

VV



**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA – UniCEUB**  
**FACULDADE DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS –**  
**FATECS**  
**PROGRAMA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**

**LUCAS GONÇAVES MATOS**

**ANALISE DO USO DE VIGAS TRANSVERSINAS EM PONTES**  
**RODOVIÁRIAS DE CONCRETO ARMADO ATRAVÉS DA FERRAMENTA**  
**SAP 2000**

**BRASÍLIA-DF**  
**2016**



**LUCAS GONÇAVES MATOS**

**ANALISE DO USO DE VIGAS TRANSVERSINAS EM PONTES  
RODOVIÁRIAS DE CONCRETO ARMADO ATRAVÉS DA FERRAMENTA  
SAP 2000**

Relatório final de pesquisa de Iniciação Científica  
apresentado à Assessoria de Pós-Graduação e Pesquisa pela  
Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas –  
FATECS

Orientação: Rosanna Dutra

**BRASÍLIA-DF  
2016**

# **ANALISE DO USO DE VIGAS TRANSVERSINAS EM PONTES RODOVIÁRIAS DE CONCRETO ARMADO ATRAVÉS DA FERRAMENTA SAP 2000**

**Lucas Gonçalves Matos – UniCEUB, PIC INSTITUCIONAL**  
*lucas10matos@hotmail.com*

**Rosanna Duarte Fernanades Dutra – UniCEUB, Professor Orientador**  
*rosanna.dutra@uniceub.br*

## **Resumo**

O emprego de vigas transversinas em pontes de concreto armado demandam um relevante esforço para sua execução, pois geralmente são concretadas in loco. Nos últimos anos vem sendo prática cada vez mais usual a execução de tabuleiros de pontes em concreto armado sem a presença dessas vigas. Na etapa de projeto, deve-se levar em conta qual a vantagem de se utilizar tais vigas no que diz respeito à deformação da estrutura, no acréscimo de solicitações nas longarinas, na distribuição dos esforços no tabuleiro, na fase executiva e no custo final gerado. O objetivo deste presente trabalho é comparar, através de modelagem em software de elementos finitos, a distribuição de esforços e valores de deformações em uma ponte rodoviária de concreto armado ora com o emprego ora sem o emprego de vigas transversinas no travamento da estrutura. O modelo computacional através do software representou bem o comportamento da estrutura, pois mostrou o funcionamento conjunto de todas as partes da mesma, portanto em se tratando de verificação de projeto e/ou de estrutura existente, sua utilização parece ser indicada. Para as os esforços das vigas do projeto, resultou que a retirada da transversina central adquire importância menor na distribuição transversal da carga. Comparando as situações com e sem transversina, ficou demonstrado que em termos de carga na longarina, a existência da transversina, para o exemplo apresentado, teve um pouco mais de influência para os esforços cortantes, porém nada muito significativo. Sugere-se a continuação desse estudo, para uma melhor quantificação da influência da transversina nas tensões da laje.

*Palavra-Chave: Pontes; Transversinas; Software.*

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	7
2. MODELO DA PONTE .....	8
3. MODELAGEM COMPUTACIONAL : SAP2000 .....	9
4. DISTRIBUIÇÃO DO CARREGAMENTO DA PONTE .....	10
5. RESULTADOS .....	12
6. ANÁLIZE DOS RESULTADOS .....	21
7. CONCLUSÃO .....	22
8. REFERENCIAS .....	22

## FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Projeto da ponte, vista lateral .....	<b>8</b>
<b>Figura 2.</b> Seção transversal típica da ponte em estudo .....	<b>9</b>
<b>Figura 3.</b> Características geométricas do Modelo de Cálculo em perspectiva .....	<b>10</b>
<b>Figura 4.</b> Carregamento previsto para o veículo descrito.....	<b>11</b>
<b>Figura 5.</b> Diagrama de momentos fletores com uso das vigas transversinas e considerando somente o peso próprio e sobrecarga .....	<b>12</b>
<b>Figura 6.</b> Diagrama de esforços cortantes com uso das vigas transversinas e considerando somente o peso próprio e sobrecarga .....	<b>12</b>
<b>Figura 7.</b> Diagrama de esforço torçor com uso das vigas transversinas e considerando somente o peso próprio e sobrecarga .....	<b>13</b>
<b>Figura 8.</b> Diagrama de momento fletor com uso das vigas transversinas e considerando a carga móvel .....	<b>13</b>
<b>Figura 9.</b> Diagrama de esforço cortante com uso das vigas transversinas e considerando a carga móvel .....	<b>13</b>
<b>Figura 10.</b> Diagrama de esforço torçor com uso das vigas transversinas e considerando a carga móvel .....	<b>13</b>
<b>Figura 11.</b> Primeiro Modo de Vibração: Deslocamentos de verticais da estrutura .....	<b>14</b>
<b>Figura 12.</b> Segundo Modo de vibração: Deslocamentos de verticais da estrutura em sentidos opostos na laje .....	<b>15</b>
<b>Figura 13.</b> Terceiro modo de vibração: Deslocamentos verticais da estrutura .....	<b>15</b>
<b>Figura 14.</b> Quarto modo de vibração: Deslocamentos de verticais e horizontais da estrutura .....	<b>15</b>
<b>Figura 15.</b> Quinto modo de vibração: Deslocamentos de verticais e horizontais da estrutura .....	<b>15</b>
<b>Figura 16.</b> Diagrama de momentos fletores sem uso das vigas transversinas , considerando somente o peso próprio e sobrecarga.....	<b>16</b>
<b>Figura 17.</b> Diagrama de esforços cortantes sem uso das vigas transversinas , considerando somente o peso próprio e sobrecarga .....	<b>16</b>
<b>Figura 18.</b> Diagrama de esforços de torção sem uso das vigas transversinas , considerando somente o peso próprio e sobrecarga.....	<b>16</b>
<b>Figura 19.</b> Diagrama de momentos fletores sem uso das vigas transversinas , considerando somente a carga móvel .....	<b>17</b>
<b>Figura 20.</b> Diagrama de esforços cortantes sem uso das vigas transversinas , considerando somente a carga móvel.....	<b>17</b>
<b>Figura 21.</b> Diagrama de esforços de torção sem uso das vigas transversinas , considerando somente a carga móvel .....	<b>17</b>

