

OBRA DE ARTE ESPECIAL 09A – RIACHO FUNDO.

Memorial descritivo

FEVEREIRO/2021

03	Revisão projeto básico	02/2021			
02	Revisão projeto básico	02/2021			
01	Revisão projeto básico	01/2121			
00	Emissão inicial	05/2020			
Nº	MODIFICAÇÃO	DATA	FEITO	VISTO	APROVO
REVISÕES					

 Empreendimentos Sustentáveis		PROJETO	
		Corredor Eixo Sudoeste	
VISTO		LOCALIZAÇÃO	
		Brasília - DF	
APROVO		ESPECIALIDADE/SUBESPECIALIDADE	
		Obra de Arte Especial	
RESPONSÁVEL TÉCNICO / CREA			
FABIO POLTRONIERI - CREA 7750/D-ES 			
COORDENADOR / CREA			
Arlindo Verzegnassi Filho / CREA: 5060497290/D-SP 			
ETAPA DE PROJETO	TIPO/ESPECIFICAÇÃO DO DOCUMENTO		DATA
Grupo - 3	Memorial descritivo – OAE-09A		Fevereiro/2021
	CODIFICAÇÃO		REVISÃO
			R03

SUMÁRIO

1	Introdução	3
2	OAE 9A.....	4
2.1	Dados iniciais e considerações de projeto:	5
2.2	Materiais admitidos	6
2.3	Normas e Referências Bibliográficas	7
2.4	Ferramentas Computacionais	7
2.5	Esboço conceitual da OAE	8
2.6	Análise estrutural	11
2.6.1	Cargas permanentes	11
2.6.2	Sobrecargas	12
2.6.3	Vento	12
2.6.4	Verificação aos esforços longitudinais	12
2.6.4.1	Verificação da descompressão para a combinação de ações Quase Permanente na seção de maior momento positivo:	14
2.6.4.2	Verificação da formação de fissuras para a combinação de ações Frequentes na seção de maior momento positivo:	14
2.6.4.3	Verificação para a combinação de ações ELU na seção de maior momento positivo:	15
2.6.5	Verificação da laje na transversal.....	15
2.6.5.1	Verificação do momento no balanço da seção.....	16
2.6.5.1.1	Ações quase permanentes	16
2.6.5.1.2	Ações Frequentes	17
2.6.5.1.3	Ações ELU	17
2.6.5.2	Verificação do momento no centro do tabuleiro	17
2.6.5.2.1	Ações quase permanentes	18
2.6.5.2.2	Ações Frequentes	18
2.6.5.2.3	Ações ELU	19
2.6.5.3	Verificação das lajes nos encontros.....	19
2.6.6	Verificação dos pilares centrais.....	20
2.6.6.1	Pilar central P3	20
2.6.6.2	Pilar de encontro P6	21
2.6.6.3	Cortina lateral de acesso da OAE.....	22
2.6.7	Verificação de distribuição de cargas nas estacas	25
2.6.8	Drenagem pluvial das superfícies na projeção da OAE.....	26
2.6.9	Juntas de dilatação.....	26
2.6.10	Plano de trabalho	28

Projeto conceitual do conjunto de obras de arte especiais
EPNB x Riacho Fundo

1 INTRODUÇÃO

O complexo de obras de arte especiais do Riacho Fundo é composto por 4 intervenções diferentes, a saber:

- ✓ 9 A – Viaduto sobre a EPNB Retorno Samambaia;
- ✓ 9 B – Trincheira sob a Rod. Riacho Fundo I QN2 na EPNB;
- ✓ 9 C - Trincheira sob a Rod. Riacho Fundo I QN2 na EPNB
- ✓ 9 D – Trincheira sob a EPNB Retorno EPIA;

A OAE 9A está representada no projeto geométrico com seu alinhamento representado no perfil V51. Desenvolve-se desde a estaca E2+5,00 até à estaca E14+12,00, comprimento total de 247 metros lineares. Sobrelargura no trecho curvo de 13,60 metros. Área total aproximada de 3.359 m².

As OAE's 9B e 9C estão representadas no projeto geométrico com seus alinhamentos representados respectivamente nos perfis V19-F e V19-E. Desenvolvem-se desde a estaca E5+0,00 até à estaca E7+17,00, comprimento total de 64 metros lineares. Largura de 8,0 metros. Área total aproximada de 512,0 m² cada uma.

A OAE 9D está representada no projeto geométrico com seu alinhamento representado no perfil V50. Desenvolve-se desde a estaca E2+2,00 até à estaca E14+02,00, comprimento total de 240 metros lineares. Sobrelargura no trecho curvo de 13,60 metros. Área total aproximada de 2.865 m².

