

FACULDADE DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS – FATECS
CURSO: ENGENHARIA CIVIL

JANAÍNA ALMEIDA BACELAR GAMA
MATRÍCULA: 2115992/3

PONTES DE CONCRETO ARMADO

Brasília
2014

JANAÍNA ALMEIDA BACELAR GAMA

PONTES DE CONCRETO ARMADO

Trabalho de Conclusão Curso (TCC)
apresentado como um dos requisitos para
a conclusão do curso de Engenharia Civil
do UniCEUB - Centro Universitário de
Brasília

Orientador: Eng.^o Civil Henrique de Paula
Faria, M.Sc.

**Brasília
2014**

JANAÍNA ALMEIDA BACELAR GAMA

PONTES DE CONCRETO ARMADO

Trabalho de Conclusão Curso (TCC)
apresentado como um dos requisitos
para a conclusão do curso de
Engenharia Civil do UniCEUB -
Centro Universitário de Brasília

Orientador: Eng.º Civil Henrique de
Paula Faria, M.Sc.

Brasília, 02 de Dezembro de 2014.

Banca Examinadora

Eng.º Civil: Henrique de Paula Faria, M.Sc.
Orientador

Eng.^a Civil: Rosana Duarte Fernandes Dutra.
Examinadora Interna

Eng.º Civil: Edimarques Pereira Magalhães.
Examinador Externo, DNIT

Agradecimentos*

À Deus, sempre em primeiro lugar, criador de todas as coisas e que nos deu a oportunidade e o dom da vida.

Ao professor Henrique pelos meses de paciência e dedicação. As aulas em que ele iluminava o meu caminho esclarecendo minhas ideias e tirando todas as dúvidas, mostrando que aqueles obstáculos poderiam sim ser facilmente transpassados.

A minha mãe, meu maior exemplo de força e fé, que me mostrou que mesmo no momento mais difícil de nossas vidas a nossa união e amor iriam fazer a diferença para nos tornar mais fortes e dignos das promessas de Cristo.

Ao meu PAI! Meu exemplo, meu herói, meu eterno professor e melhor amigo. A ele que me ensinou e me mostrou a profissão mais encantadora e gratificante, por mais trabalhosa que fosse. Me mostrou os encantos, os desafios e que me deu o primeiro apoio quando eu decidi traçar esse longo caminho para me tornar uma engenheira.

Meu irmão que em todas as nossas diferenças me mostra o quanto somos parecidos. Me ensina a dar valor a cada detalhe e a respeitar aquilo que já conquistamos. Me faz levantar todos os dias e me tornar uma pessoa cada vez melhor.

A minha família, que sempre esteve presente me incentivando, ajudando e me levantando quando fosse preciso.

Ao meu querido Tio Pedro, que diante da perda do meu pai, fez questão de se tornar presente em cada passo dado por mim, me acompanhando como um anjo da guarda, me mostrando os bons e maus caminhos a se seguir.

As minhas queridas amigas, que mesmo nas noites de estudo me apoiaram e me deram todo o incentivo e energia para terminar mais uma etapa em minha vida. Sem vocês eu não seria nada.

Aos meus antigos companheiros de classe da saudosa UnB, que mesmo quando eu decidi mudar de curso não me abandonaram e hoje fazem questão de estarem cada dia mais presentes no meu dia a dia.

Ao meu querido grupo, aos meus queridos meninos do UniCEUB (Luiz Philippe Arena, Pablo Magalhães, Gabriel Cardoso, Felipe Maranhão, William Santiago, Noel Hatem, Klaus Frantz, Darley). Por todos os momentos que passamos juntos, por todas as noites que passamos em claro, seja estudando ou brigando mesmo. Por trabalhos

feitos de qualquer jeito ou por aquele estresse acumulado nas provas no final do semestre. Chega de estudo e que venham as obras!

A todos que estiverem presente em cada minutinho desses últimos 4 anos e me ajudaram a alcançar esse objetivo tão almejado e sacrificado desejo a todos vocês todo o sucesso do mundo e que Deus os abençoe.

À vocês o meu MUITO OBRIGADO!

RESUMO

Um dos grandes desafios do homem é chegar aonde ninguém jamais chegou, ligando destinos diferentes não importando os obstáculos a serem transpostos, como rio, mares ou até mesmo os mais profundos vales. Porém as estruturas para se ultrapassar esses desafios devem ser muito bem projetadas garantindo a segurança não só daqueles que utilizam essas obras mas também daqueles que possam viver perto delas. As obras de pontes rodoviárias estão presentes no mundo desde os tempos antigos, desde a época da ascensão de Roma na conquista de novos territórios quanto nos dias atuais buscando diminuir a distância entre países e até mesmo continentes. Neste trabalho de conclusão de curso buscamos identificar os esforços aplicados a esse tipo de obra e o cálculo para a sua construção com um correto dimensionamento e total segurança. Seguindo as normas padronizadas pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) para obras rodoviárias e a utilização de softwares para uma maior precisão dos esforços obtidos, a partir das cargas aplicadas a estrutura, visa-se projetar uma ponte simples para a travessia de veículos e pedestres no Brasil. Nesse projeto aplicou-se todos os conhecimentos obtidos ao longo do curso de engenharia civil, não somente na área de cálculo estrutural, mas também em áreas relacionadas aos solos e hidrológicas.

Palavras chaves: pontes, rodoviárias, projeto, cálculos.

ABSTRACT

One of the biggest challenges of the men is to get further, where anybody else did, connecting different destinations no matter what obstacles they have to overcome, like a river, the ocean or even the deepest valleys. However, the structures to overcome those challenges must be very well design, ensuring the safety not only of those who use this kind of buildings but also of those who live close to them. The highway bridges are present in the world since the old times, since the rise of Rome in the conquest of new territories or in the now days when people try to decrease the distance between countries or even continents. Following the standardized norms by ABNT (Brazilian Association of Technical Standards) to highway constructions and using a software to get a better precision of the results applied to the structure, we wanted to design a bridge for vehicles and people to cross. In this project, we developed all the knowledge that we got all this years studying civil engineering not only in calculation but also in geotechnical and hydrology.

Key words: bridge, highway, design, calculation.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	16
2. OBJETIVOS.....	18
2.1. Objetivo Geral.....	18
2.2. Objetivo Específico	18
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
3.1 Pontes	19
3.1.1 Elementos Constituintes	19
3.1.2 Classificação das pontes.....	19
3.2 Elementos para elaboração de projetos.....	21
3.2.1 Elementos geométricos.....	21
3.2.2 Elementos geométricos de uma ponte.....	21
3.3 Solicitação das pontes.....	23
3.3.1 Cargas permanentes.....	23
3.3.2 Carga móvel.....	24
3.4 Linhas de Influência.....	27
3.4.1 Conceitos.....	28
3.4.2 Procedimento das superfícies de influência.....	28
3.5 Impacto Vertical.....	29
3.6 Atrito nos apoios.....	30
3.7 Força no Guarda-Rodas ou Barreiras.....	32
4. METODOLOGIA.....	33
4.1 Descrição da ponte.....	33
4.2 Cálculo das cargas distribuídas e pontuais	33
4.2.1 Cálculo da sobrecarga permanente.....	39
5. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS.....	42

5.1 Distribuição de cargas.....	42
5.2 Seções de cálculo.....	43
5.3 Cálculo do trem-tipo.....	45
5.4 Cálculo das solicitações da carga móvel.....	47
5.4.1 Carregamento para a linha de influência na seção 10.....	48
5.4.2 Momento fletor para a carga móvel.....	50
5.4.3 Esforço cortante devido a carga móvel.....	52
6. CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS.....	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56
ANEXO I	57
ANEXO II	58
ANEXO III.....	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Tipos estruturais de pontes.....	20
Figura 2 – Elementos geométricos de uma ponte.....	22
Figura 3 – Disposição das cargas estáticas.....	25
Figura 4 – Tipos de veículos.....	27
Figura 5 – Exemplo de linhas de influência.....	28
Figura 6 – Cargas aplicadas e linhas de influência obtidas.....	30
Figura 7 – Atrito aplicado a estrutura.....	31
Figura 8 - Força de atrito aplicado ao neoprene.....	32
Figura 9 – Dimensionamento do Guarda-Rodas.....	32
Figura 10 – Seção transversal no vão.....	34
Figura 11 – Seção transversal no apoio.....	34
Figura 12 – Carregamento da viga.....	38
Figura 13 – Vista da cortina.....	39
Figura 14 – Corte da vista da cortina.....	39
Figura 15 – Variação da espessura do asfalto.....	40
Figura 16 – Lajes de acesso.....	41
Figura 17 – Representação do apoio do terreno e da cortina na laje.....	41
Figura 18 – Resumo de carga permanente.....	43
Figura 19 – Resumo de sobrecarga permanente.....	43
Figura 20 – Somatória das cargas.....	43
Figura 21 – Seções de cálculo.....	44
Figura 22 – Diagramas de momento fletor.....	44
Figura 23 – Diagramas de esforços cortantes.....	44
Figura 24 – Representação do trem-tipo.....	46
Figura 25 – Área de atuação da carga do trem-tipo e de multidão.....	47
Figura 26 – Resultados obtidos pela linha de influência.....	47

Figura 27 – Carregamento para o máximo positivo em S15.....	49
Figura 28 – Carregamento para o máximo negativo em S15.....	49
Figura 29 – Resultados obtidos para o carregamento permanente, momento fletor.....	50
Figura 30 – Resultados obtidos para o carregamento permanente, esforço cortante.....	51
Figura 31 – Resultado obtido pela carga móvel.....	51
Figura 32 – Diagrama de esforço cortante para a carga móvel.....	52

ÍNDICE DE EQUAÇÕES

Equação 01 – Carga permanente distribuída.....	24
Equação 02 – Carga permanente concentrada.....	24
Equação 03 – Carga distribuída aplicada entre os pontos a e b.....	28
Equação 04 – Coeficiente de impacto vertical.....	30
Equação 05 – Cálculo das áreas dos elementos constituintes da estrutura.....	35
Equação 06 – Cálculo das forças distribuídas.....	36
Equação 07 – Cálculo do peso das transversinas.....	36
Equação 08 – Cálculo do peso da seção transversal da viga no balanço, vão e apoio.....	37
Equação 09 – Cálculo do peso da cortina.....	38
Equação 10 – Cálculo da carga distribuída do asfalto.....	39
Equação 11 – Cálculo do peso da laje.....	40
Equação 12 – Cálculo do peso do aterro.....	41
Equação 13 – Cálculo do peso da pavimentação.....	41
Equação 14 – Cálculo do trem-tipo.....	46
Equação 15 – Cálculo das posições desfavoráveis a aplicação da carga.....	46
Equação 16 – Cálculo dos esforços seccionais de momento.....	47
Equação 17 – Cálculo dos esforços seccionais de cortante.....	47
Equação 18 – Cálculo do momento máximo na seção S10.....	49
Equação 19 – Cálculo do momento mínimo na seção S10.....	49
Equação 10 – Cálculo do cortante máximo na seção S10.....	50
Equação 19 – Cálculo do cortante mínimo na seção S10.....	50

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Peso específico dos materiais.....	24
Tabela 2 – Carga dos veículos.....	26
Tabela 3 – Resultados obtidos em cada seção de cálculo, cargas permanentes.....	45
Tabela 4 – Resultados obtidos em cada seção de cálculo, carga móvel.....	52
Tabela 5 – Resultados obtidos para cada seção no esforço cortante da carga móvel.....	53
Tabela 6 – Comparação dos valores obtidos na seção 10 das tabelas 4 e 5.....	54

ÍNDICE DE SIMBOLOS

γ_c	Densidade do concreto.
ϕ	Coefficiente de impacto.
q	Carga permanente distribuída.
v	Volume para carga distribuída.
G	Carga permanente concentrada.
V	Volume para carga concentrada.
Q	Carga aplicada.
R_a	Linha de influência pela reação gerada no ponto A.
R_b	Linha de influência pela reação gerada no ponto B.
F_a	Força aplicada aos aparelhos de apoio geradoras de atrito.
μ	Coefficiente de atrito.
S	Área da seção transversal.
P	Força peso.
g	Carga distribuída.
G_r	Carga distribuída da barreira.
γ_{asfalto}	Peso específico do asfalto.
γ_a	Peso específico do aterro.
M_q	Esforços seccionais momento.
V_q	Esforços seccionais cortante.
M_+	Momento máximo.
M_-	Momento mínimo.
V_+	Cortante máximo.
V_-	Cortante mínimo.

ÍNDICE DE ABREVIações

ABNTAssociação Brasileira de Normas Técnicas
NBRNorma Brasileira
CIV.....Coeficiente de impacto vertical

1. INTRODUÇÃO

O projeto de uma obra de arte como uma ponte ou viaduto em concreto armado possui o seu início pela definição da sua finalidade e necessidade, buscando a transposição de obstáculos dando continuidade à via em que possui um fluxo de veículos. Para a completa realização do seu projeto são exigidos conhecimentos em diversas áreas da engenharia civil como hidrologia (para a determinação da seção de vazão e enchente máxima caso a obra seja de uma ponte), geotecnia, topografia, projeto de estradas, materiais construtivos e fundações. Durante a realização de cálculos das cargas e suas respectivas distribuições, são obrigatórios conhecimentos das disciplinas relacionadas a sistemas estruturais como mecânica dos sólidos, isostática, teoria das estruturas e concreto armado.

