



UNESC COMPARATIVO ENTRE VIGA METÁLICA E VIGA EM CONCRETO PROTENDIDO PARA APLICAÇÃO EM PONTE RODOVIÁRIA VICINAL CLASSE-30

Ricardo Casagrande (1), Marcio Vito (2)

*UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense
(1)engenharia@ssmetal.com.br,, (2)marciovito@uol.com.br*

RESUMO

Este estudo consiste em comparar para uma mesma solicitação, as vantagens e desvantagens em relação ao custo, para o uso de vigas metálicas comerciais e vigas de concreto protendido. Para uso em ponte rodoviária vicinal classe 30. Visando dimensionar as vigas de sustentação para uma ponte rodoviária vicinal classe-30, com vão teórico de 11.6 metros, utilizando vigas metálicas para sustentação, todos os cálculos necessários para esse dimensionamento são realizados e verificados nesse estudo, utilizando-se para isso a Norma Americana AASHTO – Standard Specifications for Highway Bridges – 17thEdition2002. Para o calculo das cargas móveis a serem consideradas na ponte, utiliza-se a Norma Brasileira ABNT- NBR7188 – Carga móvel em ponte rodoviária e passarela de pedestre, obtendo assim o perfil adequado para essa solicitação e seus quantitativos de material e esforços atuantes. Para fins de comparação um projeto de viga em concreto protendido para a mesma condição de uso e solicitações de carga foi solicitado a um engenheiro civil atuante na área de cálculo estrutura. Uma estrutura em concreto protendido trabalha comprimida por cabos de aço (tracionados) que passam no seu interior por bainhas, em uma posição tal que faz com que a viga tenda a se deformar em sentido inverso a deformação que teria quando suportando o carregamento para o qual foi projetada. Esta tração é realizada com macacos mecânicos aplicados nos topos da viga, com o cabo já na posição que devem ficar e, após atingir a tração prevista são ancorados em dispositivos chamados aparelhos de ancoragem. Esta operação de tracionamento dos cabos de aço é chamada de protensão e pode ser feita com a viga já colocada na sua posição definitiva ("In loco") ou em um canteiro para depois ser transportada para o seu local definitivo. Posteriormente foram realizados orçamentos com empresas que atuam nos setores metalúrgico para a confecção das vigas metálicas e pré-moldado para a confecção das vigas de concreto protendido. Com as respostas dos orçamentos, foram realizados os estudos e comparações entre as vigas, levantando-se vantagens e desvantagens entre elas.

Palavras-Chave: Vigas, ponte, rodoviária.



1 INTRODUÇÃO

O presente estudo busca fontes inesgotáveis de conhecimento para viabilizar o estudo realizado. A motivação para esse estudo surgiu durante a vida acadêmica, instigando-me a observar que, muitos projetos de ponte rodoviária se deparam com problemas para execução, seja por motivos financeiros ou tempo de execução.

Diante do exposto, questiona-se: **Qual o melhor método para construção e execução de pontes rodoviárias?** A partir desta pergunta de pesquisa estabeleceu-se o tema: **COMPARATIVO ENTRE VIGA METÁLICA E VIGA EM CONCRETO PROTENDIDO PARA APLICAÇÃO EM PONTE RODOVIÁRIA VICINAL CLASSE-30**

Justifica-se assim a necessidade dessas obras de arte, aliado a deficiência de profissionais habilitados nessa área, optou-se pelo estudo técnico da viabilidade, vantagens e desvantagens de dois métodos construtivos.

Outro aspecto importante é a necessidade de atender aos prazos de entrega da edificação, fator que requer o emprego de sistemas estruturais para os quais seja possível obter rapidez e facilidade de execução, sem grandes acréscimos no custo final da edificação.

Assim, surge a seguinte questão de pesquisa que norteia esse estudo:

- ✓ Quais parâmetros são levados em consideração no momento da elaboração de um projeto de ponte rodoviária?
- ✓ Quantos dias são possíveis ganhar para liberação de tráfego, comparando-se os dois métodos?
- ✓ Quais as considerações adotadas para o dimensionamento da viga de sustentação?

Sendo assim traçou-se como objetivo geral: Elaborar projeto para uma ponte rodoviária vicinal classe-30, utilizando vigas metálicas para sustentação, obtendo assim seus quantitativos de material e esforços atuantes, comparando posteriormente com o uso de vigas de concreto protendido.



2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 HISTÓRIA DAS PONTES

Desde a remota antiguidade, quando as populações começaram a se agrupar em comunidades (aldeias, vilas e cidades) e apareceram as primeiras preocupações para travessias de rios, riachos e vales, então surgiram às primeiras PONTES (e mais tarde os Viadutos), feitas de pedras e posteriormente de madeira. (PINHO, 2007).

2.2 DEFINIÇÕES

Denomina-se ponte a obra destinada a transposição de obstáculos à continuidade do leito de uma via, tais como rios, braços de mar, vales profundos, outras vias etc. (PFEIL, 1980).