Sob as OAE's 9B e 9C, perpendicularmente, desenvolve-se ao longo dos eixos V01, V02 e V03 (corredor BRT e vias da EPNB) uma linha de contenção em ambos os lados da via para realizar o mergulho sob as obras de arte supra citadas.

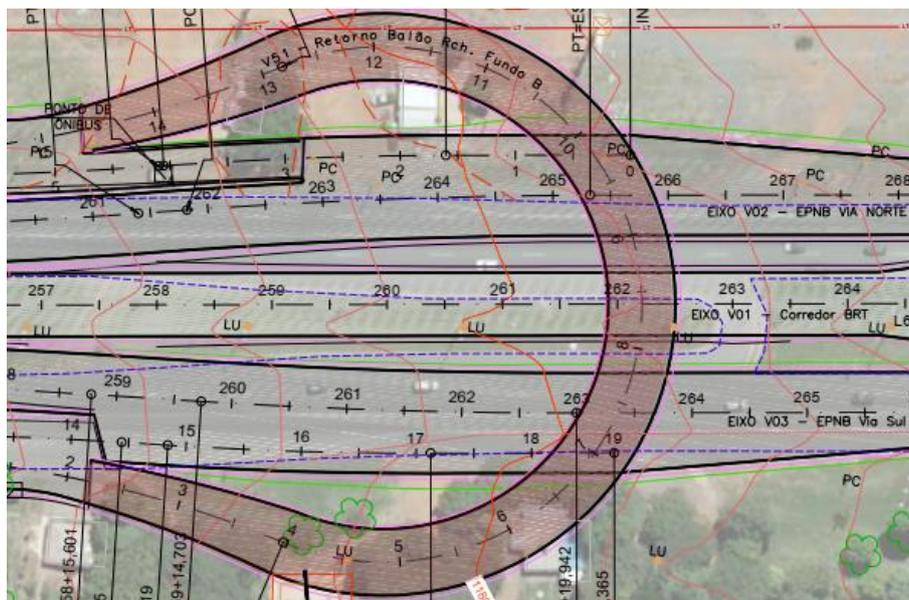


Figura 1 - OAE 9A – Viaduto retorno Samambaia

Volume 1- 1.2 Relatórios
1-2-5 Relatório Projeto de OAE

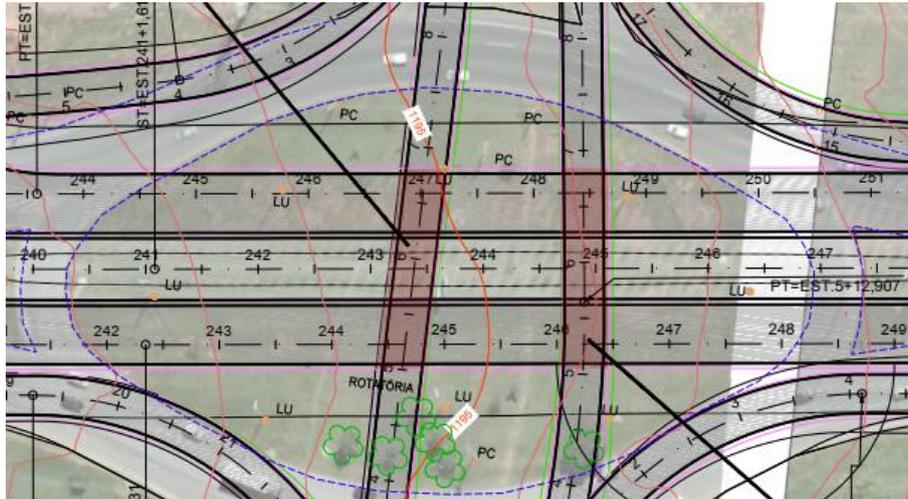


Figura 2 - OAE 9B e 9C. Viadutos

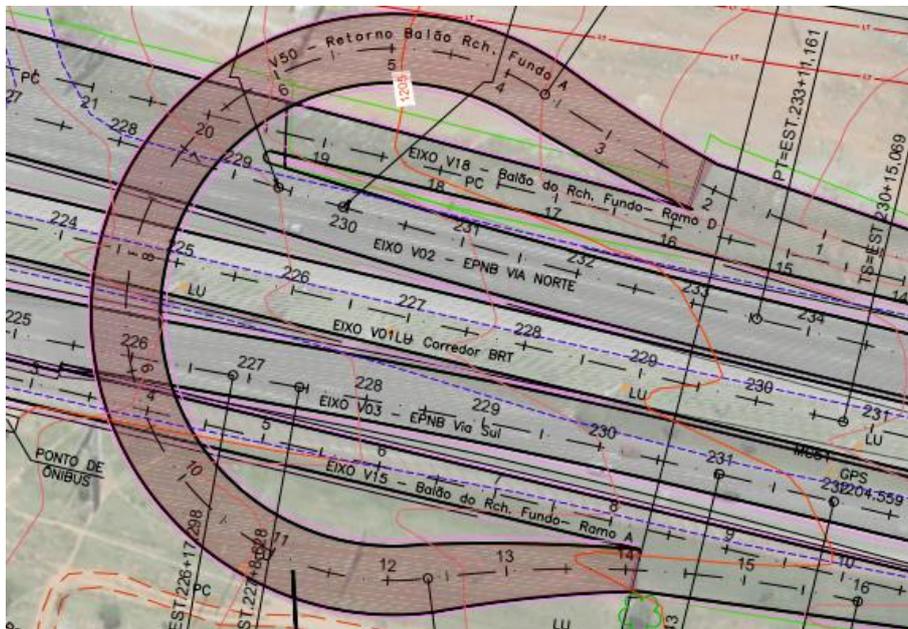


Figura 3 - OAE 9D. Trincheira sob EPNB

2 OAE 9A

Viaduto rodoviário sobre a EPNB. Coordenadas de localização da OAE: 820445 E / 8242279 S Sirgas 2000 Zona 22L. Distrito Federal.

O projeto segue as exigências do DER-DF observando atender às necessidades econômicas e de segurança. Sua função é permitir o retorno de veículos exclusivamente sobre a EPNB, especificamente os que seguem sentido EPIA e pretendem retornar para o SH Arniqueiras. Não está previsto tráfego de pedestres sobre a OAE.

A solução adotada para o sistema estrutural da OAE foi de seção caixa adaptada padrão AASHTO PCI, em concreto protendido para a porção central de transição sobre a rodovia. Nos acessos a opção foi a utilização da mesma seção da porção do tabuleiro, porém apoiada sobre paredes de concreto contínuas. Esta solução se justifica pelo fato de que a geometria adotada é a que melhor se comporta perante os esforços de torção oriundos da curvatura horizontal da OAE, com raio mediano no alinhamento com valor de aproximadamente 45 metros.

2.1 DADOS INICIAIS E CONSIDERAÇÕES DE PROJETO:

- Dimensões da OAE: 247,0 x 13,60 (comprimento x largura) metros;
- Ações devido ao peso próprio:
 - Densidade do concreto armado = 25 kN/m³;
- Ações permanentes:
 - Àquelas advindas do peso próprio da estrutura de outros elementos constituintes a considerar, tal como barreiras de concreto, lajes de passeio, tubulações de redes técnicas, etc.;
- Ações variáveis:
 - Sobrecarga de multidão sobre o tabuleiro = 5,0 kN/m²;
- Ações dinâmicas:
 - Trem-tipo de 450 kN – padrão ABNT;
 - Ação de frenagem = 30% do trem-tipo;
 - Impacto de veículos nos pilares = 100 kN na direção do tráfego e 50 kN na direção perpendicular, não concomitantes;
 - Ação do vento – Pressão dinâmica considerada como carga horizontal no topo dos pilares a partir da respectiva área de influência. Carga de pressão dinâmica considerada = 0,70 kN/m²;
- Coeficiente de impacto:
 - Comprimento L considerado = 17 metros;
 - Número de vias de rolamento = 2;
 - CIV = 1,32
 - CNF = 1,0
 - CIA = 1,25
 - Para o cálculo de lajes no centro da OAE = 1,32;
 - Para o cálculo de lajes próximo aos apoios = 1,65;
 - Para o cálculo de seções à flexão no centro da OAE = 1,32;
 - Para o cálculo de seções à flexão próximo os apoios = 1,65;
- Força centrífuga para raio de curvatura < 300 metros = 0,25 x Trem-tipo = 112,5 kN. Aplicado na radial sobre os apoios intermediários;
- Risco de penetração de cloretos: inexistente;
- Classe de agressividade admitida: II – moderada, urbana de clima seco com umidade média anual menor que 65%;
- Cobrimento mínimo das peças estruturais na armadura passiva = 3,0 cm;