Segundo MARCHETTI (2008), denomina-se *Ponte* a obra destinada a permitir a transposição de obstáculos podendo ser rios ou braços de mar. Denomina-se *Viaduto* quando o obstáculo transposto é um vale ou outra via.

A obra de arte pode ser dividida em três partes: a superestrutura, que corresponde a laje e as vigas; a mesoestrutura, que são os pilares, aparelhos de apoio e encontros; e a infraestrutura, que representa a fundação.

As solicitações são provocadas pelas cargas permanentes e cargas móveis. Segundo MARCHETTI as cargas permanentes são representadas pelo próprio peso dos elementos estruturais que estão permanentemente fixos à estrutura da ponte, tais como guarda-corpo, guarda-rodas, defensas, passeio, pavimentação, postes de iluminação, trilhos e lastros, podendo ainda ser de dois tipos: concentradas ou distribuídas. Já as cargas móveis provem do fluxo de veículos e é normatizada pela NBR 7188 (2013).

No desenvolvimento desse trabalho de conclusão de curso para os cálculos usaremos softwares que nos auxiliem no cálculo dessas cargas e na obtenção de gráficos de forças cortantes e momentos fletores. Para isso utilizaremos o FTOOL, para análise estrutural e obtenção dos diagramas. Durante a realização desses

cálculos realizaremos apenas a parte correspondente a superestrutura de uma ponte em concreto armado.

O tema foi escolhido como projeto final por representar uma soma de todos os conhecimentos adquiridos ao longo desses semestres, realizando um estudo aprofundado de uma estrutura real, que apresenta a cada dia novos desafios em todo o mundo, com vãos e alturas cada vez maiores, com materiais mais resistentes e ainda sim buscando um orçamento mais acessível.

2. OBJETIVO

2.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo o cálculo dos esforços aplicados as vigas da ponte em projeto. Com os seus cálculos estruturais executados e demonstrados possuindo o intuito de colocar em prática conhecimentos adquiridos nas aulas ao longo do curso de engenharia civil.

2.2 Objetivo Específico

- Analisar o comportamento da estrutura estudada de acordo com as cargas atribuídas;
- Traçar os gráficos de esforços cortante e momento fletor para uma análise do comportamento da estrutura em concreto armado devido ao carregamento;
- Traçar os gráficos de envoltória e linhas de influência;
- Apresentar as reações adquiridas ao longo da estrutura, nos vãos, nos apoios, nos balanços para que a ponte se torne uma estrutura estável.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Pontes

Pontes ou viadutos são aqueles elementos rodoviários e ferroviários utilizados para a transposição de obstáculos naturais ou já criados pelo homem.

3.1.1 Elementos constituintes

Segundo PFEIL (1979), sob o ponto de vista funcional elas podem ser divididas em três partes principais: infraestrutura, mesoestrutura e superestrutura.

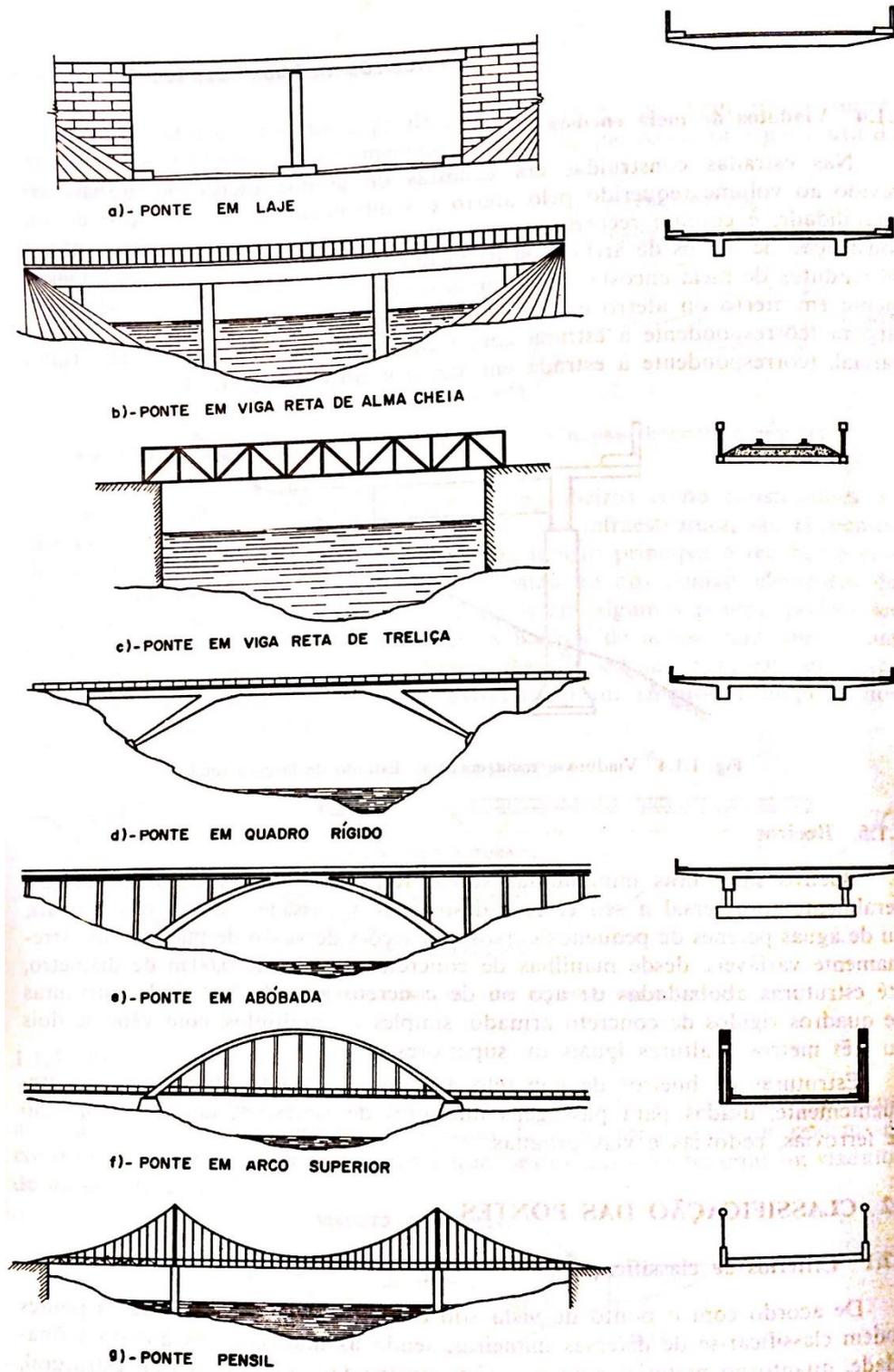
Ainda segundo PFEIL, a superestrutura é composta por lajes e vigas principais e secundárias, é o elemento de suporte imediato do estrado, que constitui a parte útil da obra, sob o ponto de vista de sua finalidade.

Segundo MASON (1977), a superestrutura recebe diretamente as cargas do tráfego. Caracteriza as vigas principais como longarinas e as transversais como transversinas. O tabuleiro e o sistema principal de vigas funcionam de forma integrada.

3.1.2 Classificações das pontes

A classificação pode ser realizada levando em consideração várias características tendo as mais comuns como a extensão do vão, a finalidade, os materiais utilizados para a sua construção, tipo estrutural, durabilidade e o tipo de tráfego a ser empregado.

Figura 1 – Tipos estruturais de pontes



Fonte: PFEIL (1979), pág. 04.

3.2 Elementos para a elaboração dos projetos

3.2.1 Elementos geométricos

Segundo PFEIL os elementos devem subordinar-se das características da via e seu próprio estrado. Os elementos geométricos da via dependem das condições técnicas estabelecidas pelo órgão público a cuja jurisdição pertence, DNIT DNER, DER, Prefeituras etc. Já os elementos geométricos de estrado dependem das características funcionais da ponte.

3.2.2 Elementos geométricos de uma ponte

Segundo PFEIL o projeto é condicionado por diversos elementos que são definidos abaixo:

Tramo de uma ponte – é a parte de sua superestrutura situada entre dois elementos sucessivos da mesoestrutura;

Vão teórico do tramo – é a distância medida horizontalmente entre os centros de dois aparelhos de apoios sucessivos;

Altura de construção – em uma determinada seção é a distância medida verticalmente, entre o ponto mais alto da superfície do estrado e o ponto mais baixo da superestrutura, na seção considerada. É um elemento de suma importância pois muitas vezes condiciona o tipo de estrutura a ser adotado;

Altura livre embaixo da ponte – em uma determinada seção é a distância, medida verticalmente, entre o ponto mais baixo da superestrutura e ponto mais alto do obstáculo transposto pela ponte. Em um rio, a altura livre é medida durante a máxima enchente, já em uma via transposta por um viaduto, a altura é medida até o

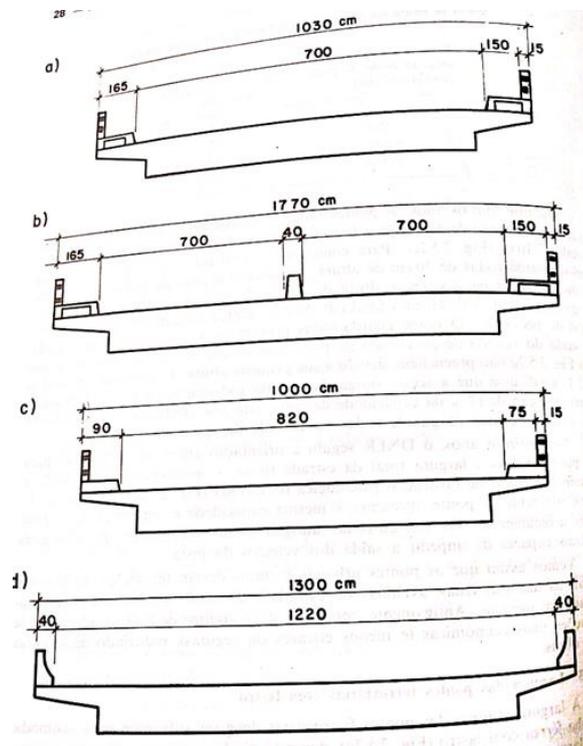
ponto mais alto da superfície de rolamento da via (gabarito), e no caso de uma ferrovia será medida até o topo dos trilhos;

Escondade – quando o eixo longitudinal da ponte não forma um ângulo reto com o eixo longitudinal do obstáculo transposto, diz-se que a ponte é oblíqua ou esconsa. Uma ponte é esconsa à direita ou à esquerda quando seu eixo longitudinal inclina-se para a direita ou para a esquerda do perpendicular ao eixo longitudinal do obstáculo transposto.

Consideramos ainda como elementos geométricos para a definição do nosso projeto a largura das pontes e os seus gabaritos.

Na figura abaixo apresenta um desses elementos geométricos, como a largura da ponte:

Figura 2 – Elementos geométricos de uma ponte



Fonte: PFEIL (1979), pág. 28.

Para a elaboração do projeto final da ponte ainda temos que levar em consideração os elementos topográficos, elementos hidrológicos, elementos geotécnicos, elementos acessórios e elementos normativos.

Segundo PFEIL os elementos acessórios podem se referir a existência de elementos agressivos que são informações de caráter tecnológico especial que podem ser de grande interesse para o projeto como a agressividade da água, a presença de materiais de ação destrutiva sobre o concreto e gases tóxicos em terrenos pantanosos, possíveis em cavas de fundação.

Os elementos normativos possuem a finalidade de fornecer bases comuns de trabalho para os engenheiros, quantificando valores mínimos de segurança, e estabelecendo os métodos básicos para cálculo, quando relacionados a projeto.

Relacionando os elementos normativos com a execução entendemos que elas fixam os princípios fundamentais de boa prática construtiva, com a intenção de garantir que as hipóteses formuladas em projeto sejam atendidas na obra.

3.3 Solicitações das Pontes

3.3.1 Cargas Permanentes

Segundo MARCHETTI as cargas permanentes podem ser referidas como a carga produzida pelo próprio peso da estrutura e por elementos que estão permanentemente fixos a estrutura, tais como guarda-corpo, guarda-rodas, defensas, passeio, pavimentação, postes de iluminação etc.

As cargas permanentes podem ser divididas em concentradas e distribuídas.

De acordo com a NBR 6120, cargas para o cálculo de estrutura de edificações, no caso das cargas permanentes distribuídas, usa-se o volume relativo ao comprimento unitário do elemento:

Tabela 1 – Peso específico dos materiais.

<i>Material</i>	γ (tf/m ³)	γ (kN/m ³)
Concreto armado	2,5	25
Concreto protendido	2,5	25
Concreto simples	2,2	22
Aço	7,85	78,5
Madeira	0,8	8,0

Fonte: NBR 6120.