<b>Figura 22.</b> Primeiro Modo de Vibração: Deslocamentos de verticais da estrutura .....	<b>18</b>
<b>Figura 23.</b> Segundo Modo de Vibração: Deslocamentos de verticais da estrutura em sentidos opostos na laje.....	<b>19</b>
<b>Figura 24.</b> Terceiro Modo de Vibração: Deslocamentos de verticais da estrutura. ....	<b>19</b>
<b>Figura 25.</b> Quarto Modo de Vibração: Deslocamentos de verticais e horizontais da estrutura.....	<b>20</b>
<b>Figura 26.</b> Quinto Modo de Vibração: Deslocamentos de verticais e horizontais da estrutura .....	<b>20</b>

## TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Frequências naturais ,ponte com transversina .....	<b>14</b>
<b>Tabela 2 –</b> Frequências naturais, ponte sem transversina .....	<b>18</b>
<b>Tabela 3 -</b> Relaciona a estrutura constituinte transversinas, levando em consideração momento fletor, esforço cortante e esforço torçor, para o carregamento do peso próprio e a sobrecarga permanente. ....	<b>21</b>
<b>Tabela 4 -</b> relaciona a estrutura constituinte transversinas, levando em consideração momento fletor, esforço cortante e esforço torçor, para o carregamento da carga móvel .....	<b>21</b>
<b>Tabela 5 -</b> A tabela abaixo relaciona os valores de frequência em Hz da estrutura com viga transversina e sem viga transversina. ....	<b>21</b>

## 1. INTRODUÇÃO

As transversinas são elementos estruturais que compõem a superestrutura de pontes e viadutos. Sua principal função é elevar a rigidez transversal do tabuleiro e, desta forma, melhorar a distribuição das cargas móveis pelas vigas principais. Geralmente essas transversinas são concretadas no local e demandam um grande esforço para sua execução, uma vez que para a sua realização é necessária a instalação de formas e de armaduras em pequenos intervalos entre as longarinas, trazendo como consequência o aumento do consumo de materiais (aço, concreto e formas) e de mão-de-obra.

Em decorrência desses fatores, nos dias atuais, a utilização de vigas transversinas varia cada vez mais de projetista para projetista. Alguns afirmam que o uso destas vigas diminuem os valores das deformações na ponte, porém há quem ateste o contrário.

Visando maior simplicidade construtiva e conseqüente redução de custos, há uma tendência crescente na supressão das transversinas internas. Essa simplificação, entretanto, quando ocorrem transversinas intermediárias, não permite que se tire proveito da ação combinada das transversinas e da laje do tabuleiro na distribuição transversal da carga móvel, além de reduzir a rigidez da estrutura e, portanto, torná-la mais deformável. Estudos realizados por ALMEIDA e MACHADO (1996) verificaram a influência das transversinas em tabuleiros de pontes em vigas múltiplas com seção transversal composta por oito vigas pré-fabricadas ligadas pela laje, concluindo que os momentos fletores nas vigas não apresentaram variações significativas em função da adoção de uma, duas ou nenhuma transversina intermediária, entretanto, verificou-se que reduzindo o número de vigas na seção transversal e, conseqüentemente, aumentando o espaçamento entre vigas, houve um acréscimo de momentos fletores nos painéis de laje, principalmente no caso onde não havia transversinas.

LIMA, JUDICE e PERLINGEIRO (2007) analisaram duas estruturas biapoiadas e observaram que a ausência de transversina central não conduziu à alteração dos esforços normal e de flexão nas longarinas, bem como nos esforços de membrana na laje. Por outro lado, os esforços de flexão na laje foram alterados substancialmente.

JUDICE, LIMA e Perlingeiro (2008) realizou uma análise com a utilização de modelo tridimensional em elementos finitos, utilizando dois métodos para realizar a distribuição transversal do carregamento, aplicando-se um carregamento distribuído unitário diretamente ao longo dos balanços e das longarinas e outro aplicando uma carga concentrada unitária sobre a laje, nas seções dos décimos de vão, sobre os balanços e longarinas. Observou-se que as áreas dos gráficos quase se compensam, para as situações com e sem transversina, demonstrando que em termos de carga na longarina, a existência da transversina, para o exemplo apresentado, tem pouca influência.

Araújo et al (2005) propuseram uma comparação entre os valores de momentos fletores a serem utilizados em projetos de pontes rodoviárias com longarinas protendidas pré-moldadas obtidos com e sem o uso de transversina intermediária. Os modelos de análise estudados foram o modelo de grelha e o modelo de elementos finitos sólidos. O objetivo principal foi verificar a influência desses elementos nos valores dos momentos nas longarinas. Através dos resultados obtidos, foi observado que com o uso do modelo de grelha descrito, a presença da transversina intermediária reduz os esforços tanto na longarina extrema quanto na longarina central. O mesmo não ocorre com o modelo sólido, no qual se observa que a redução do momento na viga externa é acompanhada por aumento desse esforço na viga central. Devido a isso, acredita-se que o modelo de grelha

não permite simular adequadamente a real influência da transversina interna na distribuição de momentos fletores entre as longarinas.

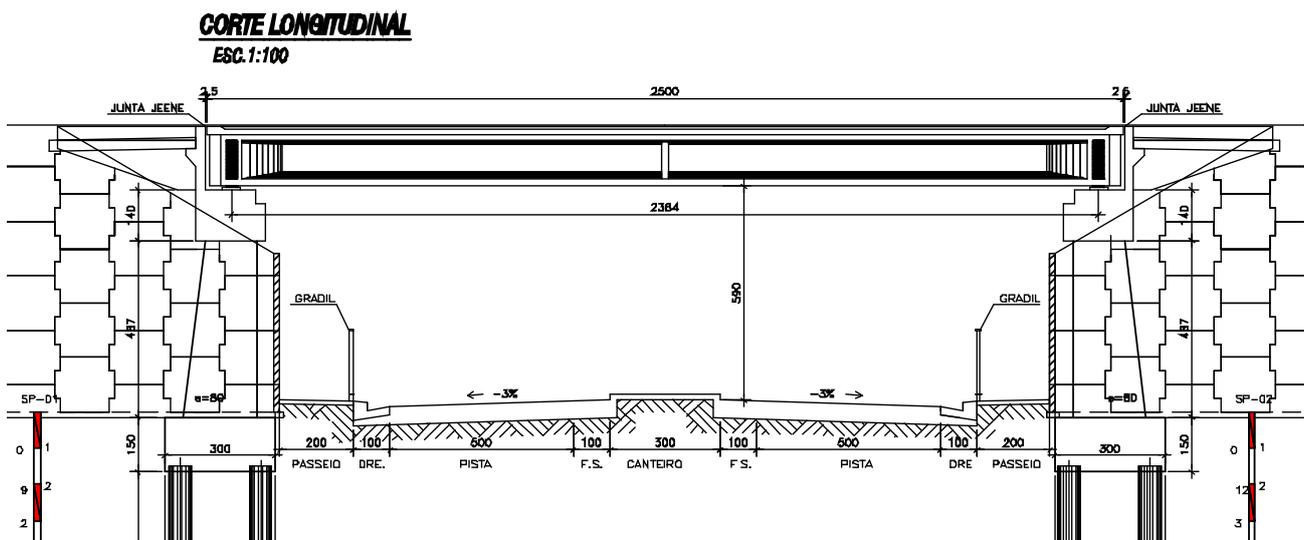
Alves (2010) propôs uma avaliação da distribuição transversal de cargas em tabuleiros de pontes em vigas múltiplas, com e sem transversinas internas. O programa utilizado foi o STRAP. Apesar dos estudos terem mostrado que a inserção da transversina interna proporciona uma melhor distribuição transversal das cargas próximo a sua localização, foi possível constatar que essas distribuições transversais de esforços para as situações de tabuleiro com e sem transversina interna tiveram pouca influência em termos de carga nas vigas principais.