2.3 EVOLUÇÃO HISTÓRICA DOS PROJETOS DAS PONTES

Segundo (BERNARDO, 1980), a origem da construção de pontes remonta às mais antigas civilizações e os primitivos, procurando imitar exemplos da natureza, realizaram diversos tipos de obras com o objetivo de vencer depressões: assim uma árvore tombada nas margens de um riacho mostrou a forma de poder transpor o mesmo; as erosões eólicas mostraram aos primitivos o arco como forma adequada para vencer depressões; os cipós que se entrelaçaram de uma árvore a outra nos extremos de um vale deram ao homem a intuição das estruturas pênseis.

Na Idade Média a tendência foi fazer das pontes verdadeiros obstáculos e nota-se nas construções da época a preocupação de impedir a utilização das pontes com a construção de fortalezas nas margens do rio. É também nesta época que começam a aparecer pontes com as mais diferentes finalidades: militares, comerciais, residenciais ou mesmo espirituais.

Com a evolução do aço como material de construção e o surgimento do concreto armado e protendido, as pontes em arco puderam ter vãos cada vez



maiores. Esses materiais propiciaram o surgimento de novos tipos de estruturas de pontes, com comprimentos e vãos ainda maiores. Além das em arco e em vigas, e pontes em treliça, surgiram as pontes de vigas caixão, suspensas, estaiadas e mistas. (PINHO, 2007).

2.4 NORMAS

2.4.1 Normas Brasileiras

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é uma entidade oficial encarregada de elaborar e editar os regulamentos técnicos adotados no Brasil. Quando as normas brasileiras são omissas ou inexistentes, adotaremos Normas estrangeiras reconhecidas internacionalmente.

As principais normas brasileiras que devem ser consultadas na elaboração de pontes rodoviárias em vigas mistas são:

NBR 7187/03 – projeto e execução de pontes de concreto armado e protendido.

NBR 7188/84 – Carga móvel em ponte rodoviária e passarela de pedestre.

NBR 6120/80 – Cargas para cálculo de estruturas de edificações.

NBR 6123/88 – Forças devidas aos ventos em edificações.

2.4.2 Normas Estrangeiras

Como ainda não existe norma brasileira para pontes metálicas, teremos que usar normas estrangeiras.

É reconhecida internacionalmente a seguinte norma estrangeira para pontes metálicas:

Norma Americana:

✓ AASHTO – Standard Specifications for Highway Bridges

Como as normas brasileiras para estruturas metálicas sempre foram desenvolvidas tendo como base normas americanas, para manter a correlação, usaremos como base para esse projeto as especificações americanas da AASHTO.

A principal diferença entre o uso da norma americana em relação a norma



brasileira é o fato de que a norma americana utiliza em seu método de dimensionamento o *Método das Tensões Admissíveis* enquanto a brasileira utiliza o *Método dos Estados Limites Último*.

Método das Tensões admissíveis – Este método leva em consideração uma tensão no limite de escoamento, onde a deformação ainda é elástica voltando ao seu estado padrão ao parar os esforços, divide-se por um coeficiente de segurança que leva em consideração todas as incertezas tanto do material quanto geometria e outras possíveis causas.

Método dos Estados Limites – Possui análise para cada solicitação de projeto cada uma com seu coeficiente de majoração multiplicando-o pela carga referente, já a resistência característica do material dividida pelo coeficiente de majoração de redução da resistência interna. Considera as reservas de resistência após o início da plastificação e considera as incertezas de uma forma mais racional. A segurança do projeto estará garantida quando a diferença entre a resistência e as solicitações for positiva, esta diferença é o coeficiente de majoração.

2.4.3 Cargas permanentes

A carga permanente é constituída pelo peso próprio dos elementos portantes (estrutura) e de outros materiais colocados sobre a ponte (sobrecargas fixas), tais como:

- ✓ Laje de concreto;
- ✓ Estrutura de aço;
- ✓ Guarda-Corpo;
- ✓ Postes;
- ✓ Canalizações, etc.

2.4.4 Cargas móveis

2.4.1.1 Constituição das cargas móveis

As cargas móveis de cálculo, fixadas nas normas, não coincidem com as cargas reais que circulam nas estradas. Nas pontes rodoviárias, as cargas rodoviárias de cálculo (NBR 7188) utilizam veículos de dimensões especiais, enquanto as cargas reais são caminhões e carretas com dimensões e pesos fixados por uma regulamentação específica denominada Lei da Balança. Por vezes, as rodovias recebem cargas excepcionais, como carretas especiais para transporte de usinas hidroelétricas ou nucleares.

2.4.4.2 Cargas Rodoviárias de cálculo – NBR 7188

Esta norma fixa as cargas móveis a serem consideradas no cálculo de pontes rodoviárias e passarelas de pedestres. As cargas para as Pontes Rodoviárias, denominadas Trens-Tipo, são divididas em três classes, baseadas nos pesos em toneladas dos veículos-tipo base de cada sistema e a utilização das diferentes classes de cargas para o cálculo das pontes fica a critério dos órgãos com jurisdição sobre as mesmas. (DNIT, etc):

- ✓ **Classe 45** – baseada no veículo tipo 450 kN (45 tf) de peso total.
- ✓ **Classe 30** – baseada no veículo tipo 300 kN (30 tf) de peso total.
- ✓ **Classe 12** – baseada no veículo tipo 120 kN (12 tf) de peso total.