Conhecidos o volume do elemento da ponte e o peso específico (γ) do material que a constitui, o peso próprio será:

$$\text{Carga permanente distribuída: } q = \gamma \cdot v \text{ (kN/m}^3\text{)}$$

$$\text{Carga permanente concentrada: } G = \gamma \cdot V \text{ (kN)}$$

Com a obtenção desses valores de carga permanente conseguimos traçar os diagramas de esforços normal, cortante, momento e momento torsor, caso exista.

3.3.2 Carga Móvel

As cargas móveis são representadas pelo tráfego de veículos e pessoas que circulam na ponte. Segundo PFEIL as cargas móveis de cálculo, fixadas nas normas, não coincidem com as cargas reais que circulam nas estradas. Nas pontes rodoviárias, as cargas de cálculo (NBR 7188) utilizam veículos de dimensões

especiais baseadas nas normas alemãs, enquanto as cargas reais são caminhões e carretas com dimensões e pesos fixados em uma regulamentação específica denominada lei da balança.

Pela norma NBR – 7188 para os trens-tipo em pontes rodoviárias podem ser divididos em 3 classes:

Classe 45 – na qual a base do sistema é um veículo-tipo de 450kN de peso total;

Classe 30 – na qual a base do sistema é um veículo-tipo de 300kN de peso total;

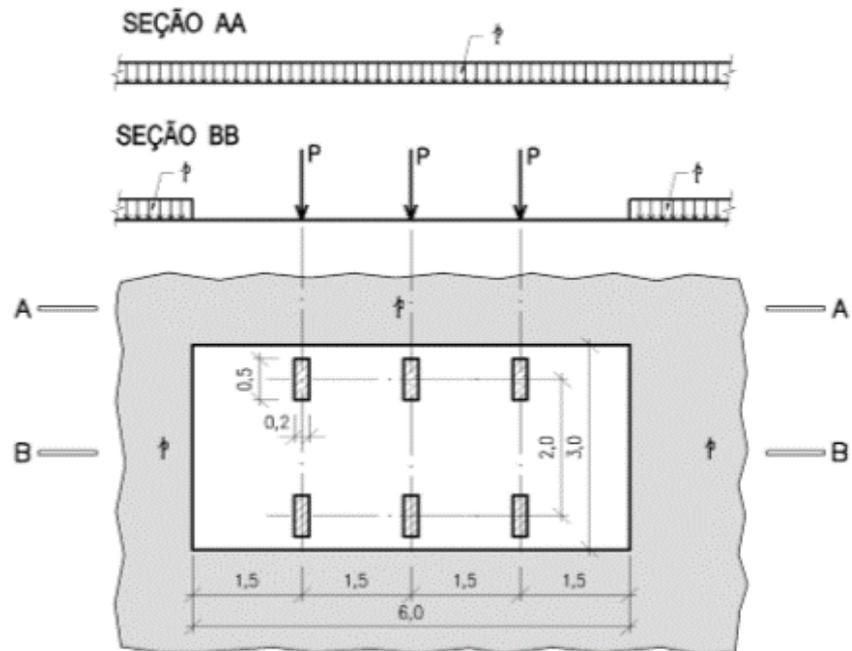
Classe 12 – na qual a base do sistema é um veículo-tipo de 120kN de peso total.

A utilização de diferentes classes de ponte fica a critério dos órgãos com jurisdição sobre as pontes.

De acordo com a revisão dessa norma realizada no ano de 2013 a carga móvel rodoviária padrão TB-450 é definida por um veículo tipo de 450 kN com 6 rodas $P=75\text{kN}$, 3 eixos de carga afastados entre si de 1,5m. Com área de ocupação de 18 m^2 , circundado por uma carga uniformemente distribuída constante $p=5\text{kN}/\text{m}^2$.

A figura abaixo apresenta as distribuições e cotas para o veículo tratado em norma:

Figura 3 – Disposição de cargas estáticas.



(FONTE: NBR 7188/2013)

Conforme a NBR 7188 o veículo tem 3m de largura e 6m de comprimento adotando-se um único veículo colocado na posição mais desfavorável para a solicitação estudada.

A tabela abaixo apresenta os tipos de veículos relacionados as classes, o peso adotado e as cargas distribuídas:

Tabela 2 – Carga dos veículos.

Classe da ponte	Veículo			Carga uniformemente distribuída				Disposição da carga
	Tipo	Peso total		p		p'		
		kN	t _f	kN/m ²	kgf/m ²	kN/m ²	kgf/m ²	
45	45	450	45	5	500	3	300	Carga p em toda a pista
30	30	300	30	5	500	3	300	Carga p' nos passeios
12	12	120	12	4	400	3	300	

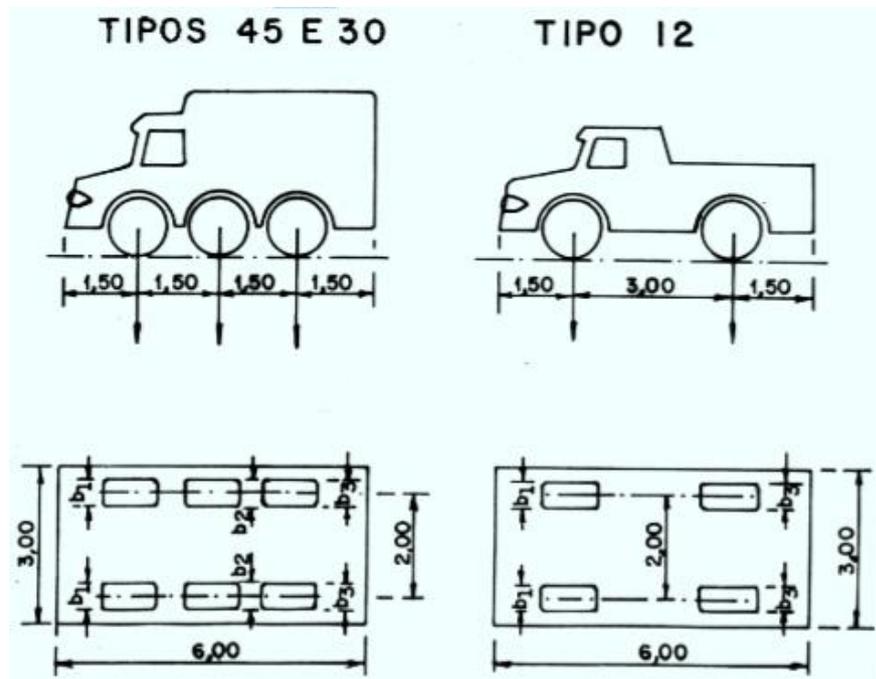
(FONTE: NBR 7188/1982)

Segundo PFEIL, a carga móvel, também conhecida como carga útil, pode se localizar em posições variáveis sobre o tabuleiro da ponte. Para isso, o veículo deve ser orientado no sentido do tráfego e ter sua posição variada longitudinalmente (seção mais solicitada) e transversalmente (viga mais solicitada). No dimensionamento, considera-se todas essas posições pelo método da linha de influência para gerar uma combinação de cargas. O veículo, além do peso, ainda possui as cargas geradas pelo impacto vertical e lateral. O impacto é considerado através de um acréscimo percentual na carga.

Para o cálculo do trem tipo a roda do veículo deve-se encostar no guarda-rodas, posição mais desfavorável a estrutura.

A figura 4 apresenta os dias de veículos e a sua distância entre os eixos para a realização dos cálculos das cargas a serem aplicadas em cada área onde temos o contato da roda com o asfalto aplicado a estrutura.

Figura 4 – Tipos de veículos.



(FONTE: NBR 7188/2013)

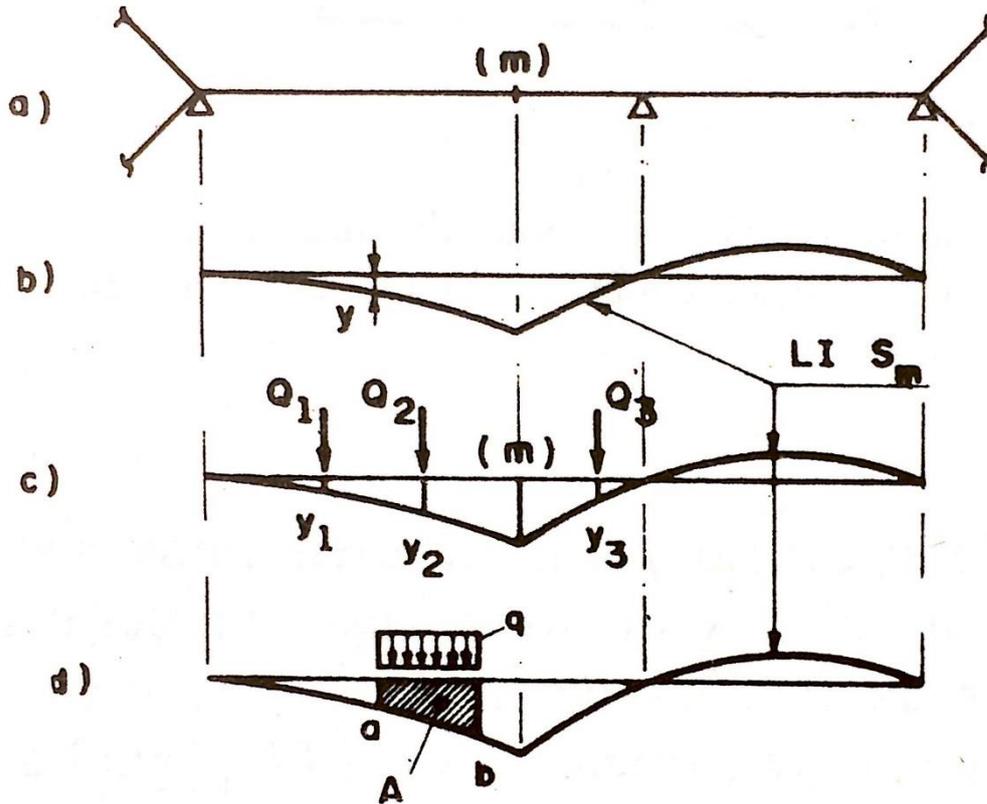
3.4 Linhas de Influência

3.4.1 Conceitos

Segundo PFEIL denomina-se linha de influência de uma solicitação S num ponto m , uma linha cujas as ordenadas fornecem os valores \bar{S}^m para diversas posições de uma carga unitária. A variável \bar{S}^m representa as ordenadas encontradas para cada solicitação S nos diferentes pontos aplicados representando a área do diagrama na linha correspondente.

Na figura 5 colocamos um exemplo de linha de influência para a aplicação de uma carga Q no ponto m :

Figura 5 – Exemplo de linhas de influência



Fonte: PFEIL (1979), pág. 105.

Ainda segundo PFEIL em consequência do princípio da superposição, a solicitação $\overset{m}{S}$, produzida por várias cargas Q , é dada pela soma $\sum Q \times y$. Para a carga distribuída q , aplicada entre os pontos a , b da estrutura, a solicitação $\overset{m}{S}$ é dada pelo limite de $\sum_a^b qy\Delta x$ que, por definição é igual à integral $\int_a^b qydx$.

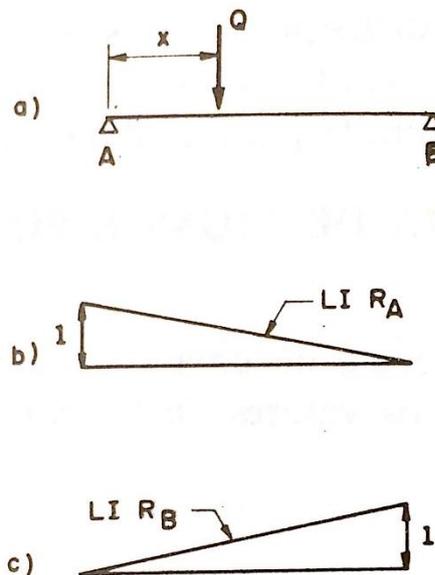
3.4.2 Procedimento das Superfícies de Influência

Considerando o procedimento para as estruturas em barras temos que para as superfícies de influência o processo é bastante semelhante. Segundo MASON as superfícies de influência descrevem o efeito num determinado ponto da laje (momento fletor, força cortante etc.), produzido por uma força unitária atuante noutro ponto qualquer da laje.

Para o processo geral segundo PFEIL podemos determinar as linhas de influência desenhando os diagramas de solicitações desejadas para diversas posições de uma carga unitária, efetuando-se depois, uma troca de ordenadas. Porém esse processo espontâneo só é conveniente para estruturas muito simples, tornando-se muito trabalhoso em estruturas estaticamente indeterminadas.

A figura 6 apresenta a semelhança entre os processos de linhas e superfícies de influência:

Figura 6 – Cargas aplicada e linhas de influência obtidas.



Fonte: PFEIL (1979), pág. 106.

3.5 Impacto Vertical

Pela norma 7188 (2012) as cargas móveis verticais características devem ser majoradas para o dimensionamento de todos os elementos estruturais pelo Coeficiente de Impacto Vertical (CIV), obtendo-se os valores (Q) e (q) para o dimensionamento dos elementos estruturais.

$CIV = 1,35$ para estruturas com vão menor do que 10,0m.