## 2. MODELO DA PONTE

O viaduto de 40,0 m de comprimento, composto de 25,0 m entre apoios e 2x5,50 m de balanços, e 23,40 m de largura. A estrutura, cujo vão típico está representado na figura 1, foi dimensionada para a ação do trem-tipo classe 450 kN, conforme item 3.5 da NBR 7188/84. Todo o estudo referente ao material concreto armado seguiu as prescrições da norma brasileira NBR 6118:2014 (Projeto de estruturas de concreto – Procedimento).

A superestrutura possui vigas com comprimento de 25,0 m divididos em dois balanços de 5,50 m e um vão central de 29,0 m (distância entre centro de neoprene de apoio – restrições de apoio). O tabuleiro (considerado simétrico) é constituído de:

- 9 longarinas (representadas por elementos de barra);
- Elementos finitos que dividem as 9 longarinas.
- Transversinas nos apoios e no vão (representadas por elementos de barra);
- Largura do tabuleiro (laje) é de 23,40 m.



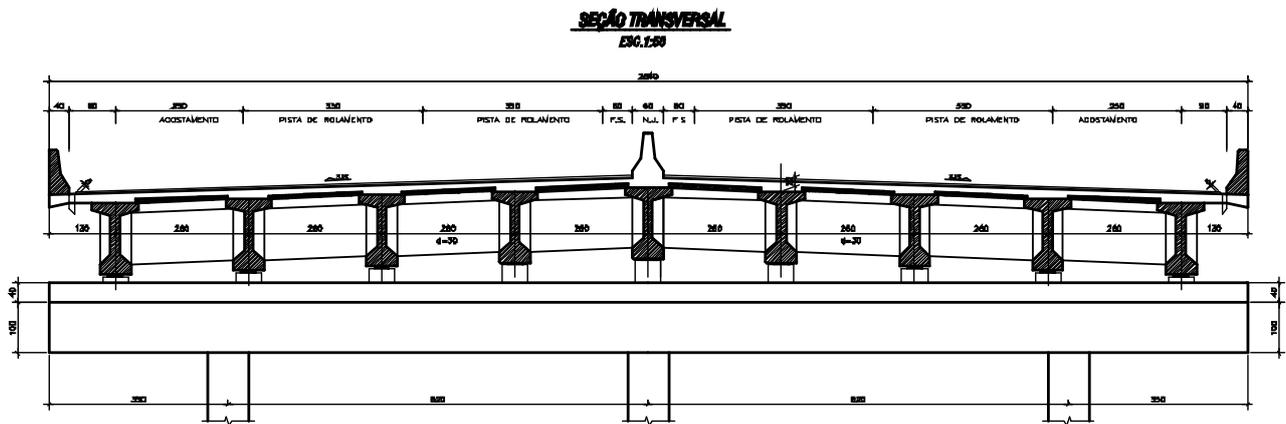


Figura 2 – Seção transversal típica da ponte em estudo.

### 3. MODELAGEM COMPUTACIONAL : SAP2000

Structural Analysis Program (S.A.P.) pertence à família de softwares para estruturas mais usada no mundo para Análise Estrutural. Por meio dele pode-se analisar e projetar uma estrutura desejada utilizando uma interface gráfica de fácil aplicação.

O programa utiliza para seus cálculos o processo de subdivisão da estrutura por elementos finitos, ou seja, ele discretiza a estrutura em pequenas regiões (pontos) onde se efetuam os cálculos. A precisão dos resultados varia de acordo com o número de elementos finitos que a estrutura é discretizada, ou seja, quanto maior o número de discretizações, maior será o resultado, sendo que o programa possibilita essa manipulação.

Para efeito da análise, foi adotado para o concreto as seguintes características físicas: fck de 25Mpa para superestrutura, meso e infra; fck de 20 Mpa para a laje de transição; módulo de elasticidade igual a 30,1 GPa e coeficiente de Poisson igual a 0,2; aço comum CA-50.

A figura ilustra esquematicamente o modelo 3D utilizado.

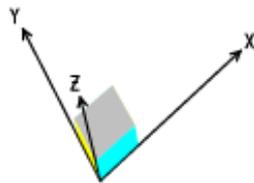
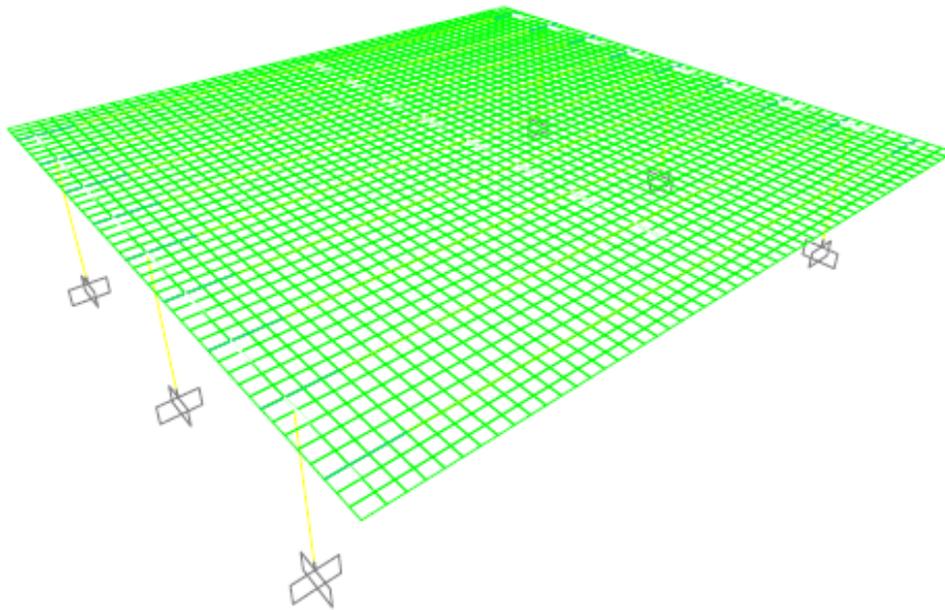


Figura 3 – Características geométricas do Modelo de Cálculo em perspectiva

O modelo 3D representa melhor o comportamento da estrutura ao simular o funcionamento do conjunto laje, longarinas e transversinas, levando em conta a excentricidade existente entre os elementos estruturais. A modelagem da laje como elemento de casca e seu funcionamento como mesa de compressão originam esforços de membrana na direção longitudinal do tabuleiro, ou seja, esforços normais distribuídos ao longo da largura da laje. Nas longarinas, modeladas como elementos de barra, além dos momentos fletores surgem esforços normais.

