$$A_{ef} = 5,57E-04$$

Fator Qs:	1,00	Mesa
Fator Qa:	1,23	Alma
Fator Q:	1,23	

1.2 - Verificação de Esbeltez do Flange / Mesa

$$(b_f / 2 \times t_f) = 5,00$$

$$\lambda_{lim} = 15,75$$

Conclusão: Seção não esbelta

1.3 - Escolha das Curvas de Flambagem (Tabela 3)

	Curva	Fator α
Eixo X:	a	0,158
Eixo Y:	b	0,281

1.4 - Cálculo da Esbeltez (Flambagem X e Y) - Anexo H

	Base	Topo	K		Cuidado com a orientação dos Eixos
X	Rot. Livre	Rot. Livre	1,00	$\lambda_x =$	88,67 Conclusão: Seção não esbelta
Y	Rot. Livre	Rot. Livre	1,00	$\lambda_y =$	204,62 Conclusão: Seção Esbelta

1.5 - Parâmetros de esbeltez para barras comprimidas:

Fator λ_x barra:	1,09
Fator λ_y barra:	2,52

1.6 - Coeficientes para cálculo da resistência à flambagem:

Eixo de Flambagem	Curva	Fator α	Fator β	Fator ρ	Avisos
Eixo X:	a	0,158	0,99	0,613	Eixo de Flambagem I
Eixo Y:	b	0,281	0,63	0,139	

1.7 - Resistência Nominal (Nn)

$$N_n = 19,39 \text{ KN}$$

1.8 - Resistência de Cálculo (N_{calc})

$$N_{calc} = 17,45 \text{ KN}$$

Conclusão: Perfil Não Adequado

1.9 - Resistência Nominal (Nn) - Tração

$$N_n = 113,25 \text{ KN}$$

1.10 - Resistência de Cálculo (N_{calc}) - Tração

$$N_{calc} = 101,93 \text{ KN}$$

Conclusão: Perfil Adequado

 T
r
a
ç
ã
o

Perfil U, Barra 254, Combo 1
Carregamentos

Fletor M1=	-	kn.m	M1 - Menor momento
Fletor M2=	-	kn.m	M2 - Maior momento
Cortante =	-	kn	
Normal =	25,50	kn	
Comprimento:	2,66	m	
Situação: Perfil Adequado			

$$M1 / M2 = \#DIV/0!$$

(M1 / M2) > 0 Quando os momentos provocarem a curvatura reversa da barra.
 (M1 / M2) < 0 Quando os momentos provocarem a curvatura simples da barra.

Tração
FLEXÃO
1.0 - Cálculo de Nn
1.1 - Verificação de Esbeltez da Alma

$$(b / t) = 16,75$$

$$\lambda_{lim} = 42,09$$

Conclusão: Seção não esbelta

1.1.1 - Altura Efetiva da Alma (hef)

$$h_{ef} = 9,29E-02$$

1.1.2 - Área Efetiva da Coluna

$$A_{ef} = 5,57E-04$$

Fator Qs:	1,00	Mesa
Fator Qa:	1,23	Alma
Fator Q:	1,23	

1.2 - Verificação de Esbeltez do Flange / Mesa

$$(b_f / 2 \times t_f) = 5,00$$

$$\lambda_{lim} = 15,75$$

Conclusão: Seção não esbelta

1.3 - Escolha das Curvas de Flambagem (Tabela 3)

	Curva	Fator α
Eixo X:	a	0,158
Eixo Y:	b	0,281

1.4 - Cálculo da Esbeltez (Flambagem X e Y) - Anexo H

	Base	Topo	K
X	Rot. Livre	Rot. Livre	1,00
Y	Rot. Livre	Rot. Livre	1,00

Cuidado com a orientação dos Eixos

$\lambda_x = 88,67$ Conclusão: Seção não esbelta
 $\lambda_y = 204,62$ Conclusão: Seção Esbelta