$CIV = 1 + 1,06 * \left(\frac{20}{Liv+50} \right)$ para estruturas com vão entre 10,0 e 200,0m.

Onde:

Liv é o vão em metros para o cálculo CIV conforme o tipo da estrutura, sendo:

Liv = L é usado para estruturas de vão isostático;

Liv é a média aritmética dos vãos nos casos de vãos contínuos;

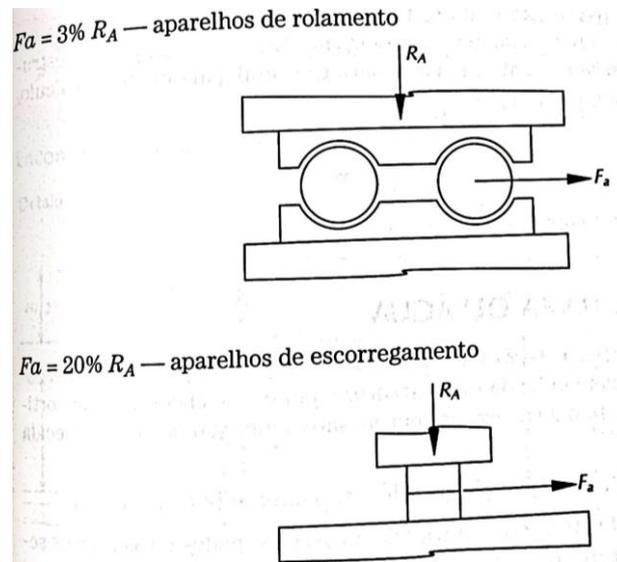
Liv é o comprimento do próprio balanço para estruturas em balanço;

L é o vão em metros.

3.6 Atritos nos apoios

Segundo MARCHETTI o atrito nos apoios é um esforço que deve ser levado em conta no cálculo dos aparelhos de apoio, pilares e encontros. Seu efeito é geralmente considerado apenas da infraestrutura da ponte. Segundo a NBR 7187, deve-se considerar as seguintes forças de atrito nos aparelhos de apoio:

Figura 7 – Atrito aplicado a estrutura.

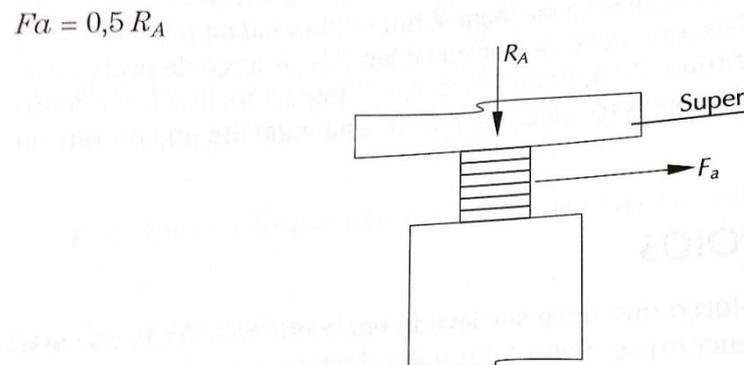


Fonte: MARCHETTI (2008), pág. 71.

Atualmente o material mais utilizado para se evitar esse desgaste na estrutura são as almofadas de neoprene que possuem um estudo particular. Segundo MARCHETTI adota-se o coeficiente de atrito entre o concreto e o neoprene de $\mu = 0,5$.

A figura 8 mostra como a força de atrito se aplica ao neoprene:

Figura 8 – Força de atrito aplicado ao neoprene.



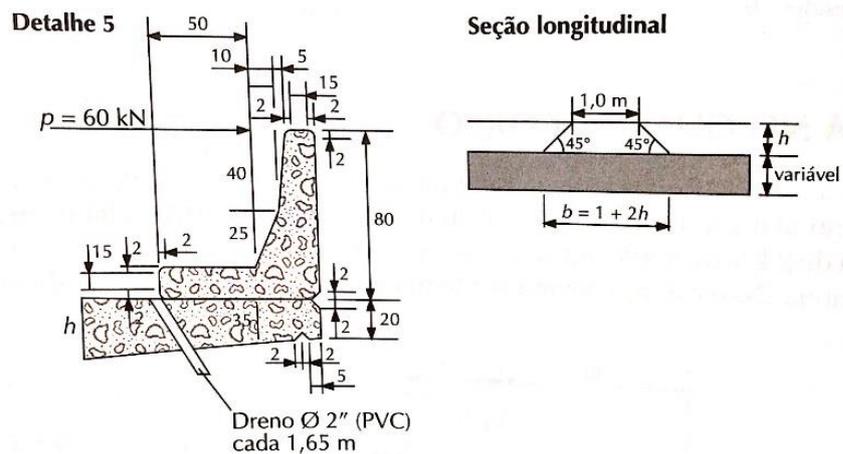
Fonte: MARCHETTI (2008), pág. 72.

3.7 Forças no Guarda-Rodas ou Barreiras

Para o cálculo do guarda-rodas, segundo a norma NBR 14.885/2004 as barreiras devem ser projetadas para resistir a uma solicitação transversal de uma carga dinâmica concentrada, aplicada na borda superior da barreira, de dentro para fora da pista de, no mínimo, 200kN.

Abaixo a figura 9 apresenta o dimensionamento de um guarda-rodas (barreira) utilizado nas rodovias federais:

Figura 9 – Dimensionamento do guarda-rodas.



Fonte: MARCHETTI (2008), pág. 76.

4 METODOLOGIA DE TRABALHO

4.1 Descrição da ponte

Para a realização desse trabalho projetaremos uma ponte com as seguintes características, uma ponte rodoviária de concreto armado com duas vigas, constituída por 3 vãos contínuos de 20m, e os balanços de 4m, totalizando um comprimento de 68m. A seção transversal é estruturada por meio de duas vigas principais de altura constante e igual a 2,20m, variando de 0,4m no vão e 0,7m nos apoios. As vigas são ligadas por uma laje e transversinas de apoio e de vão. A ponte possui duas pistas de rolamento de 3,50m, afastadas 0,6m (distância ao obstáculo contínuo) dos guarda-rodas de 0,4m perfazendo uma largura total de 9m. Para a barreira do guarda-rodas utilizaremos a barreira tipo “New-Jersey” seguindo o padrão do DNIT.

Para a realização desse trabalho iremos calcular apenas a superestrutura. A meso e infraestrutura apresentadas são hipotéticas.

4.2 Cálculo das cargas distribuídas e pontuais

Para a realização dos cálculos das cargas distribuídas na ponte adotamos o peso específico do concreto armado como $\gamma=25\text{kN/m}^3$. Temos como a seção transversal da ponte as seguintes geometrias:

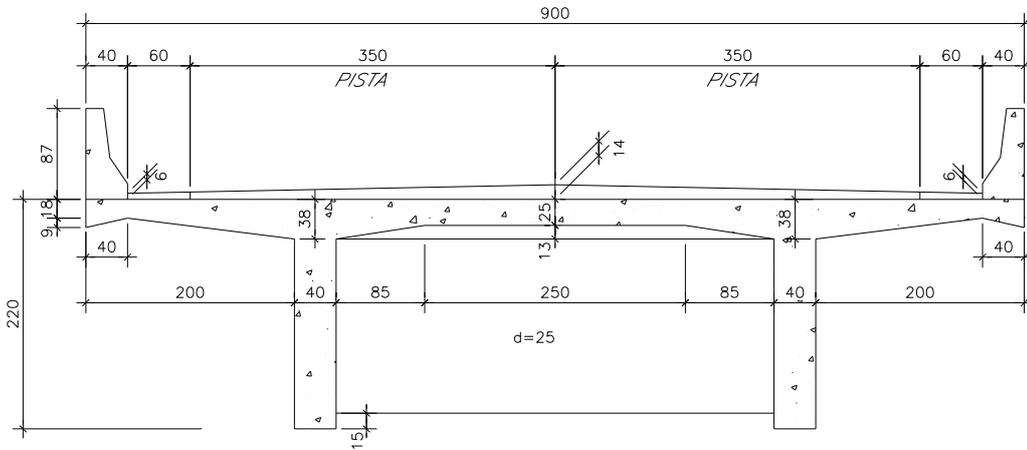


Figura 10 – Seção transversal no vão.

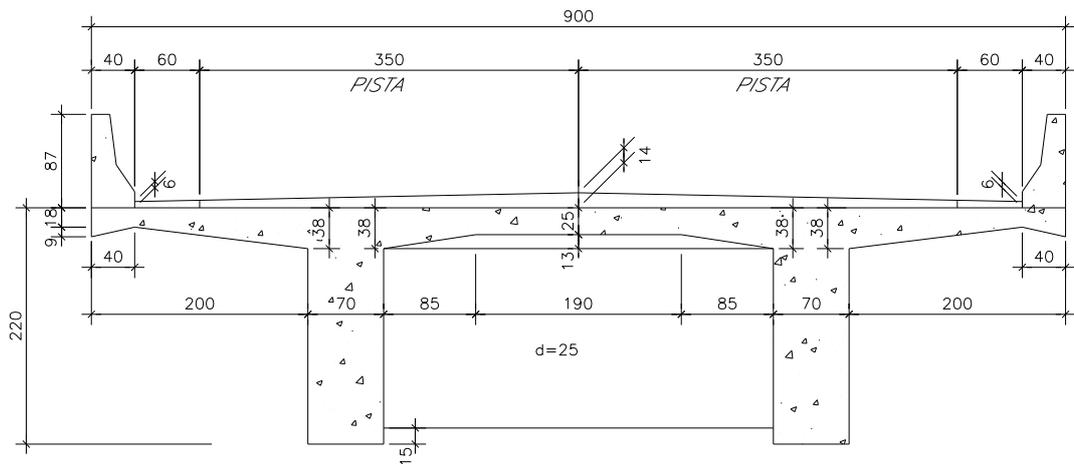


Figura 11 – Seção transversal no apoio.

Com o conhecimento das características geométricas da ponte podemos calcular o peso próprio da estrutura. Para cada viga calculam-se as áreas de meia ponte, que é a parcela que corresponde a cada viga. Com isso o dimensionamento encontrado será o mesmo para ambas.

Para o primeiro passo dividimos a área complexa em figuras geométricas conhecidas para que podemos facilitar o cálculo das áreas. Realizamos esses cálculos tanto para a região dos apoios quanto para a região dos vãos.

Seção nos apoios:

$$Pingadeira = \frac{0,18 + 0,27}{2} \times 0,40 = 0,09 \text{ m}^2$$

$$Balanço = \frac{0,18 + 0,38}{2} \times 1,60 = 0,448 \text{ m}^2$$

$$Viga = 0,70 \times 2,20 = 1,54 \text{ m}^2$$

$$Mísula = \frac{0,25 + 0,38}{2} \times 0,85 = 0,268 \text{ m}^2$$

$$Laje = 0,95 \times 0,25 = 0,238 \text{ m}^2$$

$$S_{\text{apoio}} = 0,09 + 0,448 + 1,54 + 0,268 + 0,238 = 2,584 \text{ m}^2$$

Seção nos vãos:

$$Pingadeira = \frac{0,18 + 0,27}{2} \times 0,40 = 0,09 \text{ m}^2$$

$$Balanço = \frac{0,18 + 0,38}{2} \times 1,60 = 0,448 \text{ m}^2$$

$$Viga = 0,40 \times 2,20 = 0,88 \text{ m}^2$$

$$Mísula = \frac{0,25 + 0,38}{2} \times 0,85 = 0,268 \text{ m}^2$$

$$Laje = 1,25 \times 0,25 = 0,313 \text{ m}^2$$

$$S_{\text{vão}} = 0,09 + 0,448 + 0,88 + 0,268 + 0,313 = 1,999 \text{ m}^2$$

Após a realização do cálculo das áreas basta multiplicarmos pelo peso específico do concreto para encontrarmos a carga distribuídas permanentemente:

$g = S \times \gamma$, onde g será a carga permanente por metro linear e S a área da seção transversal.

Vão:

$$g_{V\grave{a}o} = S_{V\grave{a}o} \times \gamma_c$$

$$g_{V\grave{a}o} = 1,999 \times 25 = 49,975 \text{ kN/m}$$

Apoios:

$$g_{Apoio} = S_{Apoio} \times \gamma_c$$

$$g_{apoi} = 2,584 \times 25 = 64,600 \text{ kN/m}$$

Para o cálculo das cargas concentradas incluímos as cortinas e as transversinas que atuam em pontos específicos da ponte, por isso seus pesos são calculados como cargas concentradas. Realizando esse cálculo achamos o volume real da peça e o multiplicamos pelo peso específico do concreto armado.

Transversinas Intermediárias:

$$P = \frac{(4,20 \times 0,25 \times 1,67)}{2} \times 25 = 21,92 \text{ kN}$$

Transversinas de Apoio

$$P = \frac{(3,60 \times 0,25 \times 1,67)}{2} \times 25 = 18,79 \text{ kN}$$

Realizamos também o cálculo para a viga principal que varia a sua espessura ao longo de toda a estrutura. Para simplificar os cálculos, reduzem-se as cargas distribuídas (triangulares), referentes aos acréscimos da espessura da alma da viga, em cargas concentradas aplicadas nos centros de gravidade dos alargamentos (no caso a 1/3 do comprimento, por a carga ser triangular). Além da carga triangular referente ao alargamento em si, também transformamos em carga concentrada, a diferença de cargas distribuídas existente na região onde a viga tem a espessura constante de 70 cm.