Os trens-tipo são formados de um veículo tipo 3 m de largura por 6 m de comprimento e de cargas uniformemente distribuídas de intensidades “p” para a pista e “p’” para os passeios, conforme a tabela abaixo:

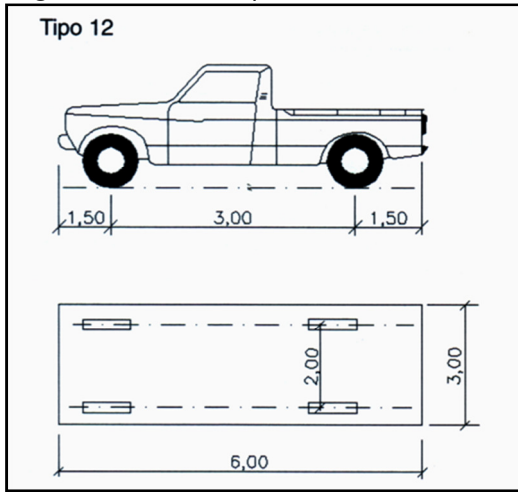
Cargas dos veículos tipo – NBR 7188.

Tabela 1 – Cargas veículos - tipos

Classe da ponte	Peso total do veículo (kN)	Carga uniforme p (kN / m ²)	Carga uniforme p' (kN / m ²)	Disposição das cargas
45	450	5	3	"p" em toda a pista
30	300	5	3	"p" em toda a pista
12	120	4	3	"p" nos passeios

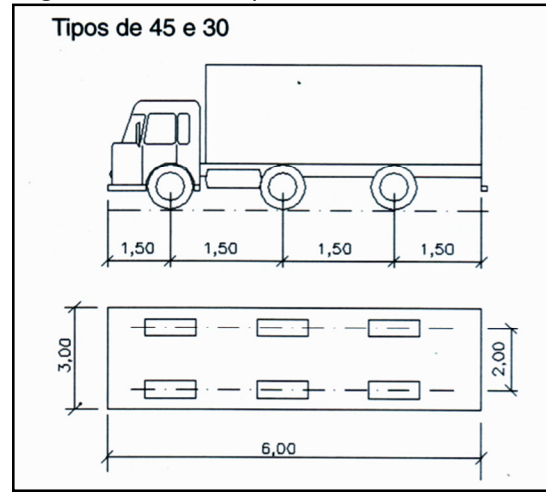
Fonte: NBR 7188.

Figura 1 – Veículo tipo -NBR 7188classe 12



Fonte: NBR7188.

Figura 2 - Veículo tipo -NBR 7188classe 30



Fonte: NBR 7188.

3 MATERIAIS E METODOS

3.1 DADOS DO PROJETO DA PONTE

Figura 3 – Seção transversal

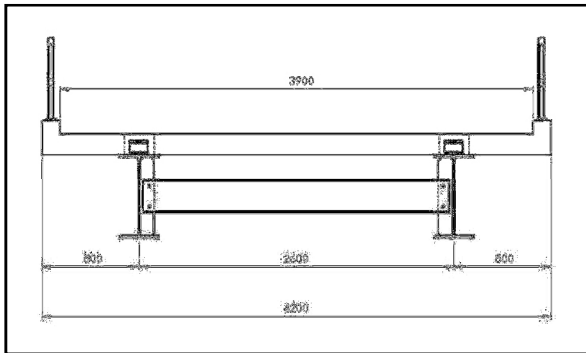
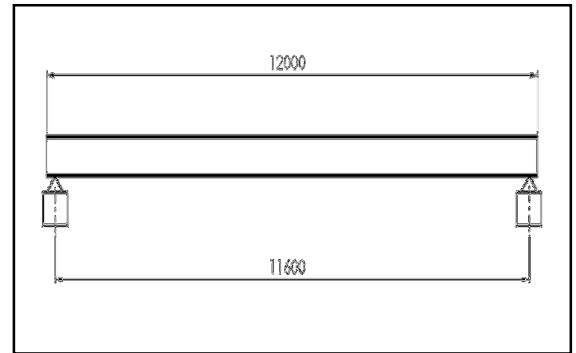


Figura 4 – Viga longitudinal



Classe-30 – Rodovia vicinal

Comprimento da ponte..... 12 metros

Largura da ponte.....4.2 metros

Distância entre vigas.....2.6 metros

Espessura da laje de concreto (pré-moldado).....15 centímetros

Concreto da laje..... $F_{ck}=25 \text{ MPa}$ $F_{ck}=2.5 \text{ kN/cm}^2$

Aço das vigas – ASTM A572 $F_y=35 \text{ kN/cm}^2$ $F_u=45 \text{ kN/cm}^2$

Guarda corpo metálico



3.2 CARGAS ATUANTES

Vão teórico de cálculo.....L= (vão=12) (-2 . 0.2m)	L= 11.6 metros
--	----------------

Placa pré-moldada (laje).....q₁= 8,29kN/m

✓ Perfis metálicos W610 x 174.....q₂= 1,70 kN/m

✓ Corre-mão metálico.....q₃= 0,50kN/m

✓ Carga permanente CP = q₁+ q₂+ q₃ = 8,29 + 1,70 + 0,50 = 10,49kN/m

3.3 CARREGAMENTOS FINAIS

3.3.1 ESFORÇOS DEVIDO AS CARGAS PERMANENTES

Figura 5 - Esforços determinados com programa computacional (Ftool)