## 4. DISTRIBUIÇÃO DO CARREGAMENTO DA PONTE

### 4.1. Carregamentos Verticais

**4.1.1. Peso Próprio:** para o peso próprio dos elementos constituintes da estrutura da ponte, tais como vigas longarinas, vigas transversinas e tabuleiro, foi adotado peso específico do concreto armado igual a 25,00 kN/m<sup>3</sup>. Definimos como carregamento permanente as seguintes cargas:

- Vigas + lajes + transversinas + cortinas e alas = g1
- Laje de Transição = g2
- Barreiras e pavimento = g3

**4.1.2. Pavimentação:** Foi adotado carregamento devido à pavimentação igual a 2,00 kN/m<sup>2</sup>, de acordo com a norma brasileira NBR 7187:2003 (Projeto de pontes de concreto armado e de concreto protendido – Procedimento). O carregamento foi lançado em todo o tabuleiro da ponte.

**4.1.3. Guarda-rodas:** A carga devido aos guarda-rodas da ponte foi considerada igual a 5,00 kN/m<sup>2</sup> e lançada nas posições ocupadas por eles.

**4.1.4. Carga Móvel:** O trem-tipo utilizado foi o TB 45. Este foi adotado seguindo as prescrições da norma brasileira NBR 7188:1984 (Carga móvel em ponte rodoviária e passarela de pedestre). O valor 45 é referente ao peso total do veículo padrão utilizado e é equivalente a 450,00 kN. Em cada roda é aplicada uma força de 75,00 kN. Feitas as seguintes considerações de cálculo:

- Coeficiente de impacto (consideraremos, a favor da segurança,  $I = 2 \times I_b$ ):

$$\varphi = 1,4 - 0,007 \times (2 \times 5,5) = 1,323$$

- Multidão (q):  $q = 0,5 \times 1,323 = 0,6615 \text{ tf/m}^2$

- Veículo :  $Q = \frac{45}{6} \times 1,323 = 9,92 \text{ tf/roda}$

- Considera-se esta carga da roda distribuída até o eixo da laje.
- Dimensões da roda 20 x 50 cm.
- Pavimento + metade da espessura da laje = 25 cm
- Área de distribuição de  $20 + 2 \times 25 = 70 \text{ cm}$  e  $50 + 2 \times 25 = 100 \text{ cm}$
- Carga da roda c/ impacto =  $9,92 / (0,70 \times 1,00) = 14,17 \text{ tf/m}^2$
- Além da carga acima descrita foi prevista uma carga uniformemente distribuída na projeção do veículo de  $+0,6615 \text{ tf/m}^2$ . Este carregamento teve sinal positivo (contrário ao da multidão). A figura a seguir apresenta o carregamento previsto para o veículo anteriormente descrito.

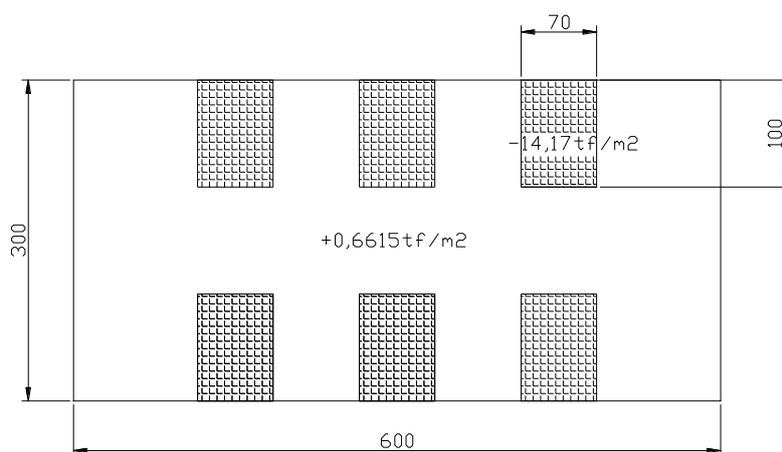


Figura 4 - Carregamento previsto para o veículo descrito

**4.1.5. Vento:** O cálculo da carga devido à ação do vento foi obtido de acordo com a norma brasileira NBR 6123:1988 (Forças devidas ao vento em edificações).

**4.1.6. Sobrecarga de Multidão:** A sobrecarga de multidão adotada foi 5,00 kN/m<sup>2</sup> de acordo com a norma brasileira NBR 7188:1984 (Carga móvel em ponte rodoviária e passarela de pedestre).

**4.1.6. Frenagem:** O valor da carga devido à frenagem foi considerado igual a 30% do valor do peso do trem-tipo adotado, de acordo com a norma brasileira NBR 7187:2003 (Projeto de pontes de concreto armado e de concreto protendido – Procedimento). Como o trem-tipo adotado foi o TB 45, a força de frenagem adotada foi igual a 135,00 kN e aplicada na direção longitudinal à ponte.

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Resultado dos esforços da estrutura com transversina

Abaixo a seção analisada para retirada dos valores de esforços de uma das vigas principais, a primeira viga observada na planta da figura 2.

#### 5.1.1. Diagramas considerando peso próprio e sobrecarga permanente

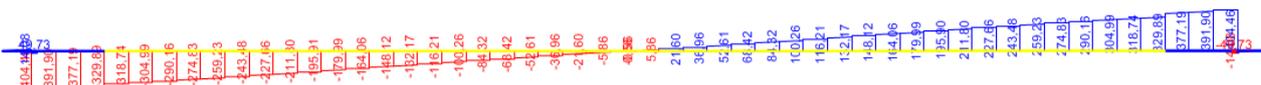
Os momentos fletores, os esforços cortantes e torçores, encontrados para o modelo com transversinas, considerando o peso próprio juntamente com a sobrecarga permanente da estrutura, estão esquematizados nos diagramas abaixo.