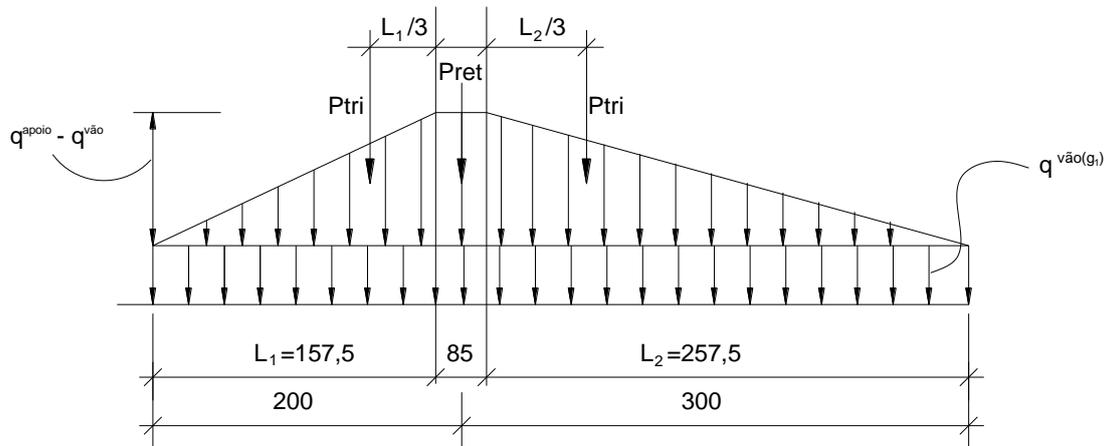


Figura 12 – Carregamento da viga.

$$P_{tri} = (q^{\text{apoiado}} - q^{\text{vão}}) \times \frac{L}{2}$$

$$P_{ret} = (q^{\text{apoiado}} - q^{\text{vão}}) \times L$$

Variação da seção Transversal da viga no balanço:

$$P = (64,600 - 49,975) \times \frac{1,575}{2} \Rightarrow P = 11,52 \text{ kN}$$

Variação da seção Transversal da viga no vão:

$$P = (64,600 - 49,975) \times \frac{2,575}{2} \Rightarrow P = 18,83 \text{ kN}$$

Variação da seção Transversal da viga no apoio:

$$P = (64,600 - 49,975) \times 0,85 \Rightarrow P = 12,43 \text{ kN}$$

O cálculo das abas e das cortinas é aplicado no balanço da estrutura:

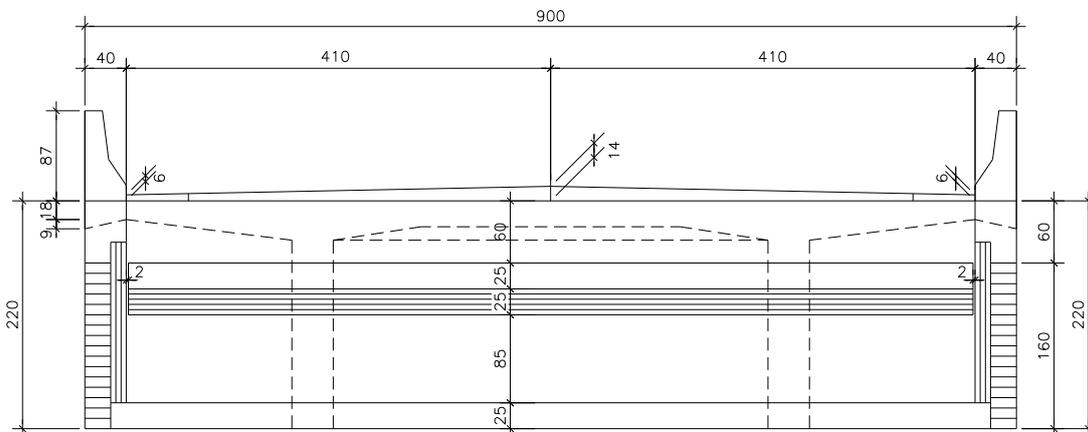


Figura 13 – Vista da cortina.

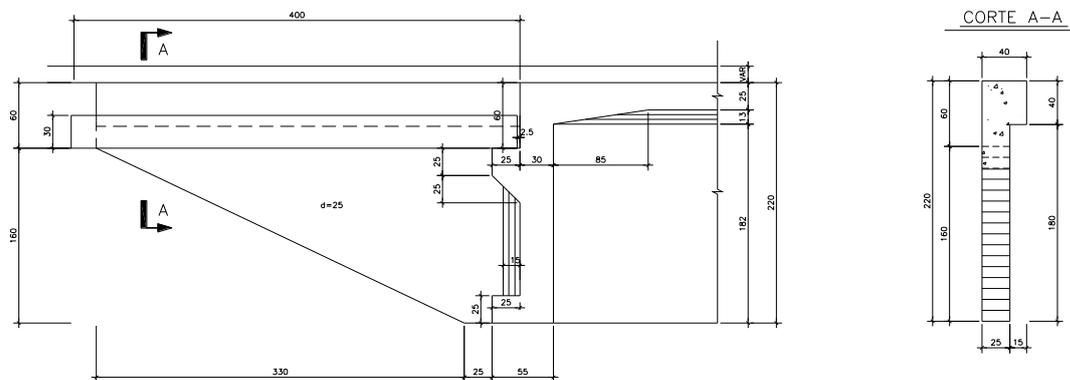


Figura 14 – Corte da vista da cortina.

Cálculo do peso da cortina:

Parede Frontal:

$$P_a = 0,30 \times 2,20 \times \frac{9,00}{2} \times 25 = 74,25 \text{ kN}$$

Dente de Apoio:

$$P_b = \frac{(0,25 + 0,5)}{2} \times 0,25 \times \frac{8,16}{2} \times 25 = 9,56 \text{ kN}$$

Viga Inferior:

$$P_b = 0,25 \times 0,25 \times \frac{9,00}{2} \times 25 = 7,03 \text{ kN}$$

Aba da Cortina:

$$P_d = 0,25 \times \frac{(0,20 + 1,80) \times 3,30}{2} \times 25 = 20,63 \text{ kN}$$

$$P_e = 0,50 \times 1,80 \times 0,25 \times 25 = 5,63 \text{ kN}$$

$$P_f = 0,40 \times 0,40 \times 3,80 \times 25 = 15,20 \text{ kN}$$

$$P_{\text{total-cortina}} = P_a + P_b + P_c + P_d + P_e + P_f = 132,30 \text{ kN}$$

4.2.1 Cálculo de sobrecarga permanente

A sobrecarga é composta pelo peso da pavimentação, barreiras, laje de transição, aterro e a pavimentação sobre a mesma.

Barreiras:

$$Gr = 5,80 \text{ kN/m}$$

A pavimentação asfáltica sofre variação em sua espessura ao longo da ponte de acordo com a figura representada abaixo:

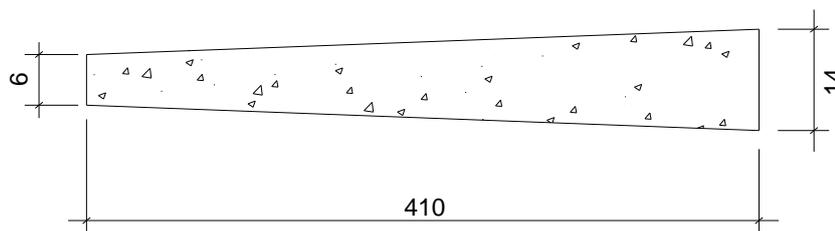


Figura 15 – Variação da espessura do asfalto.

$$\gamma_{\text{asfalto}} = 24 \text{ KN/m}^3$$

$$g_{pav} = \left[\frac{(0,14 + 0,06)}{2} \times 4,10 \right] \times 24 = 9,84 \text{ kN/m}$$

$$g_{total} = 5,8 + 9,84 = 15,64 \text{ kN/m}$$

Nas lajes de acesso para o efeito do cálculo admitimos que a laje de transição funcione como biapoiada (apoiada no solo e no console da cortina).

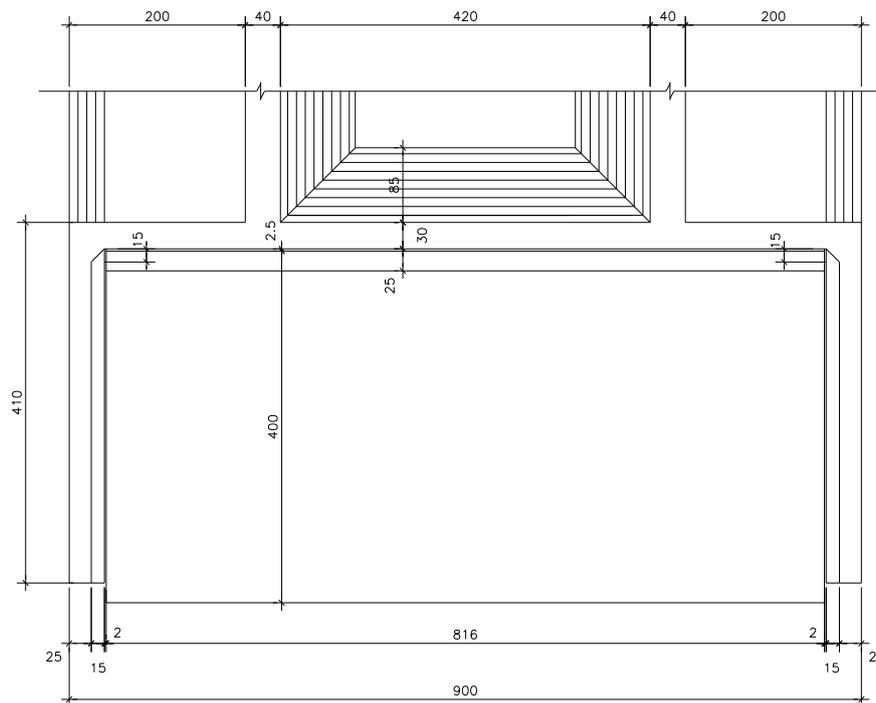


Figura 16 – Lajes de acesso.

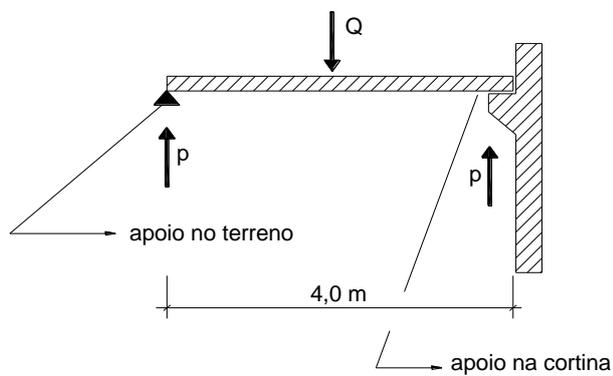


Figura 17 – Representação do apoio do terreno e da cortina a laje.

$$P = \frac{(4,0 \times 8,16 \times 0,30)}{2} \times \frac{25}{2} = 61,20 \text{ kN}$$

O aterro localizado sobre a laje de acesso é considerado como uma carga concentrada aplicado no ponto médio da laje. Com isso utilizamos somente metade dessa carga, que é apoiada no console da cortina.