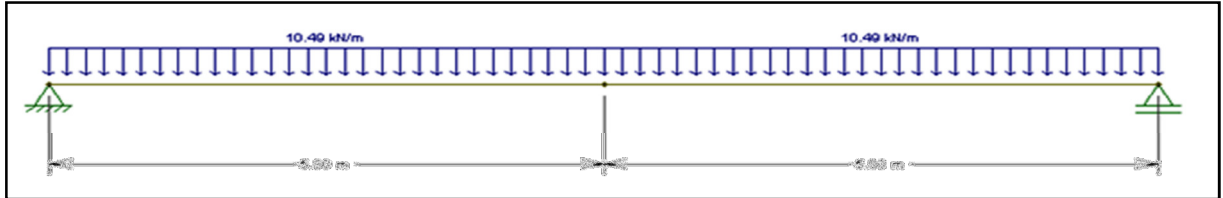


Figura 6 – Diagrama de momento fletor

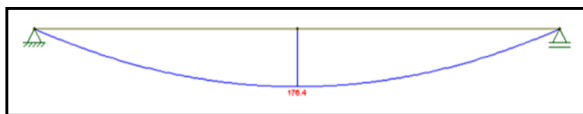
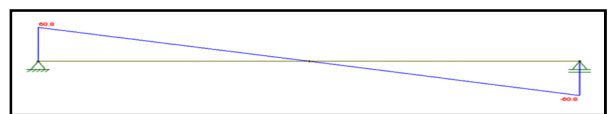


Figura 7 - Diagrama de esforço cortante



Esforços determinados com programa computacional (Ftool)

3.5 GRÁFICO DOS ESFORÇOS CORTANTES MÁXIMOS

X₀= 0m

Momentos	Cortantes
M _{cp} (X ₀)= 0	Q _{cp} (X ₀)= 60,84 kN

X₁= 5.8m

Momentos	Cortantes
M _{cp} (X ₁)= 176,44 kN.m	Q _{cp} (X ₁)= 0

3.6 CARGA MÓVEL + IMPACTO

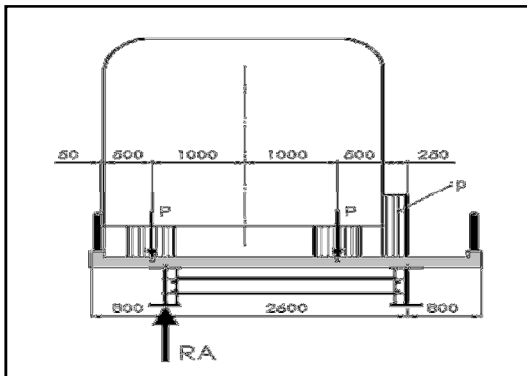
Coeficiente de impacto (NBR 7187).....	$I = 1.4 - (0.007 \cdot 11.6)$
.....	$I = 1.318$
Trem-tipo (NBR 7188 – Classe 30).....	$TT = 300 \text{ kN}$
$P = 50 \text{ kN}$	$p = 5 \text{ kN/m}^2$

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 CÁLCULO DO TREM-TIPO

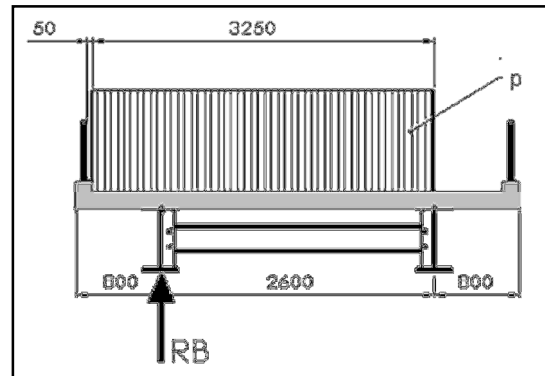
Como a seção é simétrica, basta calcular os esforços apenas para uma delas. O trem-tipo para as vigas externas será determinado, supondo que a laje esteja simplesmente apoiada nas duas longarinas.

Figura 8 – Seção passando pelo veículo



Fonte: Pinho (2007)

Figura 9 – Seção fora do veículo



Fonte: Pinho (2007)

- OBS: Todas as cotas em milímetros

Calcular a reação máxima devido a carga concentrada P, sobre a viga principal (Seção passando pelo veículo tipo)

$$Q = P + \frac{P \cdot 0,15}{2,6} + \frac{P \cdot 0,75}{2,6} = 1.35P$$

$$P = 1,35 \cdot 50 = 67,50 \text{ kN}$$

$$q_1 = (p \cdot 0,35) \cdot \frac{0,35}{2,6} = 0,035p$$

$$q_1 = 0,035 \cdot 50 = 0,175kN/m$$

Calcular a reação máxima devido a carga distribuída na seção fora do veículo.