Volume 1- 1.2 Relatórios
1-2-5 Relatório Projeto de OAE

Dados climatológicos para Brasília													[Esconder]
Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
Temperatura máxima recorde (°C)	32,6	31,4	32,1	31,6	30,2	31,6	30,8	33	35,8	36,4	34,5	33,7	36,4
Temperatura máxima média (°C)	26,5	27	26,7	26,6	25,9	25	25,3	26,9	28,4	28,2	26,7	26,3	26,6
Temperatura média compensada (°C)	21,6	21,7	21,6	21,3	20,2	19	19	20,6	22,2	22,4	21,5	21,4	21,4
Temperatura mínima média (°C)	18,1	18	18,1	17,5	15,6	13,9	13,7	15,2	17,2	18,1	18	18,1	16,8
Temperatura mínima recorde (°C)	12,2	11	14,5	10,7	3,2	3,3	1,6	5	9	10,2	11,4	13,5	1,6
Precipitação (mm)	209,4	183	211,8	133,4	29,7	4,9	6,3	24,1	46,6	159,8	226,6	241,5	1 477,4
Dias com precipitação (≥ 1 mm)	17	14	14	8	3	1	1	2	5	11	17	19	112
Umidade relativa compensada (%)	76,2	74,7	76,8	72,2	66,2	58,7	52,7	46,8	50,3	62,8	74,5	78	65,8
Horas de sol	150,9	158,9	166,5	204,6	239,5	254,3	268,9	264,4	210,5	183,1	139,9	126,8	2 368,3

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (normal climatológica de 1981-2010);^[1] recordes de temperatura a partir de 21/08/1961).^{[2],[3]}

Tabela 1 - Dados Climatológicos da Região do Distrito Federal

Dados dos Materiais e Ambiente		Resultados	
fck (MPa)	<input type="text" value="35"/>	k _{CO₂} (mm /ano ^{1/2})	<input type="text" value="3,4"/>
Tipo de cimento	<input type="text" value="CP/II"/>	Tempo até a despassivação (anos)	<input type="text" value="138,8"/>
Cobrimento (cm)	<input type="text" value="4"/>		
CO ₂ ambiente (%)	<input type="text" value="0,1"/>		

Tabela 2 - Avaliação determinística da durabilidade e tempo de despassivação das armaduras. Atendendo a NBR 15575 nível "Superior".

Para o cálculo de carbonatação foi utilizado o valor de cobrimento de 4 cm devido à protensão que as peças fletidas estarão submetidas. Assim, os pilares e cortinas terão cobrimento mínimo de 4,0 cm para atender o critério de durabilidade. Tabuleiros e seção caixão poderão adotar cobrimento mínimo de 3,0 cm.

2.2 MATERIAIS ADMITIDOS

- Concreto estrutural para todos os fins:
 - C35: Fck ≥ 35 MPa, Ec ≥ 29.000 MPa;
 - Agregado considerado: Gnaisse/granito (Ae = 1,0);
- Aço estrutural para concreto armado - passivo:
 - CA50 A: (Fy = 500 MPa)
- Aço estrutural para protensão aderente pós tensão - ativo:
 - CP 190 RB: (Fy = 1686 MPa – alongamento a 1%)
- Aparelho de apoio:
 - Aparelho de apoio metálico, elastomérico, fixo nas duas direções, carga elu > 7390KN. Modelo TF 55. Marca de referência Rudloff.
 - Aparelho de apoio metálico, escala graduada para aferição de deformação, elastomérico, fixo em uma direção, capacidade de carga elu > 7390 KN. Modelo TF 55. Marca de referência Rudloff.

2.3 NORMAS E REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A elaboração do projeto de OAE obedeceu às condições gerais prescritas nas Normas Brasileiras em vigor, relacionadas a seguir, e por normas estrangeiras de confiabilidade notória quando não há similar nacional.

- NBR-6118: Projeto de Estruturas de Concreto
- NBR-7187: Projeto Pontes de Concreto Armado e de Concreto Protendido
- NBR-7188: Carga Móvel em Ponte Rodoviária e Passarela de Pedestres
- NBR-7191: Execução de Desenhos Para Obras de Concreto Simples ou Armado
- NBR-6123 – Versão corrigida 2013: Forças Devidas ao Vento em Edificações
- NBR-6497: Levantamento Geotécnico
- NBR-8681: Ações e Segurança nas Estruturas
- NBR-10839: Execução de Obras de arte Especiais em Concreto Armado e Concreto Protendido
- NBR-6122: Projeto e Execução de Fundações
- DIN 1073:1974-07 – Steel road bridges, design bases
- Manual de projeto de OAE – DNER: 1996

Todas as normas nas suas últimas versões em vigor.

2.4 FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS

A análise estrutural da OAE foi executada com o auxílio dos softwares:

- Ftool Versão 4.0 professional – Análise estrutural;
- SAP2000 V15 – Análise estrutural;
- TQS versão 18.3 – Dimensionamento e detalhamento de estruturas de concreto armado e protendido.
- Planilhas eletrônicas elaboradas pelo Eng. Civil Fabio Poltronieri – CREA 7750 D ES.