#### MOMENTOS FLETORES



Figura 5 - Diagrama de momentos fletores com uso das vigas transversinas e considerando somente o peso próprio e sobrecarga

#### ESFORÇOS CORTANTES



## ESFORÇOS DE TORÇÃO

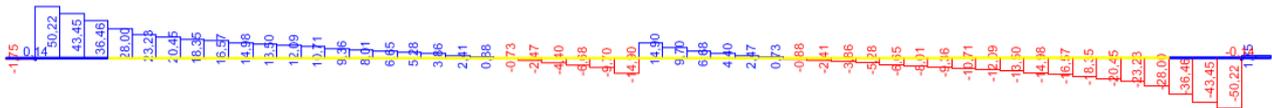


Figura 7 - Diagrama de esforço torçor com uso das vigas transversinas e considerando somente o peso próprio e sobrecarga

O momento maior identificado foi de 2331,58 KN.m, o maior esforço cortante foi de 404 kN e o maior esforço torçor foi de 50,22 KN.m

### 5.1.2. Diagramas considerando a carga móvel

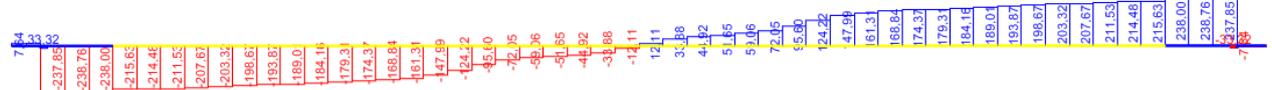
Os momentos fletores, os esforços cortantes e torções encontrados para o modelo com transversinas considerando a carga móvel da estrutura estão listados abaixo:

## MOMENTOS FLETORES



Figura 8 - Diagrama de momento fletor com uso das vigas transversinas e considerando a carga móvel

## ESFORÇOS CORTANTES



### 5.1.3. Análise dinâmica do Carregamento da ponte com transversinas

As análises dinâmicas foram realizadas com base num modelo numérico de elementos finitos, tridimensional, desenvolvido no *software* SAP 2000 V.15. O modelo dinâmico da ponte foi baseado em parâmetros modais, de frequência de vibração, obtidos por meio da análise modal no SAP. As condições verificadas foram: modos de vibração para flexão vertical e torção e frequências naturais dos elementos:

Com a análise, os cinco primeiros modos de vibração obtidos foram os seguintes:

MODO	Frequências (Hz)
1	3,20914
2	3,37109
3	4,20523
4	4,69027
5	5,9675

Tabela 2. Frequências naturais ,ponte com transversina.

Abaixo se encontram as figuras com as deformação geradas pelos respectivos modos de vibração. Observando que a parte na cor cinza corresponde a estrutura original.

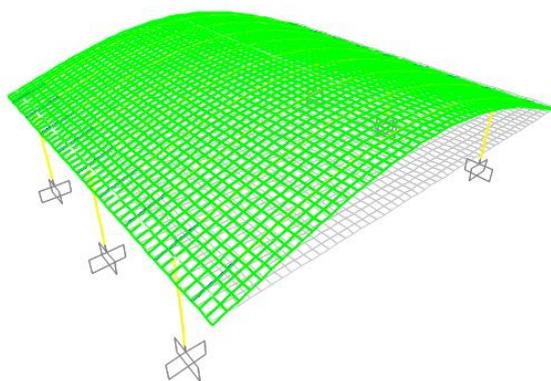


Figura 11 - Primeiro Modo de Vibração: Deslocamentos de verticais da estrutura.

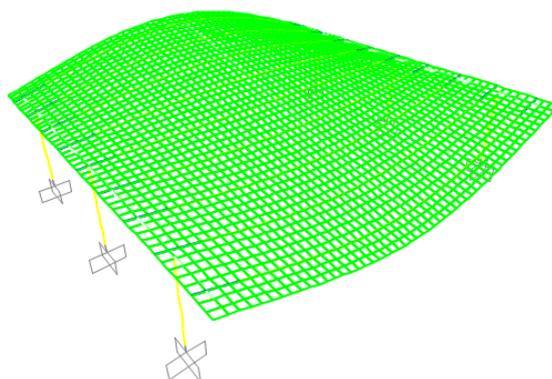


Figura 12 - Segundo Modo de Vibração: Deslocamentos verticais da estrutura em sentidos opostos na laje.

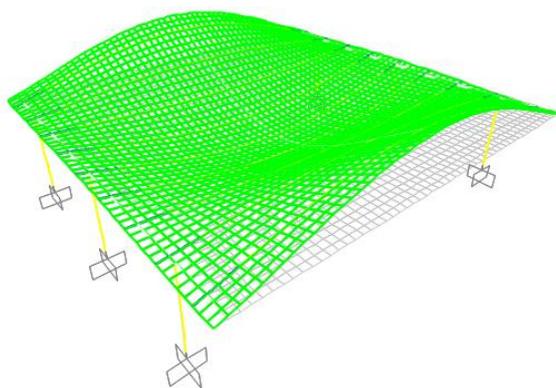


Figura 13 - Terceiro Modo de Vibração: Deslocamentos de verticais da estrutura.

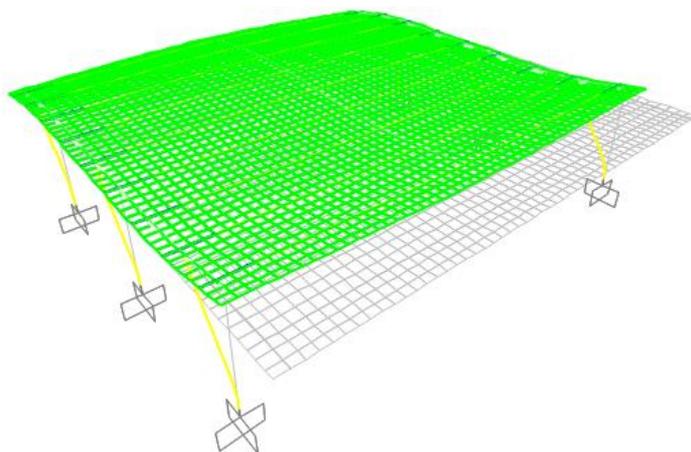


Figura 14 - Quarto Modo de Vibração: Deslocamentos de verticais e horizontais da estrutura.