1.5 - Parâmetros de esbeltez para barras comprimidas:

Fator λ_x barra:	1,09
Fator λ_y barra:	2,52

1.6 - Coeficientes para cálculo da resistência à flambagem:

Eixo de Flambagem	Curva	Fator α	Fator β	Fator ρ	Avisos
Eixo X:	a	0,158	0,99	0,613	Eixo de Flambagem !
Eixo Y:	b	0,281	0,63	0,139	

1.7 - Resistência Nominal (Nn)

$$N_n = 19,39 \text{ KN}$$

1.8 - Resistência de Cálculo (N calc)

$$N_{calc} = 17,45 \text{ KN}$$

Conclusão: Perfil Não Adequado

1.9- Resistência Nominal (Nn) - Tração

$$N_n = 113,25 \text{ KN}$$

1.10 - Resistência de Cálculo (N calc) - Tração

$$N_{calc} = 101,93 \text{ KN}$$

Conclusão: Perfil Adequado

T
r
a
ç
ã
o

Perfil U, Barra 44, Combo 2
Carregamentos

Fletor M1=	-	kn.m	M1 - Menor momento
Fletor M2=	-	kn.m	M2 - Maior momento
Cortante =	-	kn	
Normal =	33,10	kn	
Comprimento:	1,75	m	

Situação: Perfil Adequado

$$M1 / M2 = \frac{0}{0} \text{ #DIV/0!}$$

 $(M1 / M2) > 0$ Quando os momentos provocarem a curvatura reversa da barra.

 $(M1 / M2) < 0$ Quando os momentos provocarem a curvatura simples da barra.

Tração
FLEXÃO
1.0 - Cálculo de Nn
1.1 - Verificação de Esbeltez da Alma

$$(b / t) = 16,75$$

$$\lambda_{lim} = 42,09$$

Conclusão: Seção não esbelta

1.1.1 - Altura Efetiva da Alma (h_{ef})

$$h_{ef} = 9,29E-02$$

1.1.2 - Área Efetiva da Coluna

$$A_{ef} = 5,57E-04$$

Fator Qs:	1,00	Mesa
Fator Qa:	1,23	Alma
Fator Q:	1,23	

1.2 - Verificação de Esbeltez do Flange / Mesa

$$(b_f / 2 \times t_f) = 5,00$$

$$\lambda_{lim} = 15,75$$

Conclusão: Seção não esbelta

1.3 - Escolha das Curvas de Flambagem (Tabela 3)

	Curva	Fator α
Eixo X:	a	0,158
Eixo Y:	b	0,281

1.4 - Cálculo da Esbeltez (Flambagem X e Y) - Anexo H

	Base	Topo	K		Cuidado com a orientação dos Eixos
X	Rot. Livre	Rot. Livre	1,00	$\lambda_x = 58,33$	Conclusão: Seção não esbelta
Y	Rot. Livre	Rot. Livre	1,00	$\lambda_y = 134,62$	Conclusão: Seção não esbelta

1.5 - Parâmetros de esbeltez para barras comprimidas:

Fator λ_x barra:	0,72
Fator λ_y barra:	1,66

1.6 - Coeficientes para cálculo da resistência à flambagem:

Eixo de Flambagem	Curva	Fator α	Fator β	Fator ρ	Avisos
Eixo X:	a	0,158	1,57	0,839	Eixo de Flambagem I
Eixo Y:	b	0,281	0,77	0,294	

1.7 - Resistência Nominal (Nn)

$$N_n = 40,85 \text{ KN}$$

1.8 - Resistência de Cálculo (N calc)

$$N_{calc} = 36,77 \text{ KN}$$

Conclusão: Perfil Adequado

1.9 - Resistência Nominal (Nn) - Tração

$$N_n = 113,25 \text{ KN}$$

1.10 - Resistência de Cálculo (N calc) - Tração

$$N_{calc} = 101,93 \text{ KN}$$

Conclusão: Perfil Adequado

 T
r
a
ç
ã
o

Perfil U, Barra 176, Combo 2**Carregamentos**

Fletor M1=	-	kn.m	M1 - Menor momento
Fletor M2=	-	kn.m	M2 - Maior momento
Cortante =	-	kn	
Normal =	36,40	kn	
Comprimento:	1,75	m	