2.5 ESBOÇO CONCEITUAL DA OAE

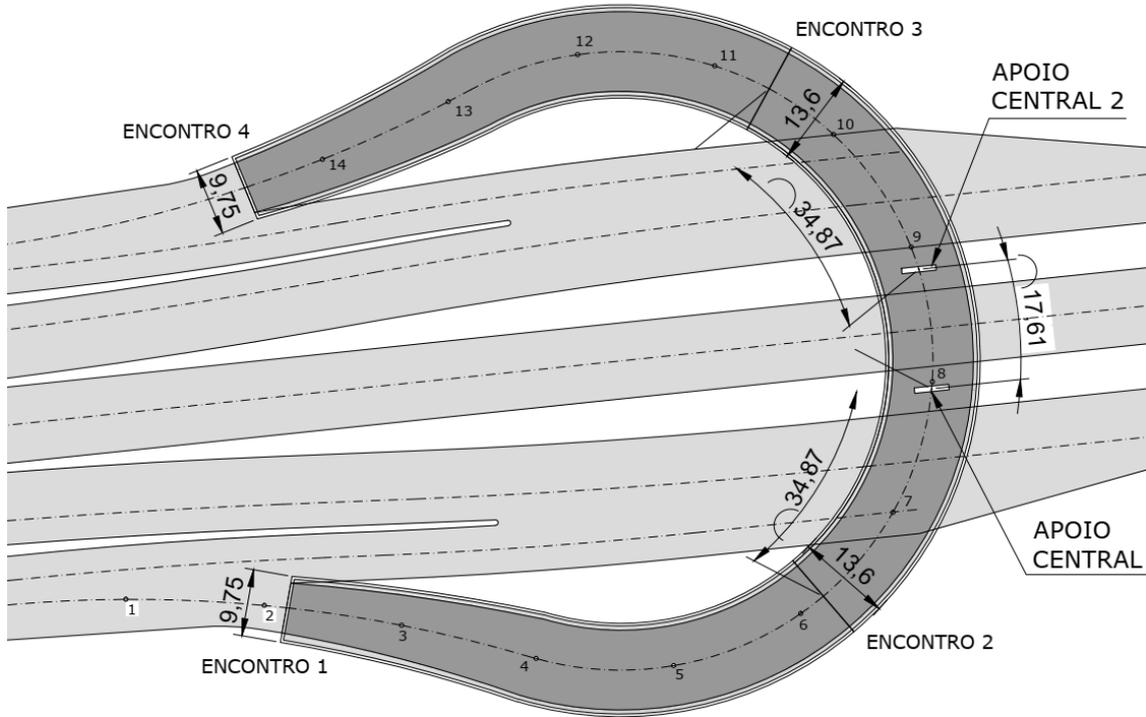


Figura 4 - Planta baixa do leito carroçável

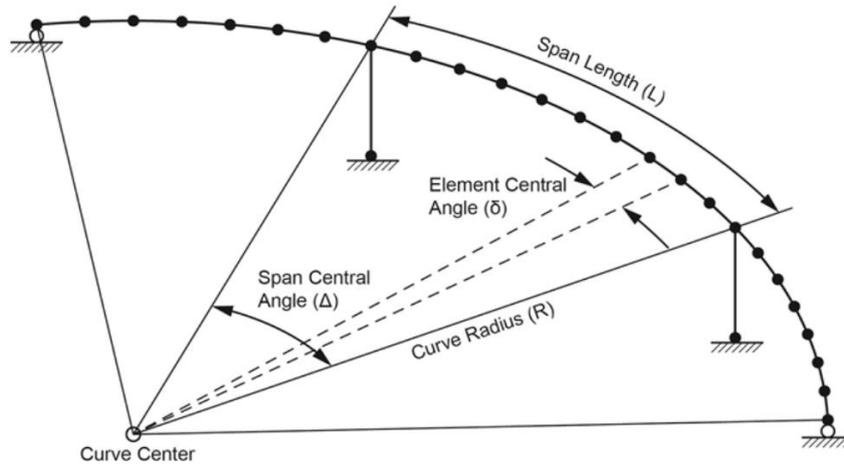


Figura 5 - Esquema estrutural adotado para o viaduto OAE 9ª

Os apoios centrais são em formato laminar com dois pontos de apoio distintos projetados a partir do dentro das almas da seção caixão. Estes pontos de apoio serão em concreto de alto desempenho com armação específica de fretagem.

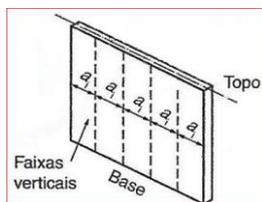


Figura 6 - Discretização dos pilares centrais

Os pilares serão dimensionados com discretização em faixas verticais para absorver corretamente os efeitos de segunda ordem.