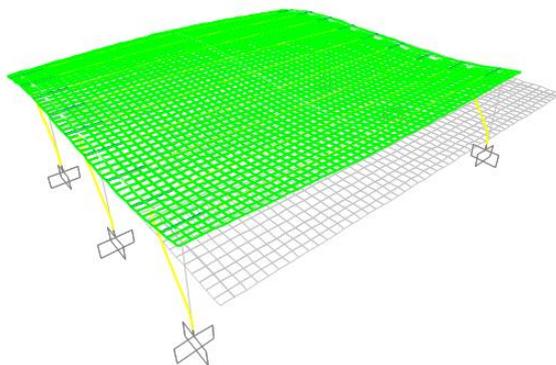


Figura 15 - Quinto Modo de Vibração: Deslocamentos de verticais e horizontais da estrutura.

## 5.2. Resultados dos esforços sem transversina

Abaixo contém a seção analisada para retirada dos valores de esforços de uma das vigas principais com a retirada de todas as transversinas da ponte, considerando a primeira viga observada na planta da figura 2.

### 5.2.1. Diagramas considerando peso próprio e sobrecarga permanente

Os momentos fletores, os esforços cortantes e torções encontrados para o modelo com transversinas considerando o peso próprio juntamente com a sobrecarga permanente da estrutura estão listados abaixo:

#### MOMENTOS FLETORES



Figura 16 - Diagrama de momentos fletores sem uso das vigas transversinas, considerando somente o peso próprio e sobrecarga.

#### ESFORÇOS CORTANTES

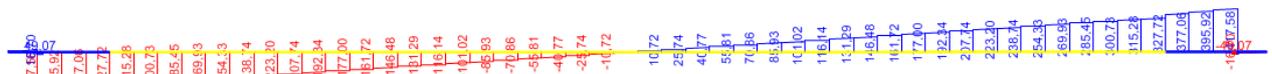
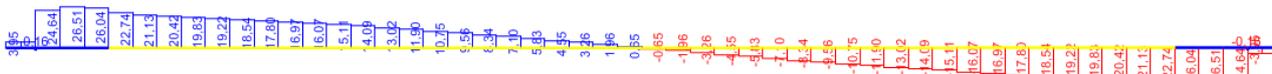
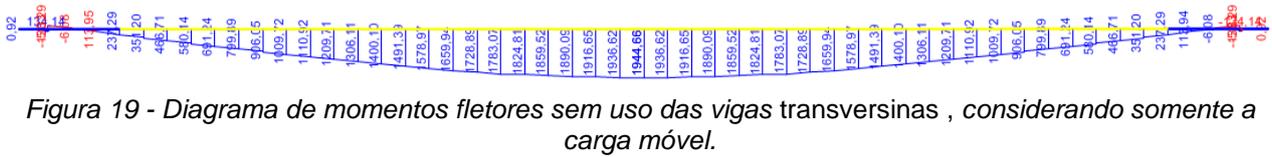


Figura 17 - Diagrama de esforços cortantes sem uso das vigas transversinas, considerando somente o peso próprio e sobrecarga.

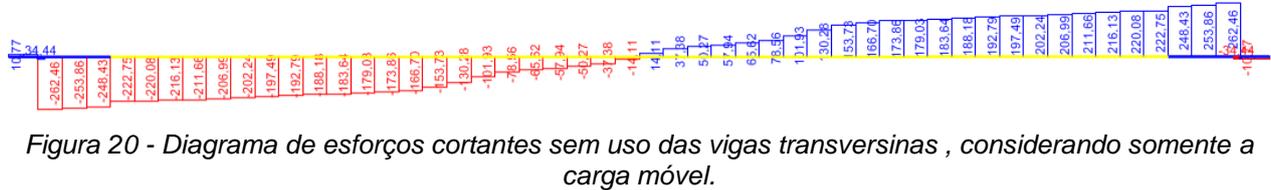
#### ESFORÇOS DE TORÇÃO



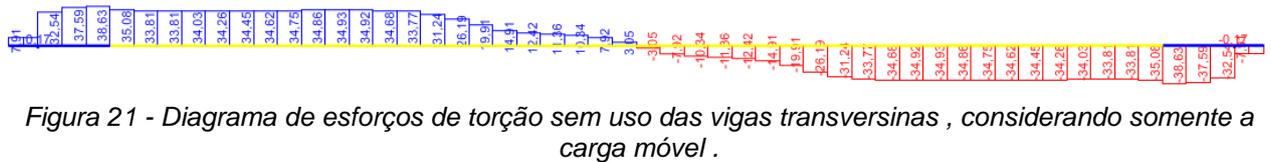
## MOMENTOS FLETORES



## ESFORÇOS CORTANTES



## ESFORÇOS DE TORÇÃO



O momento maior identificado foi de 1944,66 kN.m, sendo o anterior de 1858,99 KN.m. O maior esforço cortante foi de 262,46 kN, sendo o anterior de 237,85KN e o maior esforço torçor foi de 37,59 kN.m, sendo o anterior foi de 56,70 kN.m. Observou-se o aumento dos esforços de momento e de cortante com a retirada das vigas transversinas da ponte.

### 5.2.3. Análise dinâmica do carregamento da ponte sem transversina

As análises dinâmicas foram realizadas com base num modelo numérico de elementos finitos, tridimensional, desenvolvido no *software* SAP 2000 V.15. O modelo dinâmico da ponte foi baseado em parâmetros modais, de frequência de vibração e configurações modais, obtidos por meio da análise modal no SAP. As condições verificadas foram: modos de vibração para flexão vertical; torção; frequências naturais dos elementos. Com a análise modal, os seis primeiros modos de vibração obtidos foram os seguintes:

MODO	Frequências (Hz)
1	3,29136
2	3,40703
3	3,88612
4	4,77436
5	5,10627

Tabela 2 – Frequências naturais, ponte sem transversina

Abaixo as figuras mostram as deformação geradas pelos respectivos modos de vibração. Observando que a parte na cor cinza corresponde a estrutura original.

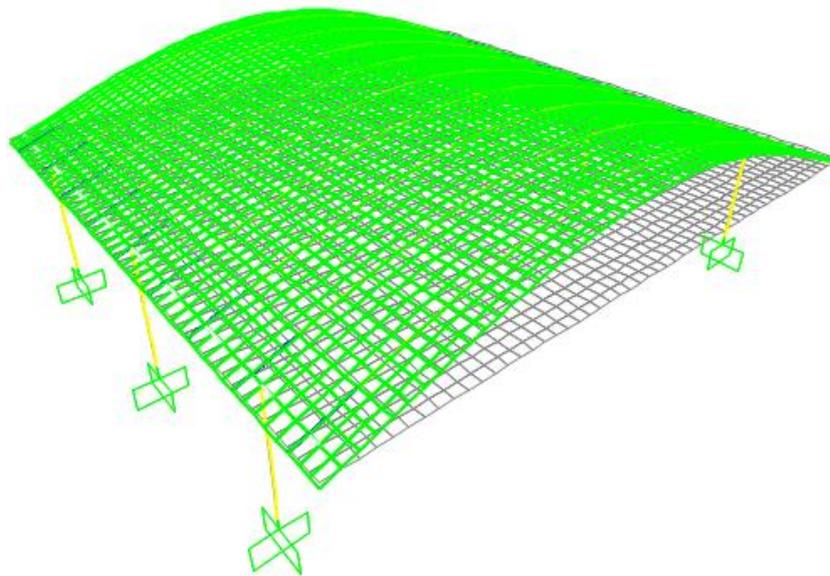


Figura 22 - Primeiro Modo de Vibração: Deslocamentos de verticais da estrutura.