Situação: Perfil Adequado

M1 / M2 = #DIV/0!
 (M1 / M2) > 0 Quando os momentos provocarem a curvatura reversa da barra.
 (M1 / M2) < 0 Quando os momentos provocarem a curvatura simples da barra.

Compressão**FLEXÃO****1.0 - Cálculo de Nn****1.1 - Verificação de Esbeltez da Alma**

$$(b / t) = 16,75$$

$$\lambda_{lim} = 42,09$$

Conclusão: Seção não esbelta

1.1.1 - Altura Efetiva da Alma (hef)

$$h_{ef} = 9,29E-02$$

1.1.2 - Área Efetiva da Coluna

$$A_{ef} = 5,57E-04$$

Fator Qs:	1,00	Mesa
Fator Qa:	1,23	Alma
Fator Q:	1,23	

1.2 - Verificação de Esbeltez do Flange / Mesa

$$(bf / 2 \times tf) = 5,00$$

$$\lambda_{lim} = 15,75$$

Conclusão: Seção não esbelta

1.3 - Escolha das Curvas de Flambagem (Tabela 3)

	Curva	Fator α
Eixo X:	a	0,158
Eixo Y:	b	0,281

1.4 - Cálculo da Esbeltez (Flambagem X e Y) - Anexo H

	Base	Topo	K	Cuidado com a orientação dos Eixos	
X	Rot. Livre	Rot. Livre	1,00	$\lambda_x = 58,33$	Conclusão: Seção não esbelta
Y	Rot. Livre	Rot. Livre	1,00	$\lambda_y = 134,62$	Conclusão: Seção não esbelta

1.5 - Parâmetros de esbeltez para barras comprimidas:

Fator λ_x barra:	0,72
Fator λ_y barra:	1,66

1.6 - Coeficientes para cálculo da resistência à flambagem:

Eixo de Flambagem	Curva	Fator α	Fator β	Fator ρ	Avisos
Eixo X:	a	0,158	1,57	0,839	Eixo de Flambagem !
Eixo Y:	b	0,281	0,77	0,294	

1.7 - Resistência Nominal (Nn)

$$N_n = 40,85 \text{ KN}$$

1.8 - Resistência de Cálculo (N calc)

$$N_{calc} = 36,77 \text{ KN}$$

Conclusão: Perfil Adequado

1.9 - Resistência Nominal (Nn) - Tração

$$N_n = 113,25 \text{ KN}$$

1.10 - Resistência de Cálculo (N calc) - Tração

$$N_{calc} = 101,93 \text{ KN}$$

Conclusão: Perfil Adequado

T
r
a
ç
ã
o

Perfil U, Barra 230, Combo 2

Carregamentos

Fletor M1=	-	kn.m	M1 - Menor momento
Fletor M2=	-	kn.m	M2 - Maior momento
Cortante =	-	kn	
Normal =	26,60	kn	
Comprimento:	2,66	m	
Situação: Perfil Não Adequado			

M1 / M2 = #DIV/0!
(M1 / M2) > 0 Quando os momentos provocarem a curvatura reversa da barra.
(M1 / M2) < 0 Quando os momentos provocarem a curvatura simples da barra