Peso específico do aterro - $\gamma_a = 18 \text{ KN} / \text{m}^3$

$$P = \frac{(4,0 \times 8,16 \times 0,30)}{2} \times \frac{18}{2} = 44,06 \text{ kN}$$

Considerando agora a barreira sobre a aba da cortina, transformamos essa carga em concentrada multiplicando o seu valor pelo comprimento da aba da cortina.

$$P = 5,8 \times 3,80 = 22,04 \text{ kN}$$

Para o cálculo da pavimentação sobre o trecho de acesso temos:

$$P = \frac{(0,06 + 0,14)}{2} \times \frac{4,0}{2} \times \frac{8,16}{2} \times 24 = 19,58 \text{ kN}$$

$$\text{Total} = 61,20 + 44,06 + 22,04 + 19,58 = 146,88 \text{ kN}$$

5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.1 Distribuição de cargas

Após a realização dos cálculos de cada parte da superestrutura temos as seguintes distribuições pelo software FTOOL. Desenhando a viga no FTOOL coloca-se as cargas previamente calculadas em seus locais de aplicação. Com isso obtemos as seguintes representações:

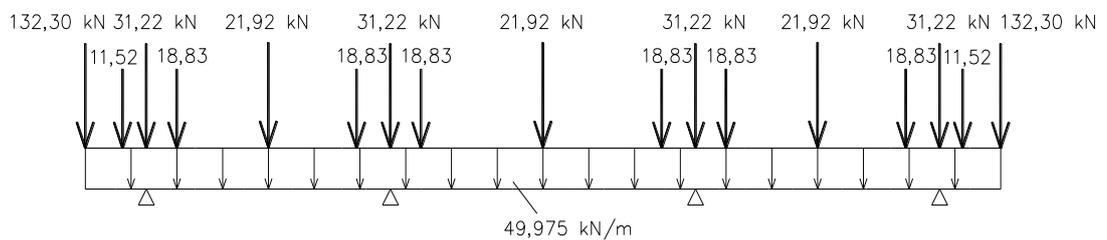


Figura 18 - Resumo de carga permanente (Representação 1)

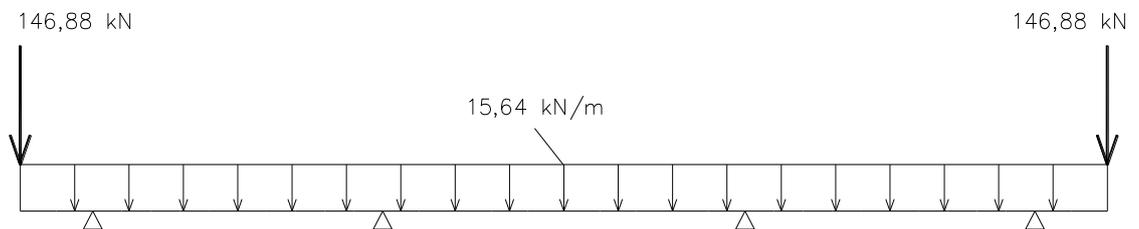


Figura 19 - Resumo de sobrecarga permanente (Representação 2)

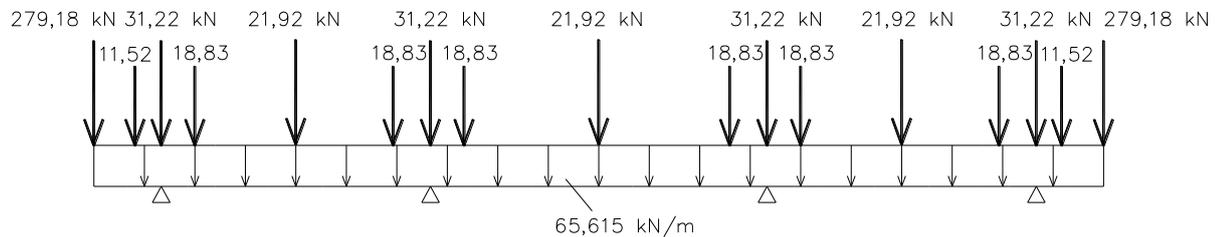


Figura 20 - Somatórias das cargas (Representação 1 + Representação 2)

Para o cálculo das forças aplicadas as vigas não temos a necessidade de realizar esses cálculos separadamente por isso para os esforços seccionais utilizamos as cargas permanentes.

5.2 Seções de Cálculo

Nas seções de cálculo cada vão é dividido em 10 seções e ainda é conveniente o cálculo correspondente ao meio do balanço. Assim nós vamos ter 17 seções de cálculo uma vez que a ponte é simétrica e só vamos analisar as seções até o eixo de simetria.



Figura 21 – Seções de cálculo.

Com o estabelecimento dessas seções e com os cálculos das cargas a serem aplicadas conseguimos traçar os gráficos de cortante e de momento fletor:

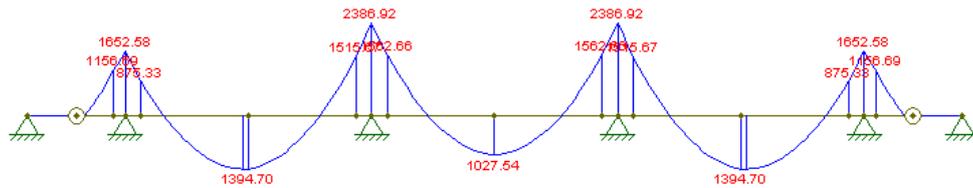


Figura 22 - Diagrama de momento fletor.

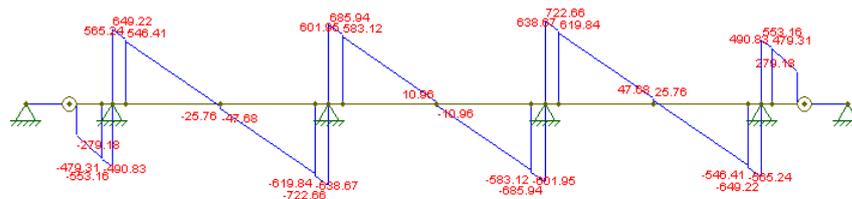


Figura 23 - Diagrama de esforços cortantes.

Os resultados das solicitações são apresentados na tabela abaixo:

	Mg (KNm)	Vg (KN)
S_{1/2bal}	-689,59	-410,41
S_{0esq}	-1652,58	-553,16
S_{0dir}		649,22
S1	-498,93	499,16
S2	368,17	367,93
S3	972,81	236,70
S4	1314,99	105,47
S_{5esq}	1394,70	-25,76
S_{5dir}		-47,68
S6	1168,12	-178,91
S7	679,08	-310,14
S8	-72,43	-441,37
S9	-1086,39	-572,60
S_{10esq}	-2386,92	-722,66
S_{10dir}		685,94
S11	-1159,82	595,88
S12	-219,29	494,65
S13	458,78	273,42
S14	874,39	142,19
S15	1027,54	10,96

Tabela 3 – Resultados obtidos em cada seção de cálculo cargas permanentes.

5.3 Cálculo do trem-tipo

Adotou-se neste trabalho o trem-tipo de norma TB 450, segundo a NBR 7188, calculou-se as cargas distribuídas e as cargas concentradas para esse veículo.

A carga distribuída representa o tráfego de veículos de pequeno porte que pode acompanhar a passagem do caminhão. É constituída por carga uniformemente distribuída e cuja intensidade é dada por 5 kN/m^2 .

A área ocupada pelo veículo é supostamente retangular, com 3m de largura e 6m de comprimento, com centro sobre o eixo longitudinal do veículo e igual distância aos eixos dianteiro e traseiro, conforme a figura.

Facilitando os cálculos para o carregamento nas linhas de influência adotamos um trem-tipo simplificado no qual carregamos a área do caminhão ($3,00 \times 6,00\text{m}$) com a carga de multidão ($5 * \varphi \text{ kN/m}^2$, sendo “ φ ” o coeficiente de impacto) e reduzimos as cargas concentradas das rodas de caminhão do caminhão tipo.

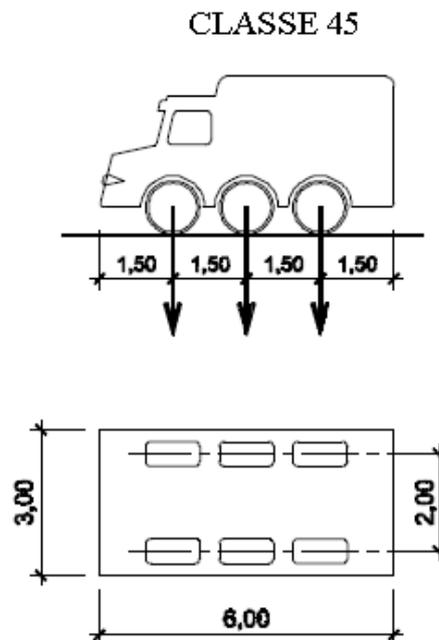


Figura 24 – Representação do trem-tipo.

Simplificando o trem-tipo:

$$P = 75 \times \varphi - \frac{(6,0 \times 3,0) \times 5 \times \varphi}{6} \Rightarrow P = 60\varphi \text{ kN}$$

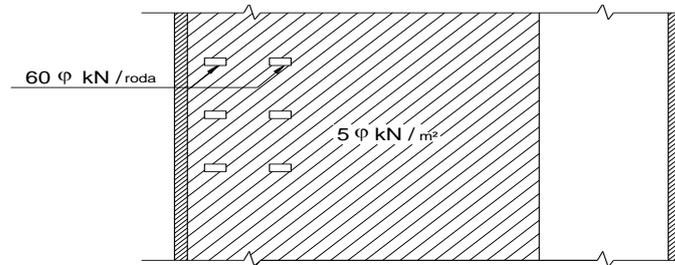


Figura 25 – Área de atuação da carga do trem-tipo e de multidão.

Trem-tipo na seção transversal:

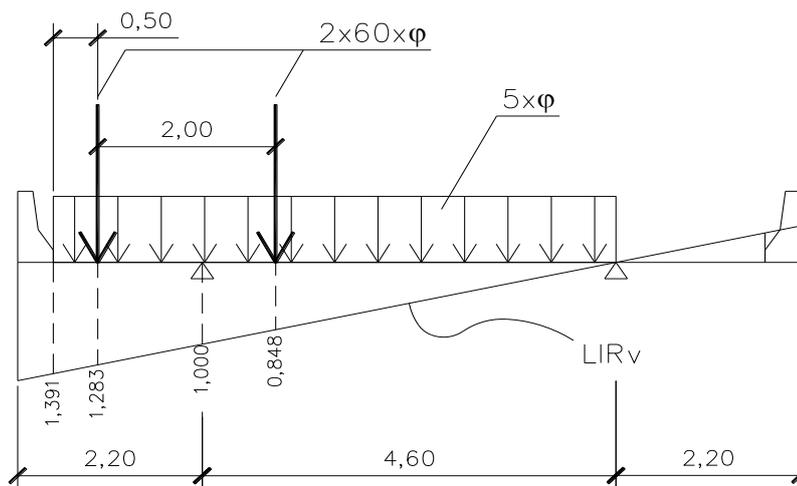


Figura 26 – Resultados obtidos para linha de influência.

Para descobrir as ordenadas dos pontos x_1 , x_2 e x_3 utilizamos o método de semelhança de triângulos:

$$\frac{1}{4,60} = \frac{x_1}{6,40}$$

$$x_1 = 1,391$$

$$\frac{1}{4,60} = \frac{x_2}{5,90}$$

$$x_2 = 1,283$$

$$\frac{1}{4,60} = \frac{x_3}{3,90}$$

$$x_3 = 0,848$$

5.4 Cálculos das solicitações da carga móvel

Empregando as definições das linhas de influência, que são diagramas que permitem definir as posições mais desfavoráveis do trem-tipo e calcular as respectivas solicitações. Com esses valores, calculados em diversas seções da viga, no qual foi possível traçar as envoltórias de solicitações da carga móvel. Como esses valores são determinados para as piores situações da viga sabemos que em qualquer outra posição os esforços encontrados serão menores. Assim as longarinas são dimensionadas com base nesses valores garantindo sua segurança.

Para os cálculos dos esforços seccionais de carga móvel (M_q e V_q) nos décimos de vão carregamos as linhas de influência de momentos fletores e de esforços cortantes com o trem-tipo calculado. As cargas concentradas são posicionadas sobre os pontos mais desfavoráveis das linhas de influência. Usa-se a seguinte expressão para se determinar M_q e V_q :

$$M_q = P (x_1 + x_2 + x_3) + p (A)$$

$$V_q = P (x_1 + x_2 + x_3) + p (A)$$

onde,

x_1, x_2, x_3 = ordenadas das LI's onde se encontram as cargas concentradas P

A = área delimitada pela linha de influência

Como exemplo temos:

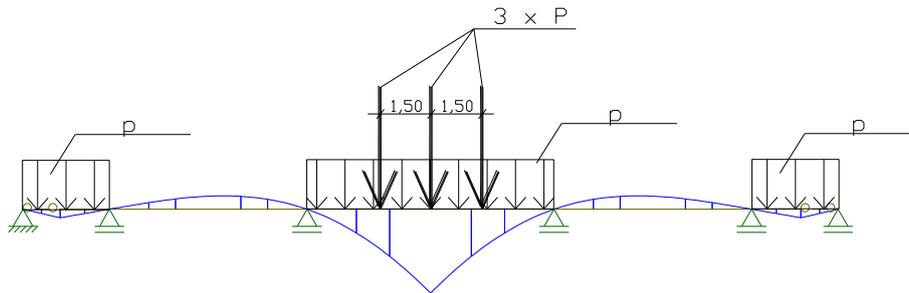


Figura 27 - Carregamento para o momento máximo positivo em S15

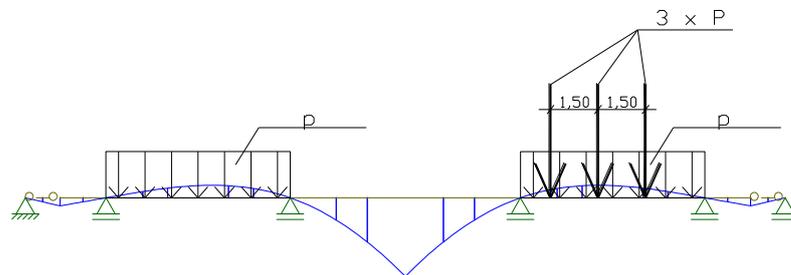


Figura 28 - Carregamento para o momento máximo negativo em S15

5.4.1 Carregamento para a linha de influência na seção 10

O cálculo será realizado na seção 10 para a comparação com os valores máximos e mínimos de momento e cortante. Para a obtenção das áreas da linha de influência utilizamos o método aproximado, através dos diagramas de esforços seccionais, devidos à atuação de uma carga uniformemente distribuída unitária, sobre cada vão da viga isoladamente.