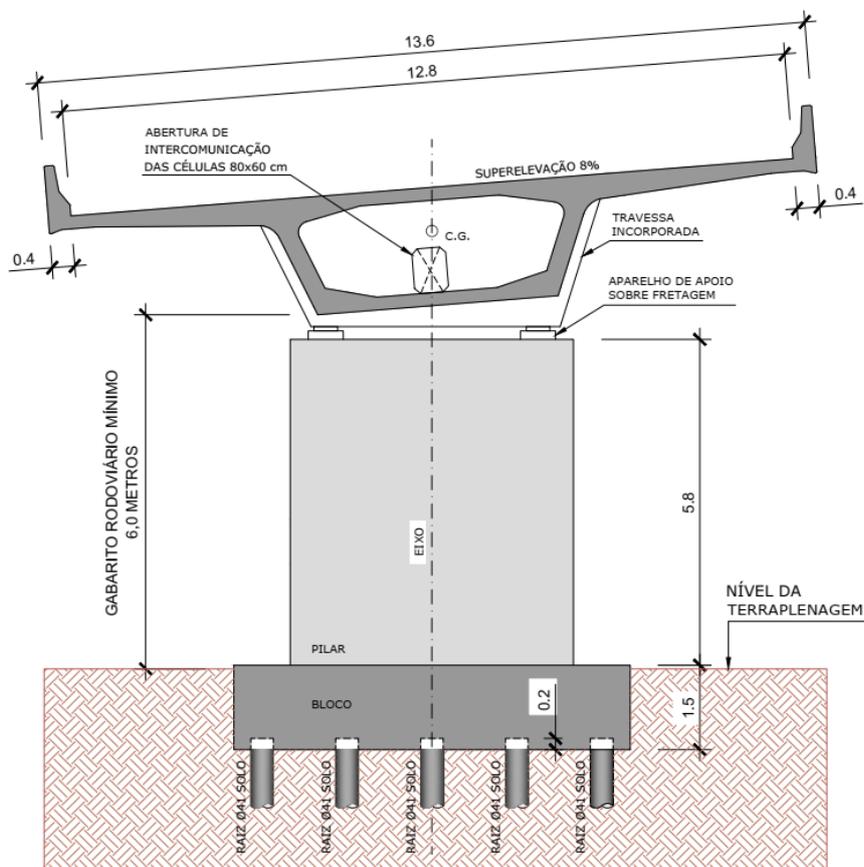


Figura 7 - Seção Transversal nos apoios centrais

Os aparelhos de apoio nos encontros 2 e 3 serão unidirecionais, metálicos, com placas de PTFE (politetrafluoretileno) com proteção anti corrosiva e contra poeiras. Sobre os pilares centrais 1 e 2 serão fixos em ambas direções.

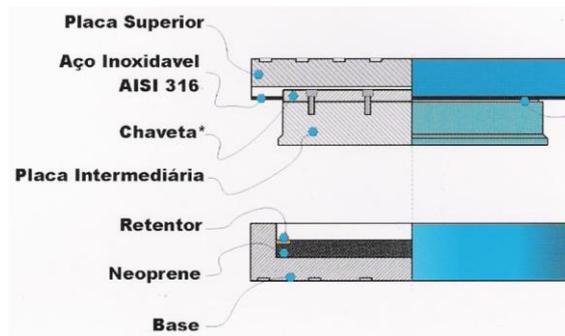


Figura 8 - Aparelho de apoio metálico à base de politetrafluoretileno.