Compressão

FLEXÃO

1.0 - Cálculo de Nn

1.1 - Verificação de Esbeltez da Alma

$$(b / t) = 16,75$$

$$\lambda_{lim} = 42,09$$

Conclusão: Seção não esbelta

1.1.1 - Altura Efetiva da Alma (hef)

$$h_{ef} = 9,29E-02$$

1.1.2 - Área Efetiva da Coluna

$$A_{ef} = 5,57E-04$$

Fator Qs:	1,00	Mesa
Fator Qa:	1,23	Alma
Fator Q:	1,23	

1.2 - Verificação de Esbeltez do Flange / Mesa

$$(b_f / 2 \times t_f) = 5,00$$

$$\lambda_{lim} = 15,75$$

Conclusão: Seção não esbelta

1.3 - Escolha das Curvas de Flambagem (Tabela 3)

	Curva	Fator α
Eixo X:	a	0,158
Eixo Y:	b	0,281

1.4 - Cálculo da Esbeltez (Flambagem X e Y) - Anexo H

	Base	Topo	K		Cuidado com a orientação dos Eixos
X	Rot. Livre	Rot. Livre	1,00	$\lambda_x = 88,67$	Conclusão: Seção não esbelta
Y	Rot. Livre	Rot. Livre	1,00	$\lambda_y = 204,62$	Conclusão: Seção Esbelta

1.5 - Parâmetros de esbeltez para barras comprimidas:

Fator λ_x barra:	1,09
Fator λ_y barra:	2,52

1.6 - Coeficientes para cálculo da resistência à flambagem:

Eixo de Flambagem	Curva	Fator α	Fator β	Fator ρ	Avisos
Eixo X:	a	0,158	0,99	0,613	Eixo de Flambagem I
Eixo Y:	b	0,281	0,63	0,139	

1.7 - Resistência Nominal (Nn)

$$N_n = 19,39 \text{ KN}$$

1.8 - Resistência de Cálculo (N calc)

$$N_{calc} = 17,45 \text{ KN}$$

Conclusão: Perfil Não Adequado

1.9- Resistência Nominal (Nn) - Tração

$$N_n = 113,25 \text{ KN}$$

1.10 - Resistência de Cálculo (N calc) - Tração

$$N_{calc} = 101,93 \text{ KN}$$

Conclusão: Perfil Adequado

T
r
a
ç
ã
o

Perfil U, Barra 361, Combo 3

Carregamentos

Fletor M1=	-	kn.m
Fletor M2=	-	kn.m
Cortante =	-	kn
Normal =	20,20	kn
Comprimento:	1,75	m
Situação: Perfil Adequado		

M1 - Menor momento	M1 / M2 =	#DIV/0!
M2 - Maior momento	(M1 / M2) > 0	Quando os momentos provocarem a curvatura reversa da barra.
	(M1 / M2) < 0	Quando os momentos provocarem a curvatura simples da barra.

Compressão

FLEXÃO

1.0 - Cálculo de Nn

1.1 - Verificação de Esbeltez da Alma	
(b / t) =	16,75
λ_{lim} =	42,09

Conclusão: Seção não esbelta

1.1.1 - Altura Efetiva da Alma (h_{ef})	
h_{ef} =	9,29E-02
1.1.2 - Área Efetiva da Coluna	
A_{ef} =	5,57E-04

Fator Qs:	1,00	Mesa
Fator Qa:	1,23	Alma
Fator Q:	1,23	

1.2 - Verificação de Esbeltez do Flange / Mesa

(bf / 2 x tf) =	5,00
λ_{lim} =	15,75

Conclusão: Seção não esbelta

1.3 - Escolha das Curvas de Flambagem (Tabela 3)

	Curva	Fator α
Eixo X:	a	0,158
Eixo Y:	b	0,281

1.4 - Cálculo da Esbeltez (Flambagem X e Y) - Anexo H

	Base	Topo	K		Cuidado com a orientação dos Eixos
X	Rot. Livre	Rot. Livre	1,00	$\lambda_x =$	58,33 Conclusão: Seção não esbelta
Y	Rot. Livre	Rot. Livre	1,00	$\lambda_y =$	134,62 Conclusão: Seção não esbelta