As ordenadas destes diagramas (valores dos esforços seccionais nas seções) correspondem às áreas das linhas de influência dos esforços seccionais correspondentes.

Carregamento da LI do momento fletor:

Seção S10

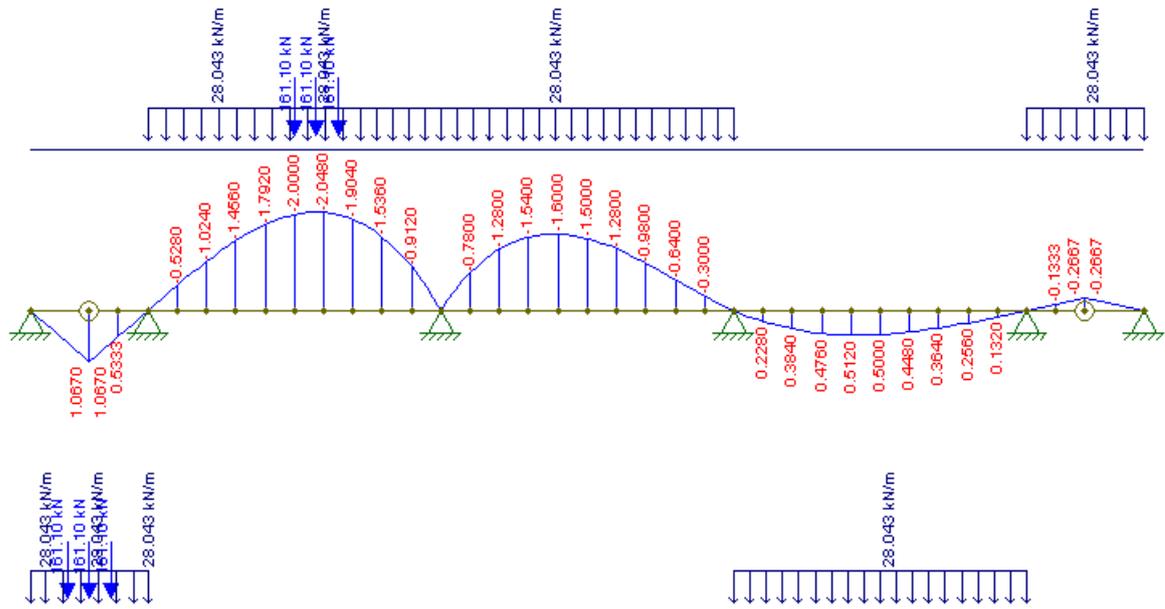


Figura 29 – Resultados obtidos para o carregamento permanente, momento fletor.

$$M^+ = 161,10 \times (0,6667 + 1,0670 + 0,6667) + 28,043 \times (2,13 +2,13 +6,67) = 693,21 \text{ kNm}$$

$$M^- = 161,10 \times (-2,001-2,053-2,001) + 28,043 \times (-26,67-20 -0,53 -0,53) = - 2313,95\text{kNm}$$

Carregamento da LI no esforço cortante:

Seção S10

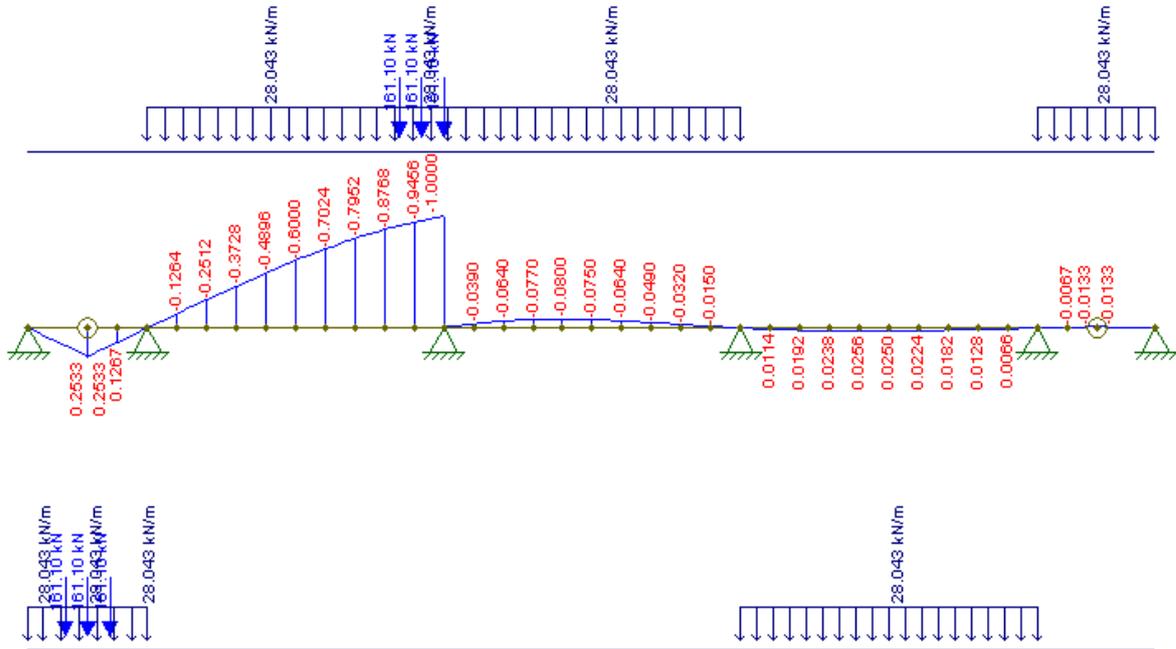


Figura 30 – Resultados obtidos para o carregamento permanente, esforço cortante.

$$V^+ = 161,10 \times (0,1583 + 0,2533 + 0,1583) + 28,043 \times (0,51 + 0,51 + 0,33) = 129,67 \text{ kN}$$

$$V^- = 161,10 \times (-1 - 0,9606 - 0,9129) + 28,043 \times (-11,33 - 1,00 - 0,03 - 0,03) = -810,37 \text{ kN}$$

5.4.2 Momento Fletor para a carga móvel

Os resultados obtidos para os cálculos acima são apresentados na tabela:

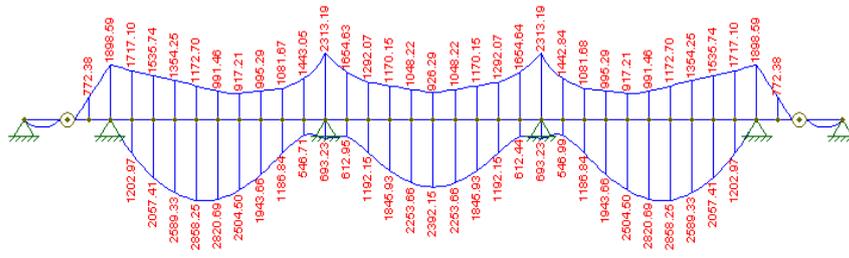


Figura 31 – Resultado de momento obtido para a carga móvel.

	Mq máx (KNm)	Mq mín (KNm)
S _{1/2} bal	0,00	-772,38
S ₀ esq	0,00	-1898,59
S ₀ dir		
S ₁	1202,97	-1717,10
S ₂	2057,41	-1535,74
S ₃	2589,33	-1354,25
S ₄	2858,25	-1172,70
S ₅ esq	2820,69	-991,46
S ₅ dir		
S ₆	2504,50	-917,21
S ₇	1943,66	-995,29
S ₈	1186,84	-1081,67
S ₉	546,71	-1443,05
S ₁₀ esq	693,23	-2313,19
S ₁₀ dir		
S ₁₁	612,95	-1654,63
S ₁₂	1192,15	-1292,07
S ₁₃	1845,93	-1170,15
S ₁₄	2253,66	-1048,22
S ₁₅	2392,15	-926,29

Tabela 4 – Resultados obtidos em cada seção pela carga móvel.

5.4.3 Esforço cortante devido a carga móvel

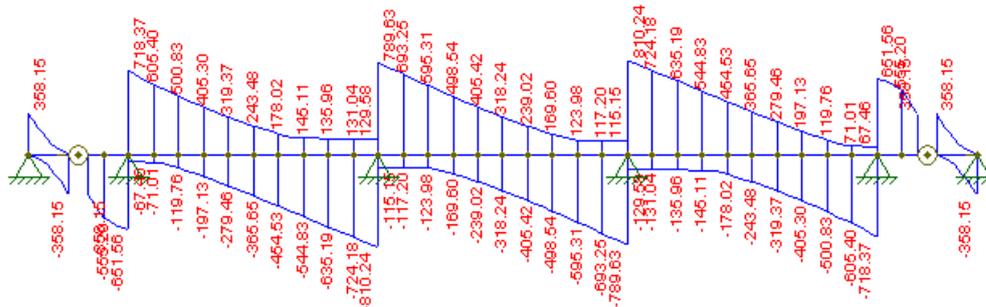


Figura 32 – Diagrama de esforço cortante para a carga móvel.

	Vq máx (KN)	Vq mín (KN)
S_{1/2bal}	0,00	-555,20
S_{0esq}	0,00	-651,56
S_{0dir}	718,37	-67,46
S1	605,40	-71,01
S2	500,83	-119,76
S3	405,30	-197,13
S4	319,37	-279,46
S_{5esq}	243,48	-365,65
S_{5dir}		
S6	178,02	-454,53
S7	145,11	-544,83
S8	135,96	-635,19
S9	131,04	-724,18
S_{10esq}	129,58	-810,24
S_{10dir}	789,63	-115,15
S11	693,25	-117,20
S12	595,31	-123,98
S13	498,54	-169,60
S14	405,42	-239,02
S15	318,24	-318,24

Tabela 5 – Resultados obtidos para cada seção no esforço cortante da carga móvel.

Assim podemos comparar os valores para a seção 10:

Seção 10

	Cálculo	Ftool
Mq máx (KNm)	693,21	693,23
Mq mín (KNm)	-2313,95	-2313,19
Vq máx_{esq} (KN)	129,67	129,58
Vq mín_{esq} (KN)	-810,37	-810,24
Vq máx_{dir} (KN)	789,55	789,63
Vq mín_{dir} (KN)	-115,08	-115,15

Tabela 6 – Comparação dos valores obtidos na seção 10 das tabelas 4 e 5.

Podemos observar que os valores obtidos são bem próximos, as pequenas diferenças podem ser provenientes das aproximações realizadas nos cálculos.

6 CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

O projeto de pontes de concreto armado exige um enorme trabalho. Porém a análise de comportamento de estruturas se tornou muito mais clara em aplicações a problemas reais como o dimensionamento de uma estrutura real. A ajuda de softwares também auxilia na análise estrutural.

O desenvolvimento de um projeto estrutural possui uma complexidade bastante elevada e de grande importância já que ele determina a segurança da obra. Deve ser realizado com calma e bastante atenção em todas as etapas do processo.

Na parte de softwares o campo de desenvolvimento é bem grande, portanto busco como novas pesquisas de estudos para outros programas computacionais, visando uma maior precisão a aplicação dos cálculos e análise comportamental das obras.

Com base nos cálculos e esforços obtidos concluímos que a seção 10 é a região que possui o esforço mais desfavorável, sendo o ponto crítico encontrado, fazendo assim com que ela seja a base para o dimensionamento da estrutura.

Para o desenvolvimento de trabalhos futuros podem ser realizados os cálculos para os pilares, o estudo das fundações e até o cálculo para uma ponte ferroviária modificando o trem-tipo utilizado.

Os anexos apresentados a seguir são uma cortesia do Engenheiro Sérgio Marques de Almeida, Arte Pontes Consultoria e Projetos Ltda. Engenheiro de renome no mercado de estruturas e cálculo de pontes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7188**. Carga móvel em ponte rodoviária e passarela de pedestre. 2013.