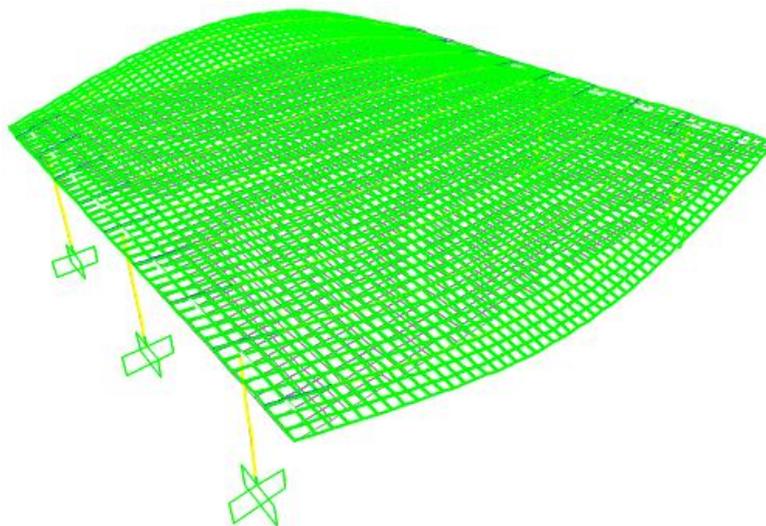


Figura 23 - Segundo Modo de Vibração: Deslocamentos de verticais da estrutura em sentidos opostos na laje.

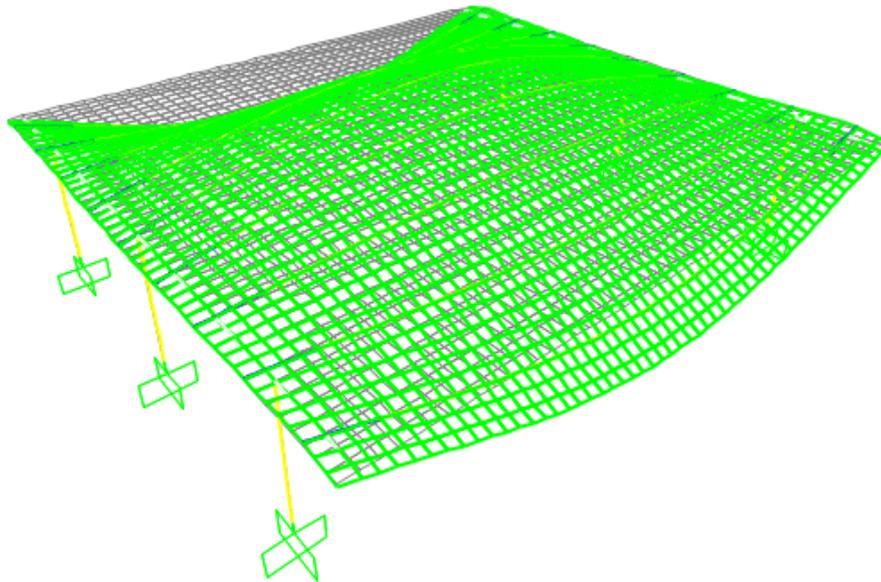


Figura 24 - Terceiro Modo de Vibração: Deslocamentos de verticais da estrutura.

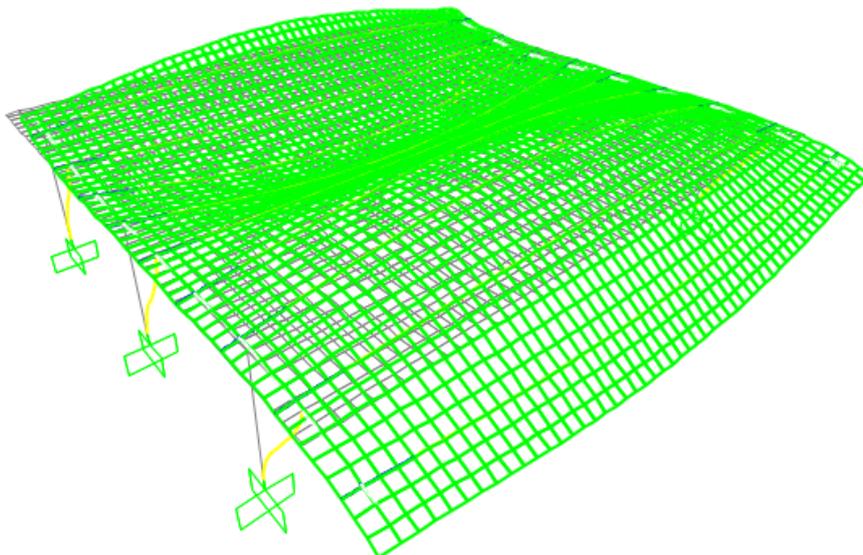


Figura 25 - Quarto Modo de Vibração: Deslocamentos de verticais e horizontais da estrutura.