1.5 - Parâmetros de esbeltez para barras comprimidas:

Fator λ_x barra:	0,72
Fator λ_y barra:	1,66

1.6 - Coeficientes para cálculo da resistência à flambagem:

Eixo de Flambagem	Curva	Fator α	Fator β	Fator ρ	Avisos
Eixo X:	a	0,158	1,57	0,839	Eixo de Flambagem !
Eixo Y:	b	0,281	0,77	0,294	

1.7 - Resistência Nominal (Nn)

Nn =	40,85 KN
------	----------

1.8 - Resistência de Cálculo (N calc)

N calc =	36,77 KN	Conclusão: Perfil Adequado
----------	----------	----------------------------

1.9 - Resistência Nominal (Nn) - Tração

Nn =	113,25 KN
------	-----------

1.10 - Resistência de Cálculo (N calc) - Tração

N calc =	101,93 KN	Conclusão: Perfil Adequado
----------	-----------	----------------------------

T
r
a
ç
ã
o

Perfil U, Barra 324, Combo 3
Carregamentos

Fletor M1=	-	kn.m	M1 - Menor momento
Fletor M2=	-	kn.m	M2 - Maior momento
Cortante =	-	kn	
Normal =	19,20	kn	
Comprimento:	2,90	m	
Situação: Perfil Não Adequado			

$$M1 / M2 = \#DIV/0!$$

(M1 / M2) > 0 Quando os momentos provocarem a curvatura reversa da barra.

(M1 / M2) < 0 Quando os momentos provocarem a curvatura simples da barra.

Compressão
FLEXÃO
1.0 - Cálculo de Nn
1.1 - Verificação de Esbeltez da Alma

$$(b / t) = 16,75$$

$$\lambda_{lim} = 42,09$$

Conclusão: Seção não esbelta

1.1.1 - Altura Efetiva da Alma (hef)

$$h_{ef} = 9,29E-02$$

1.1.2 - Área Efetiva da Coluna

$$A_{ef} = 5,57E-04$$

Fator Qs: 1,00 Mesa

Fator Qa: 1,23 Alma

Fator Q: 1,23

1.2 - Verificação de Esbeltez do Flange / Mesa

$$(b_f / 2 \times t_f) = 5,00$$

$$\lambda_{lim} = 15,75$$

Conclusão: Seção não esbelta

1.3 - Escolha das Curvas de Flambagem (Tabela 3)

	Curva	Fator α
Eixo X:	a	0,158
Eixo Y:	b	0,281

1.4 - Cálculo da Esbeltez (Flambagem X e Y) - Anexo H

	Base	Topo	K		Cuidado com a orientação dos Eixos
X	Rot. Livre	Rot. Livre	1,00	$\lambda_x = 96,67$	Conclusão: Seção não esbelta
Y	Rot. Livre	Rot. Livre	1,00	$\lambda_y = 223,08$	Conclusão: Seção Esbelta

1.5 - Parâmetros de esbeltez para barras comprimidas:

 Fator λ_x barra: 1,19

 Fator λ_y barra: 2,75

1.6 - Coeficientes para cálculo da resistência à flambagem:

Eixo de Flambagem	Curva	Fator α	Fator β	Fator ρ	Avisos
Eixo X:	a	0,158	0,92	0,547	Eixo de Flambagem !
Eixo Y:	b	0,281	0,62	0,119	

1.7 - Resistência Nominal (Nn)

$$N_n = 16,51 \text{ KN}$$

1.8 - Resistência de Cálculo (N calc)

$$N_{calc} = 14,86 \text{ KN}$$

Conclusão: Perfil Não Adequado

 T
r
a
ç
ã
o

1.9 - Resistência Nominal (Nn) - Tração

$$N_n = 113,25 \text{ KN}$$

1.10 - Resistência de Cálculo (N calc) - Tração

$$N_{calc} = 101,93 \text{ KN}$$

Conclusão: Perfil Adequado