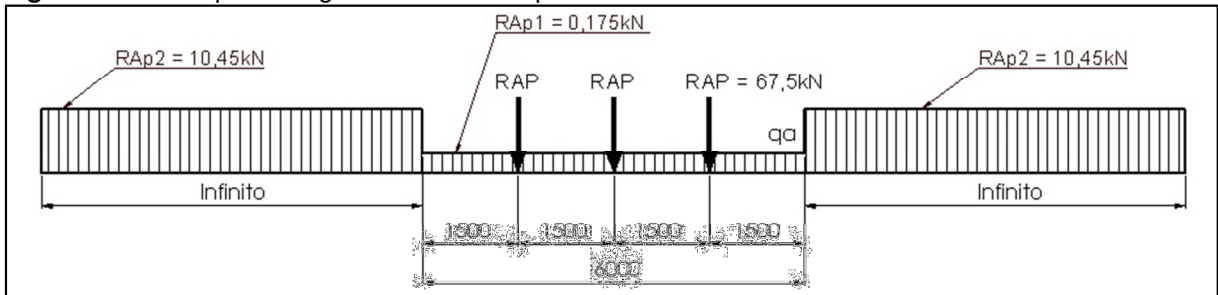
$$q_2 = p \cdot 0,65 + \left(\frac{p \cdot 0,65 \cdot 0,65/2}{2,6} \right) + \left(\frac{p \cdot 2,6}{2} \right)$$

$$q_2 = 2,03p = 2,03 \cdot 5$$

$$q_2 = 10,45kN/m$$

4.2 TREM-TIPO

Figura 10-Trem-tipo homogeneizado com impacto



A NBR 7188 permite homogeneizar as cargas distribuídas e subtrair das cargas concentradas as parcelas correspondentes.

$$RAP = 67,5 - \left[\frac{(10,45 - 0,175) \cdot 6}{3} \right] = 46,95 \cdot 1,318 \text{ (impacto)} = 61,9kN$$

$$RAP = 10,45 \cdot 1,318 \text{ (impacto)} = 13,8kN$$

4.3 CARREGAMENTOS FINAIS

Figura 11 - Seção S1 = Meio do vão

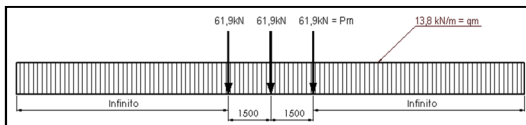
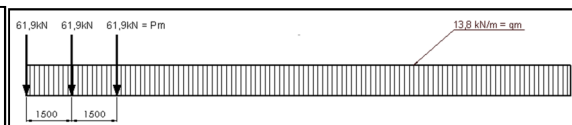
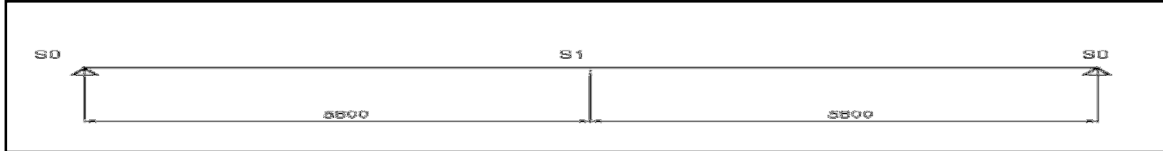


Figura 12 –Seção S0 = Apoios



4.4 CÁLCULO DOS ESFORÇOS MÁXIMOS NAS SEÇÕES

Figura 13 - Seção S1 = Meio do vão



4.5 ENVOLTÓRIA DOS ESFORÇOS PARA CADA SEÇÃO DE CÁLCULO

4.5.1 Seção S0 (Apoios)

Figura 14 - Esforços determinados com programa computacional (Ftool)

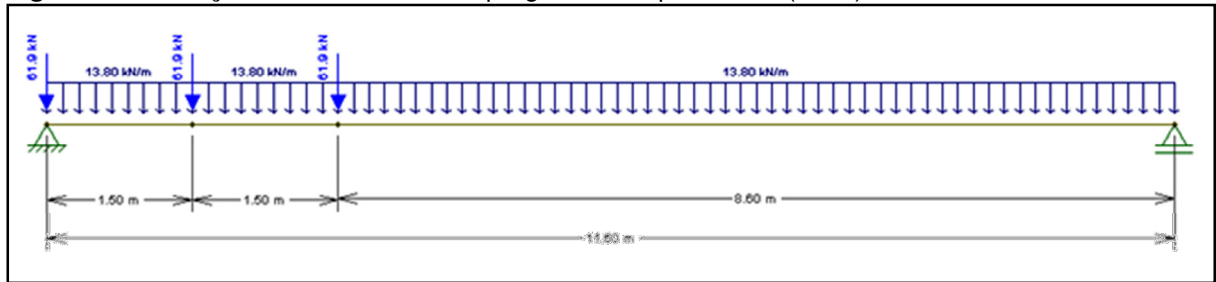


Gráfico dos momentos máximos e esforços cortantes máximos

Figura 15: Diagrama de momento fletor

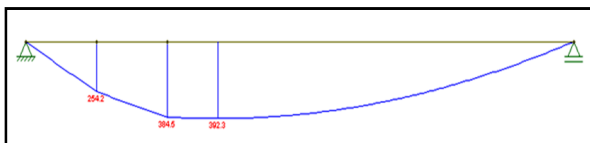
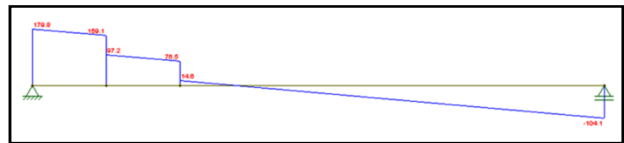