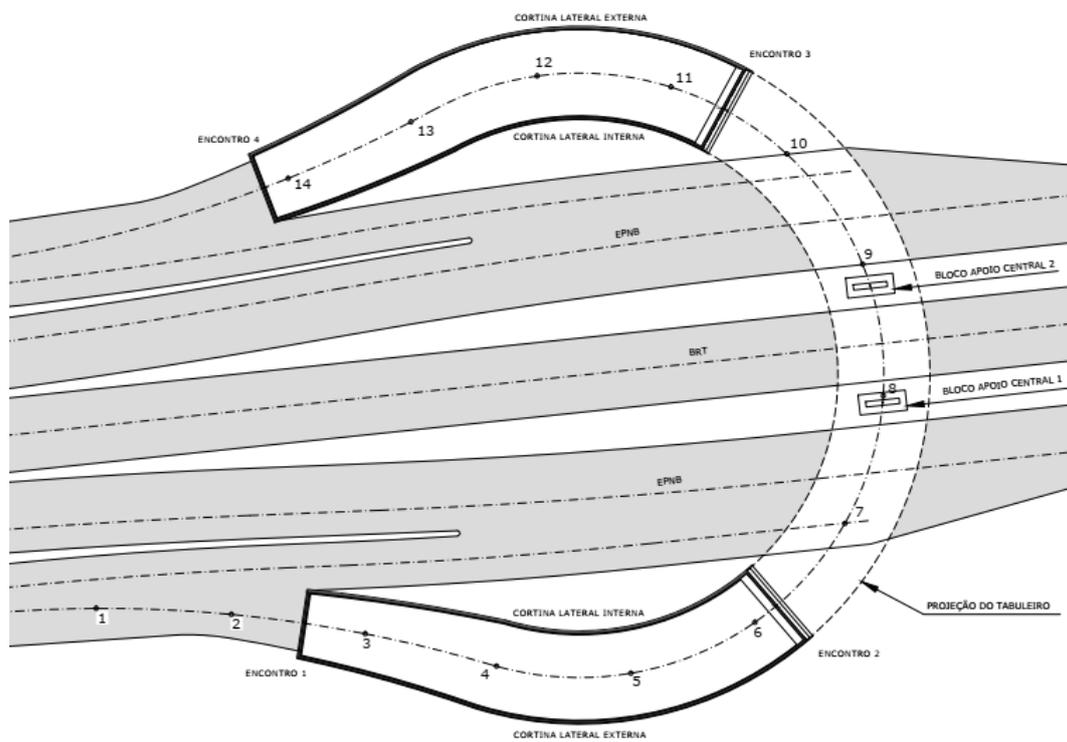


Figura 9 - Planta baixa da Meso Estrutura

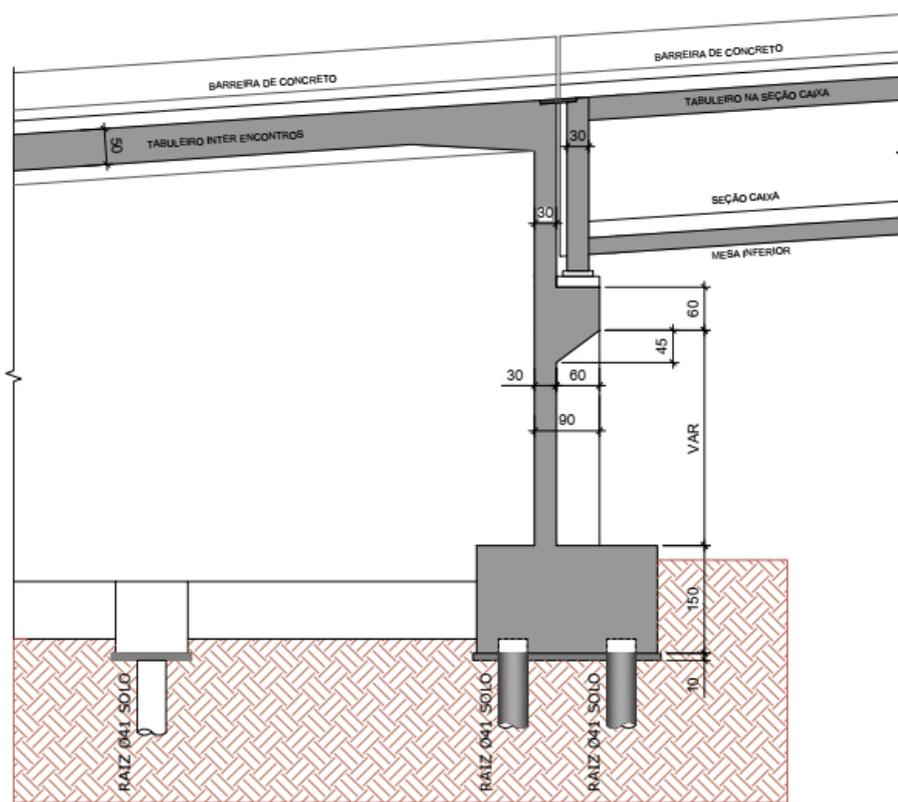


Figura 10 - Seção longitudinal nos encontros 2 e 3

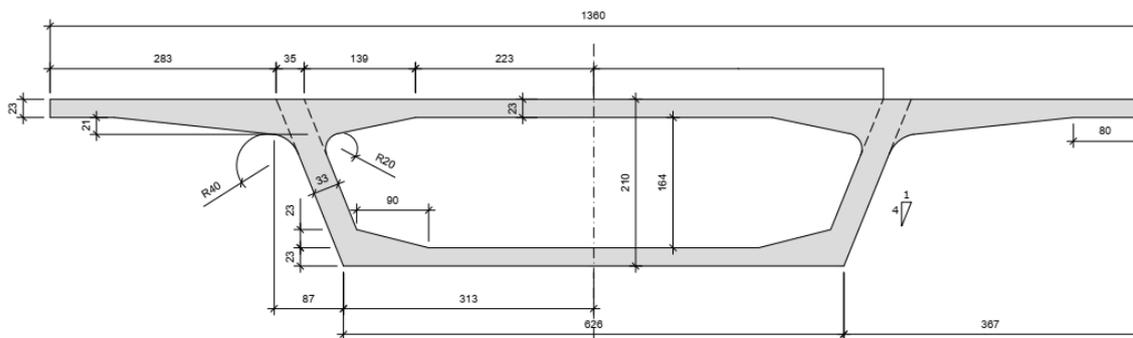


Figura 11 - Seção da caixa no vão

A seção caixa será projetada em concreto protendido. Será considerada protensão aderente com cabos dentro de bainhas injetadas no sentido longitudinal, tramitando pela alma e pelas mesas inferior e superior de acordo com o traçado dos cabos predeterminado em cálculo.

2.6 ANÁLISE ESTRUTURAL

2.6.1 Cargas permanentes

Peso próprio da seção caixa:

- Volume de concreto por metro linear de seção caixa = 6,8 m³;

- Peso da seção por metro linear = 170 kN/m;

Cargas permanentes:

- Carga de revestimento sobre a OAE: 5 cm de espessura de CAUQ com imprimação = $1,1 \text{ kN/m}^2 \times 12,8 \text{ m}$ (descontando as barreiras) = 14,1 kN/m;
- Carga de barreiras de concreto: $0,25 \text{ m}^3/\text{m} \times 25 \text{ kN/m}^3 \times 2 = 12,5 \text{ kN/m}$

Total de cargas permanentes: 196,6 kN/m para total seção caixa