_____. **NBR 6120**. Cargas para o cálculo de estrutura de edificações. 1978

_____. **NBR 7189**. Cargas móveis para o projeto estrutural de obras ferroviárias. 1983

_____. **NBR 7187**. Projeto e execução de pontes de concreto armado. 2002

_____. **NBR 8681**. Ações e segurança nas estruturas. 2002

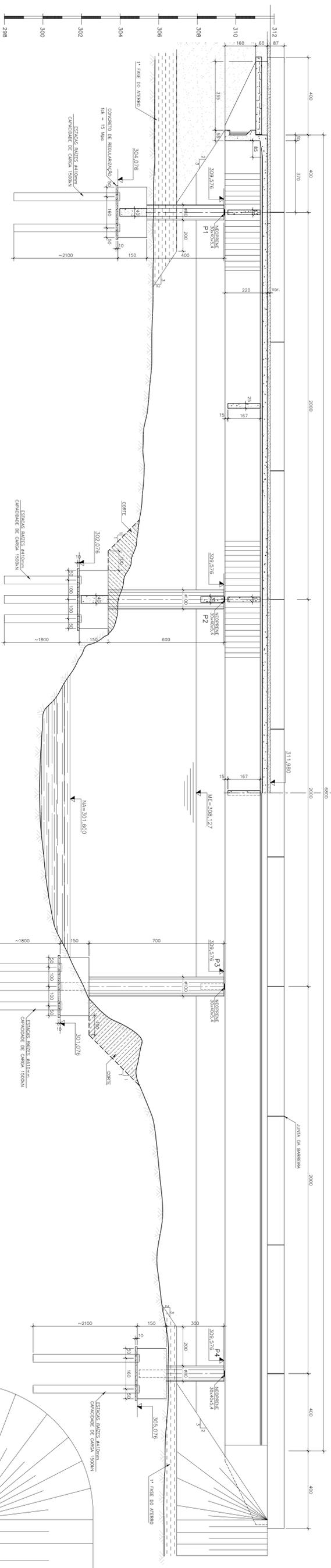
_____. **NBR 14885**. Segurança no tráfego – Barreiras de concreto. 2004

MARCHETTI, Osvaldemar, 2008. **PONTES DE CONCRETO ARMADO**. 1 Reimpressão 2009. Editora BLUCHER

MASON, Jayme, 1977. **PONTES EM CONCRETO ARMADO E PROTENDIDO**. Livros técnicos e científicos editora S.A. Rio de Janeiro.

PFEIL, Walter, 1979. **PONTES EM CONCRETO ARMADO: ELEMENTOS DE PROJETOS, SOLICITAÇÕES, DIMENSIONAMENTOS**. Livros técnicos científicos editora S.A. Rio de Janeiro.

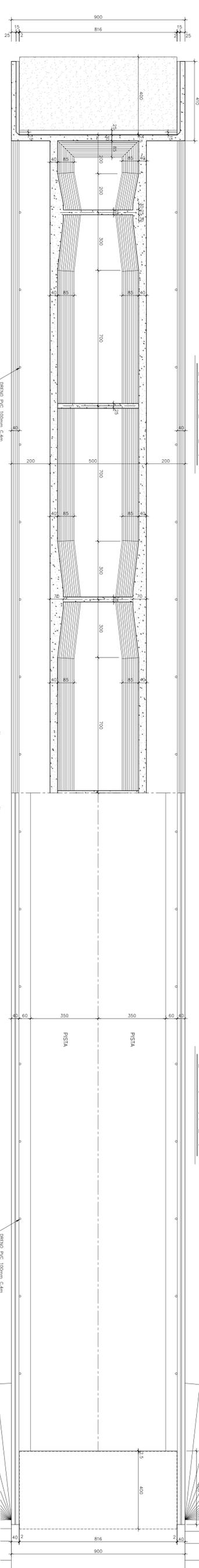
MEIO CORTE



ELEVACÃO LONGITUDINAL - ESC. 1:75

MEIA VISTA

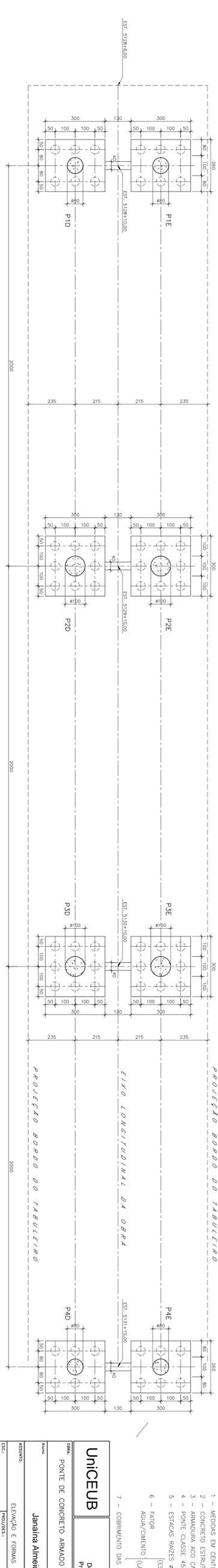
MEIO CORTE INFERIOR



PLANTA GERAL - ESC. 1:75

MEIA VISTA SUPERIOR

LOCAÇÃO DAS FUNDAÇÕES - ESC. 1:75



PROJEÇÃO BORDO DO TABULEIRO

EIXO LONGITUDINAL DA OBRA

PROJEÇÃO BORDO DO TABULEIRO

NOTAS :

- 1 - MEDIDAS EM CENTÍMETROS, ELEVACÃO EM METROS
- 2 - CONCRETO ESTRUTURAL, fck = 25 Mpa
- 3 - ARMADURA AÇO CA-50
- 4 - FONTE CLASSE 45
- 5 - ESTACAS PARALELAS Ø10mm (ESTACA, BLOCOS, PILARES E CONC. SIMPLES)
- 6 - FATOR (ESTACA, BLOCOS, PILARES E CONC. SIMPLES)
ÁGUA/CEMENTO (LULLES, VIGAS E TRINÇOS) = 0,60
ÁGUA/CEMENTO (LULLES, VIGAS E TRINÇOS) = 0,45
- 7 - COEFICIENTE DAS ARMADURAS : C = 3,0cm

UNICEUB

FATECS

Departamento de Engenharia Civil
Projeto Final de Engenharia Civil III

Obra: PONTE DE CONCRETO ARMADO (68,0 x 9,00 m)

Aluno: **Janaína Almeida Bacelar Gama**

Assunto: **ELEVACÃO E FORMAS**

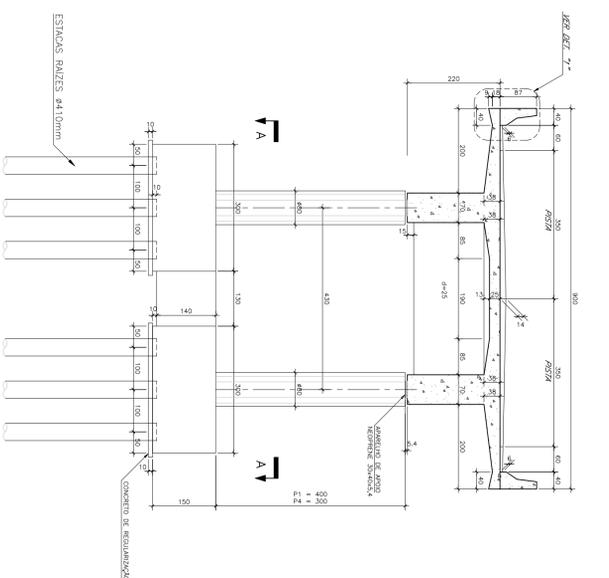
Esc.: **INDICADOS**

Proj./Reds.: **Sergio Marques**

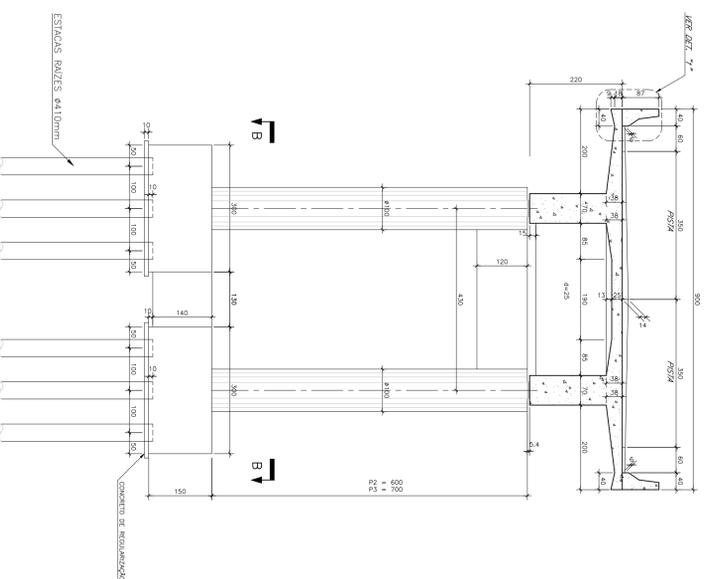
Data: **Novembro/2014**

Folha N.º: **01/03**

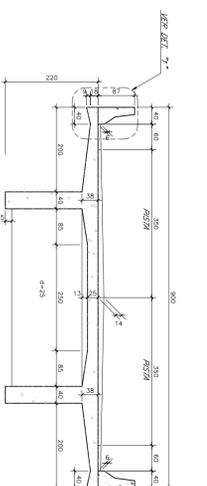
SEÇÃO TRANSVERSAL NOS APOIOS P1=P4 - ESC. 1:50



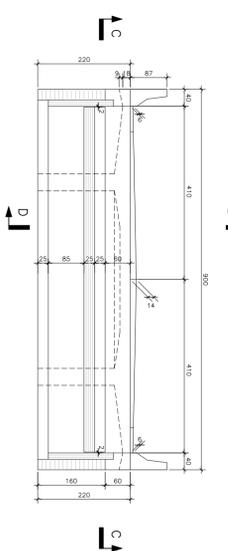
SEÇÃO TRANSVERSAL NOS APOIOS P2=P3 ESC. 1:50



SEÇÃO TRANSVERSAL NO MEIO DO VÃO ESC. 1:50



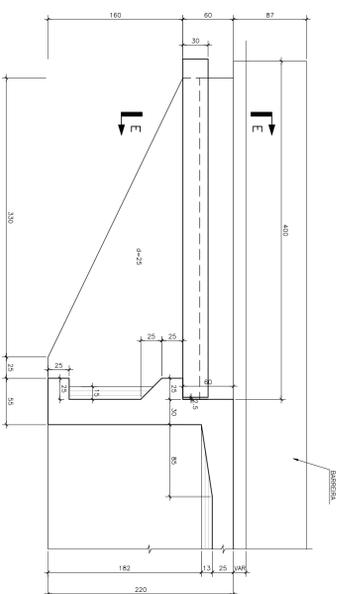
VISTA FRONTAL DA CORTINA



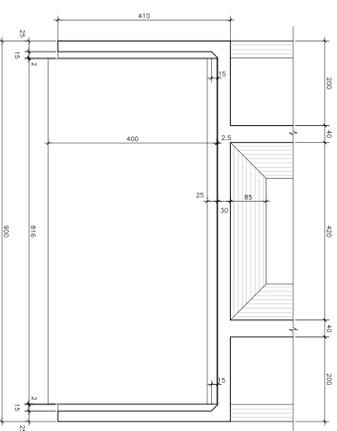
1

1

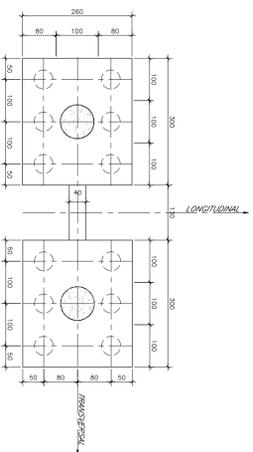
CORTE D-D ESC. 1:25



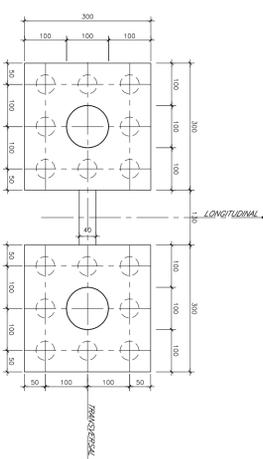
CORTE C-C - ESC. 1:50



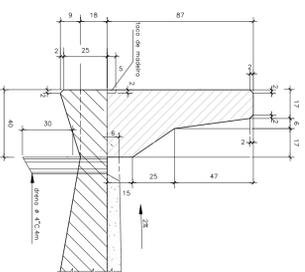
CORTE A-A - ESC. 1:50



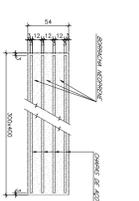
CORTE B-B - ESC. 1:50



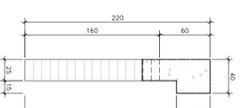
DETALHE 111 - ESC. 1:25



DETALHE DO NEOPRENE (8x)



CORTE E-E ESC. 1:25



NOTAS :

- 1 - MEDIDAS EM CENTÍMETROS, ELEVADO EM METROS
- 2 - CONCRETO ESTRUTURAL fck = 25 MPa
- 3 - ARMAÇÃO AÇO CA-50
- 4 - PONTE CAIXÃO 2x2
- 5 - ESTACAS RAIZES (ESTACA, BLOCOS, PUADES E CONJ. SARETES) ø410mm
- 6 - FATOR FATOR ÁGUA/CONCRETO = 0,60
- 7 - COEFICIENTE DE TRANSF. FATOR ÁGUA/CONCRETO = 0,45

UNICEUB		FATECS	
Ponte de concreto armado (68,0 x 9,00 m)		Departamento de Engenharia Civil	
Projeto Final da Engenharia CIVIL III		Projeto Final da Engenharia CIVIL III	
Autor: Jarajna Almeida Barcelar Gama		Tutor: Prof. Dr. Carlos Roberto de Jesus	
Assessor: Jarajna Almeida Barcelar Gama		Tutor: Prof. Dr. Carlos Roberto de Jesus	
Detalhes de forma		Data: Novembro/2014	
Indicadas: Sérgio Moraes		Folha nº: 02/03	