Figura 16: Diagrama de esforço cortante



Esforços determinados com programa computacional (Ftool)

4.5.2 Gráfico dos esforços cortantes máximos

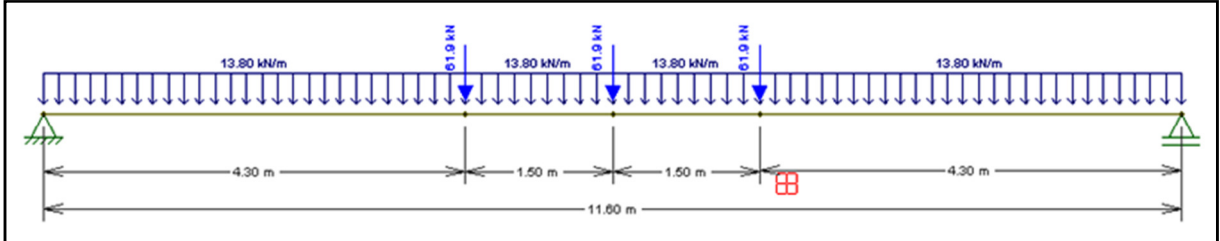
$X_0 = 0m$

Momentos
 $M_{cm}(X_0) = 0$

Cortantes
 $Q_{cm}(X_0) = 24,147 \text{ kN}$

4.5.3 Seção S1

Figura 17 -Esforços determinados com programa computacional (Ftool)



4.5.4 Gráfico dos momentos máximos e cortantes máximos

Figura 18: Diagrama de momento fletor

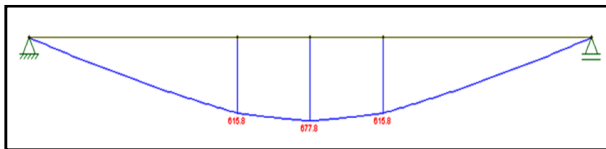
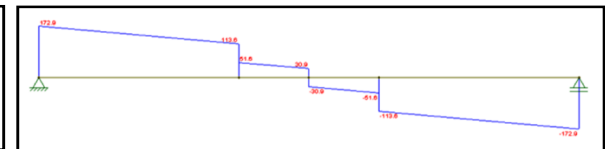


Figura 19: Diagrama de esforço cortante



Esforços determinados com programa computacional (Ftool)

$$X_1 = 5,8\text{m}$$

Momentos
 $M_{cm}(X_1) = 677,80 \text{ kN.m}$

Cortantes
 $Q_{cm}(X_1) = 30,90 \text{ kN}$

4.6 COMBINAÇÃO DOS CARREGAMENTOS - SEÇÕES DE CÁLCULO S0 E S1

4.6.1 Seção S0 (Apoio) 4.6.2 Seção S1 (meio do vão)

$$X_0 = 0\text{m}$$

$$X_1 = 5.8\text{m}$$

Momentos
 $M(X_0) = M_{cp}(X_0) + M_{cm}(X_0)$
 $M(X_0) = 0 + 0 = 0$

Momentos
 $M(X_1) = M_{cp}(X_1) + M_{cm}(X_1)$
 $M(X_1) = 176,44 + 677,80 = 854,24 \text{ KN.m}$

Cortantes
 $Q(X_0) = Q_{cp}(X_0) + Q_{cm}(X_0)$
 $Q(X_0) = 60,84 + 241,47 = 302,31 \text{ KN}$

Cortantes
 $Q(X_1) = Q_{cp}(X_1) + Q_{cm}(X_1)$
 $Q(X_1) = 0 + 30,90 = 30,90 \text{ KN}$



5 PROPRIEDADES DO PERFIL DE AÇO

Para perfis laminados usar as propriedades tabeladas, disponibilizadas pelos fabricantes:

d = 61.6 cm	A = 222.8 cm ²	
tw = 1.4 cm	Peso = 174 kg/m	
bs = 32.5 cm	CG = 30.8 cm	
ts = 2.16 cm	I _x = 147754 cm ⁴	I _y = 12374 cm ⁴
bi = 32.5 cm	w _x = 4797.2 cm ³	w _y = 761.5 cm ³
ti = 2.16 cm	R _x = 25.75 cm	R _y = 7.45 cm

*Dados retirados da tabela de perfis Gerdau Açominas

5.1 TENSÕES ADMISSÍVEIS

Tração e compressão na flexão.....F_b = 0.55 x 35kN/cm²
.....F_b = 19,25 kN/cm²

Cisalhamento na alma.....F_v = 0.33 x 35kN/cm²
.....F_v = 11,55 kN/cm²

5.1.1 Seção S1 (meio do vão)

Mesa superior e Inferior..... f_{b(1)} = $\frac{M(x1)}{W_x}$ < F_b
f_{b(1)} = $\frac{854,24}{4797.2}$ < 0,178