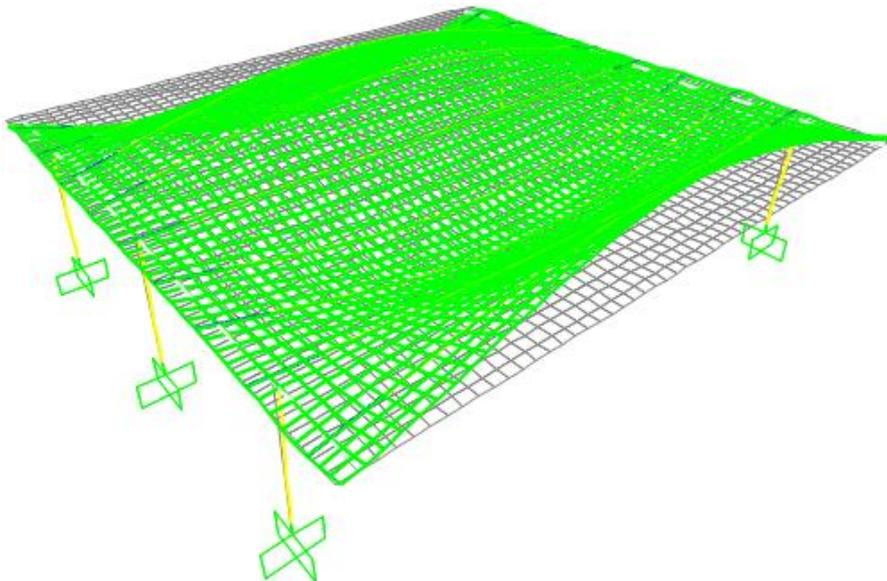


Figura - 26 Quinto Modo de Vibração: Deslocamentos de verticais e horizontais da estrutura

## 6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

	Ponte com transversina	Ponte sem transversina
Momentos fletores (KN.m)	2331,58	2327,75
Esforços cortantes (KN)	404	417
Esforço de torção (KN.m)	50,22	26,51

Tabela 3 - Relaciona a estrutura constituinte transversinas, levando em consideração momento fletor, esforço cortante e esforço torçor, para o carregamento do peso próprio e a sobrecarga permanente.

	Ponte com transversina	Ponte sem transversina
Momentos fletores (KN.m)	1858,99	1944,66
Esforços cortantes (KN)	237,85	262,46
Esforço de torção (KN.m)	56,7	37,59

Tabela 4 - relaciona a estrutura constituinte transversinas, levando em consideração momento fletor, esforço cortante e esforço torçor, para o carregamento da carga móvel.

MODO	Frequências (Hz)	
	com transversinas	sem transversinas
1	3,20914	3,29136
2	3,37109	3,40703
3	4,20523	3,88612
4	4,69027	4,77436
5	5,9675	5,10627

Tabela 5 - A tabela abaixo relaciona os valores de frequência em Hz da estrutura com viga transversina e sem viga transversina.

Comparando-se os modelos com e sem transversinas, as tabelas mostram que os momentos maiores que o modelo 3D para as vigas externa, apresentaram-se no modelo com as transversinas. Isto se explica pelo fato de que a laje funciona conjuntamente (transversal e longitudinalmente) com as longarinas e que a contribuição da laje não se faz mecanicamente, contemplando o funcionamento conjunto laje-longarina, permitindo uma distribuição transversal mais uniforme da carga pelas vigas. Na ausência da transversina, essa distribuição dar-se-á exclusivamente à custa do trabalho da laje, justificando a expectativa do aumento de seus esforços de flexão quando comparados com a situação de tabuleiros com transversina.

De forma semelhante os esforços cortantes se apresentaram com uma pequena diferença de valores quando houve a retirada da transversina da ponte, mostrando que as

distribuições transversais dos esforços de cisalhamento também não foram significativamente afetados quando as vigas transversais foram retiradas, mantendo a possibilidade de terem absorvidos pela laje como observado para esforços de flexão.

Também dos modos de vibração da estrutura não foram significativamente afetados para retiradas das vigas transversais representando uma pequena queda nos valores das frequências evidenciando talvez a influência da laje em absorver os esforços finais.

## **7. CONCLUSÕES**

O modelo computacional através do software representou bem o comportamento da estrutura, pois mostrou o funcionamento conjunto de todas as partes da mesma, portanto em se tratando de verificação de projeto e/ou de estrutura existente, parece melhor indicada. Para os esforços das vigas do projeto, resultou que a retirada da transversina central adquire importância menor na distribuição transversal da carga.

Comparando as situações, com e sem transversina, demonstrou-se que em termos de carga na longarina, a existência da transversina, para o exemplo apresentado, teve um pouco mais de influência para os esforços de momentos e cortantes, porém nada muito significativo. Sugere-se a continuação desse estudo, para uma melhor quantificação da influência da transversina nas tensões da laje.

## **8. REFERÊNCIAS**

- ABNT NBR 8681:2003 Ações e segurança nas estruturas – Procedimento. Rio de Janeiro, 2003
- ABNT NBR 7188:1984 Carga móvel em ponte rodoviária e passarela de pedestre. Rio de Janeiro, 1984.
- ABNT NBR 6123:1988 Forças devido ao vento em edificações. Rio de Janeiro, 1988.
- ABNT NBR 6118:2014 Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.
- ABNT NBR 7187:2003. Projeto e execução de pontes de concreto armado e protendido. Rio de Janeiro, 2003.
- ALMEIDA, S. M. F., MACHADO, A. C. M., “Influência das Transversinas nos Tabuleiros de Pontes em Vigas Múltiplas”, **2º Seminário Fluminense de Engenharia da Universidade Federal Fluminense**, UFF, Niterói, RJ, 1996.
- ALVES, M. S. Avaliação da distribuição transversal de cargas em tabuleiros de pontes em vigas múltiplas, com e sem transversinas internas. Salvador, 2010. 78 p.
- ARAUJO, M. C. et al. Distribuição transversal de cargas em ponte de concreto protendido pré-moldada
- COOK, R. D., **Finite Element Modeling for Stress Analysis**, John Willey & Sons, 1995.
- JUDICE, F.M.S. et al. Avaliação da distribuição transversal de cargas em tabuleiros de pontes sem transversinas internas. 50º Congresso Brasileiro de Concreto. 16 p. Salvador, 2008.
- MOURA, J.R.B. Estruturas de concreto protendido: aplicando a sistemas estruturais de edificações com uso de cordoalhas engraxadas. Fortaleza, 2010. 151 p.
- OLIVEIRA, G. E. P. Dimensionamento da superestrutura de uma ponte de concreto armado. Blumenau, 2010. 123 p.
- PFEIL, WALTER. Pontes em concreto armado: elementos de projeto, solicitações, superestrutura. 4 ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1990. 225 p.
- PFEIL, WALTER. Concreto protendido: processos construtivos e perdas de protensão. 2 ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1983. 325 p.
- SOUZA LIMA, S.; JUDICE, F.M.; REIS, F. J. C. Análise de Comportamento e de Esforços devidos à Carga Móvel de um Viaduto Real com a Presença ou Não de Transversina Central. Engenharia Estudo e Pesquisa, volume 8, número 2, 2006.
- SOUZA LIMA, S.; JUDICE, F.M.; PERLINGEIRO, M.S.P.L. Análise de Comportamento e de Esforços Devidos à Carga Móvel em Tabuleiros sem Transversinas Internas. II Congresso de Pontes e Estruturas. Rio de Janeiro, 2007.