kN/cm²f_{b(1)} = 17,8kN/cm² < 19,25 kN/cm² **TENSÃO OK**

Alma.....f_{v(1)} = $\frac{Q(x1)}{[h(1) \cdot x \cdot tw(1)]}$ < F_v

$$f_{v(1)} = \frac{30,90}{[57.28 \cdot x \cdot 1.4]} < 11,55 \text{ kN/cm}^2$$

f_{v(1)} = 0,38 kN/cm² < 11,55 kN/cm² **TENSÃO OK**

5.1.2 Seção S0 (apoio)

Alma.....f_{v(0)} = $\frac{Q(x0)}{[h(0) \cdot x \cdot tw(0)]}$ < F_v

$$f_{v(0)} = \frac{302,31}{[57.28 \cdot x \cdot 1.4]} < 11,55$$

kgf/cm²..... f_{v(0)} = 3,76kN/cm² < 11,55 kN/cm² **TENSÃO OK**



5.2 VERIFICAÇÃO DA DEFORMAÇÃO E CONTRA-FLECHA

5.2.1 Flecha máxima devido à carga móvel + impacto

$$\Delta_1 = \frac{\left[5 \cdot 1380 \cdot \frac{11.6^4}{8} + 6190 \cdot 11.6^3 + 6190 \cdot (11.6-3) \cdot [3 \cdot 11.6^2 - (11.6-3)^2] \right]}{[48 \cdot 21000000000 \cdot 0.00147754]} < \Delta_{adm} = \frac{1160}{700}$$

$$\Delta = 2.88\text{cm} > \Delta_{adm} = 1.66\text{cm}$$

Fonte: AASHTO – Standard Specifications for Highway Bridges – 17th Edition 2002

Portanto será necessário dar contra flecha de $(2.88 - 1.66) = 1.22\text{cm}$.

5.2.2 Diagrama de contra-flecha para as cargas permanentes

Devido à CP → $x=5.8$ m (meio do vão)

$$\Delta_2 = \frac{1049}{[24 \cdot 21000000000 \cdot 0.00147754]} \cdot (11.6^3 - 2 \cdot 11.6 \cdot 5.8^2 + 5 \cdot 8^3)$$

$$\Delta_2 = 0.80 \text{ cm}$$

$$\Delta_1 + \Delta_2 < \Delta_{adm} = \frac{L}{350}$$

$$2.88 + 0.8 = 3.68 \text{ cm} > \Delta_{adm} = 3.31 \quad \text{dar contraflecha}$$

Como consideramos contra-flecha para a carga móvel mais impacto, esta automaticamente abrange a contra-flecha para a carga móvel mais a permanente.

6 COMPARATIVO ENTRE AS VIGAS

Comparativo entre a viga metálica dimensionada e viga de concreto protendido dimensionada pelo Eng. Marcelo Macarini CREA52212-2, levando em consideração as mesmas dimensões, condições de uso e solicitações de carga.

Figura 19: Dados da viga de concreto protendido (Eng. Marcelo Macarini CREA52212-2)

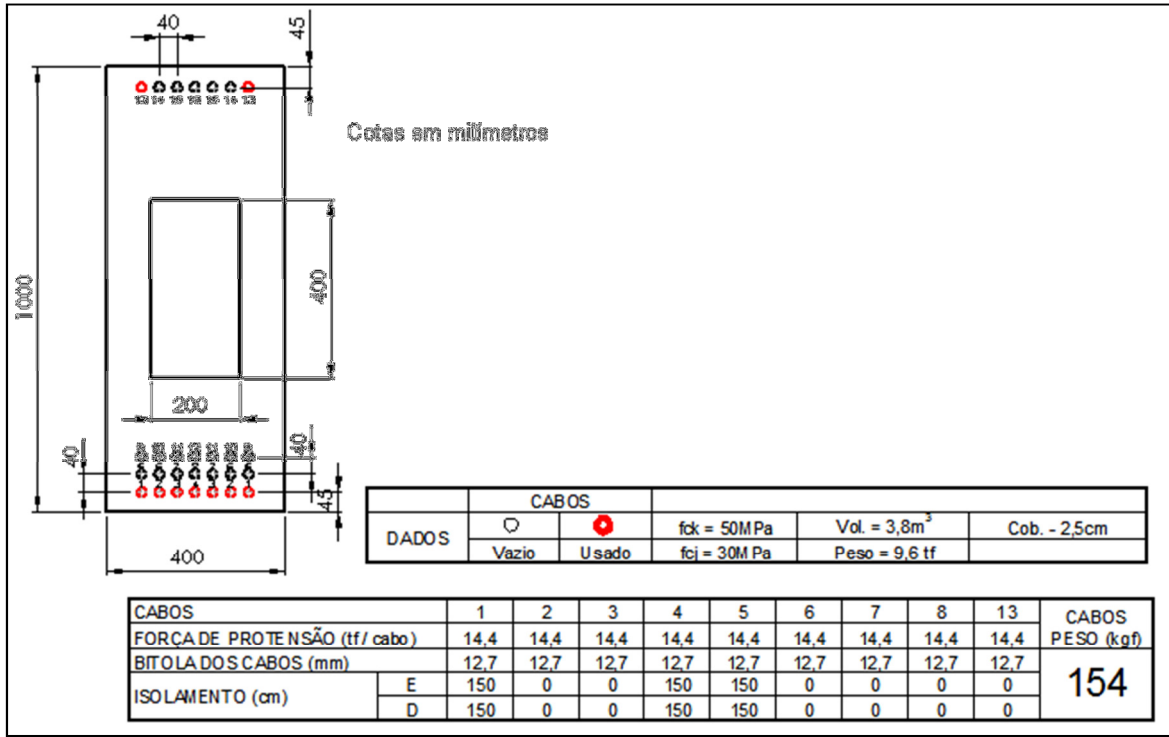


Tabela 2: Orçamentos realizados para as vigas

DESCRIÇÃO	VALOR (R\$)	Prazo de entrega	PESO (kg)
Vigas metálicas Orçamento empresa SSM Estruturas	14400	7dias	4,204.00
Vigas metálicas Orçamento empresa AM Montagens	14900	10dias	4,204.00
Vigas de concretoprotendido Orçamento empresa BPM Pré-Moldados	12800	30 dias	17,600.00
Vigas de concretoprotendido Orçamento empresa Protensul Pré-Fabricados	11400	30 dias	17,600.00

7 CONCLUSÃO

Após estudos, análises e dimensionamentos efetuados para realização deste trabalho, concluo que para esse projeto de ponte rodoviária vicinal classe-30 com vão de 12 metros a melhor opção é o uso de vigas metálicas, devido a diversos fatores.



- 1° - O custo financeiro: Mesmo com o valor das vigas metálicas sendo em torno de 27% maior que os das vigas em concreto protendido, no total global do projeto esse percentual se tornará aceitável, levando-se em consideração que para esse tipo de projeto, na grande maioria dos casos o prazo de entrega e a agilidade do projeto são extremamente relevantes.
- 2° - O prazo de entrega: Os orçamentos indicaram também que o prazo de entrega das vigas metálicas são 4 vezes menores que as de concreto protendido. Como comentado anteriormente, levando em consideração o fato de que essas obras de ponte rodoviária quase sempre encontrar complicadores no item prazo de entrega uma vez que em muitos casos são o único acesso a um determinado destino, esse é um fator muitas vezes decisivo e relevante na escolha de um projeto.
- 3° - Peso: Os dimensionamentos revelaram uma diferença considerável no fator peso. Para esse projeto aproximadamente 317% a mais para viga de concreto protendido. Como cada projeto tem suas particularidades e considerando as complicações e dificuldades encontradas na execução das fundações em leitos de rios em muitos casos essa diferença de peso pode significar um aumento considerável nas dimensões e nos valores das fundações.
- 4° - Altura da viga: Os dimensionamentos indicam para esse projeto uma diferença na altura da viga de concreto protendido em relação a metálica de 40 cm. Em alguns casos esse detalhe pode ser um complicador pois a altura do leito do rio em relação à cabeceira da ponte pode ter uma altura já consideravelmente baixa, e o tamanho maior da viga de concreto pode complicar ainda mais esse problema. Uma vez que fazer aterro acima do greide do pavimento significa aumentar o custo da obra.
- 5° - Possibilidade de ajustes posteriores: Em caso de qualquer tipo de contratempo futuro, onde por algum motivo essa ponte mude seu vão, seja para mais ou para menos se suas vigas tiverem sido executadas



com perfis metálicos, esse ajuste pode ser feito com facilidade, já no caso de vigas em concreto protendido isso não seria possível.

De uma forma geral considerando as várias possibilidades de cargas e vãos para pontes rodoviárias vicinais, e levando-se em consideração o fato de que o prazo de entrega é algo determinante nesses tipos de projeto, as vigas metálicas ainda mostram-se mais vantajosas se pensarmos em modulações pré-definidas a cada dois ou três metros, uma vez que, como os perfis são comerciais torna-se fácil manter um estoque adequado possibilitando um sistema de industrialização dessas vigas.

Levando em consideração mais uma vez o peso das vigas de concreto protendido, em casos de vão maiores que o proposto nesse projeto, para o lançamento das vigas na obra seria necessário o uso de guindastes maiores pois o peso elevado em relação as vigas metálicas impossibilitaria a montagem das mesmas com caminhão munk, o que elevaria consideravelmente os custos de montagem.

REFERÊNCIAS

AASHTO – Standard Specifications for Highway Bridges – Division I – Design. 17^a/02

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado – Procedimento.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6123**: Força devido ao vento em edificações – Procedimento.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7188**: Carga móvel em Ponte Rodoviária e Passarela de Pedestre – Procedimento.

BERNARDO, GLAUCO. **Pontes**. 3 ed. São Paulo: Grêmio Politécnico, 1980.

BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Manual de Construção de Obras-deArte Especial**. – 2ed. Rio de Janeiro, 1995. 206p.

LEONHARDT, Fritz. **Construções de concreto: Princípios básicos da construção de Pontes de Concreto**. Vol.6. Rio de Janeiro: EDITORA INTERCIENCIA LTDA, 1979. 241p.



MARTHA, L. F. ***Ftool: A Structural Analysis Educational Interactive Tool.***
Proceedings of Workshop in Multimedia Computer Techniques in Engineering
Education. Graz, Áustria: Institute for Structural Analysis, Technical University of
Graz, 1999, p. 51-65.

PFEIL, Walter. Estruturas de Aço. Rio de Janeiro, Livraria Nobel S.A., 1981.

PINHO, Fernando Ottoboni, BELLEI, Ildony Hélio. **Manual de Construção em Aço:
Pontes e Viadutos em Vigas Mistas.** Vol. ÚNICO. Rio de Janeiro: CBCA, 2007.
138p.

USIMINAS – O Aço na Construção – Pontes Rodoviárias Metálicas – Parte I e II