Nota: a carga de revestimento CAUQ não será aplicada nessa etapa da obra, sendo que o pavimento final previsto será em concreto do tabuleiro. Este revestimento prevê na OAE uma possível intervenção futura com aplicação de revestimento, devido ao fato de que reforçar a estrutura para tal no futuro será bem mais dispendioso do que prever esse carregamento na fase de projeto inicial.

2.6.2 Sobrecargas

Sobrecarga de multidão: $5,0 \text{ kN/m}^2 \times 12,8 \text{ m} = 64,0 \text{ kN/m}$

Trem tipo: Classe 450 kN conforme NBR 7188/2013

2.6.3 Vento

Área de influência do vento: $7,6 \text{ m}^2/\text{m}$

Pressão do vento: $7,6 \text{ m}^2/\text{m} \times 0,7 \text{ kN/m}^2 = 5,32 \text{ kN/m}$

2.6.4 Verificação aos esforços longitudinais

Para as envoltórias será considerado 50% da carga permanente, 50% da sobrecarga e 100% do TT de 450 kN.

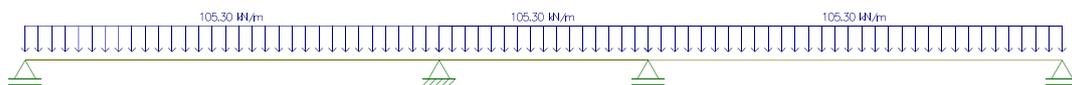


Figura 12 - Carregamento CP meia seção

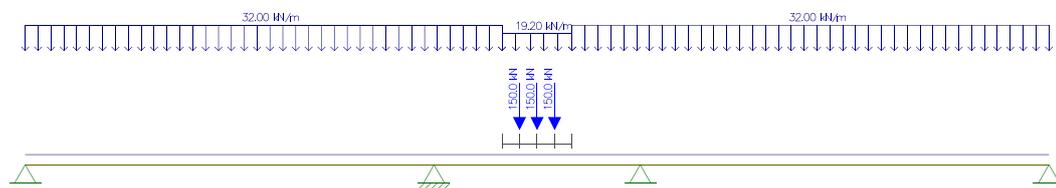


Figura 13 - Trem tipo sobre meia seção

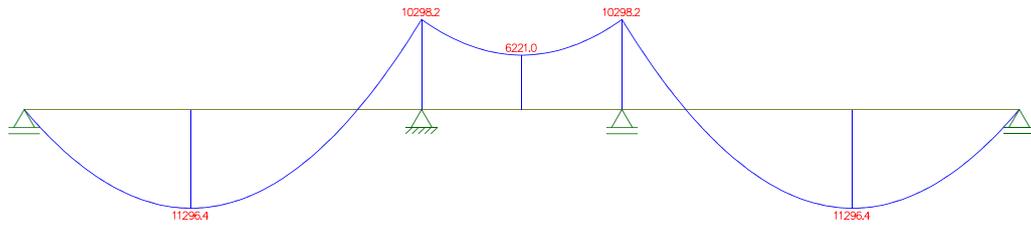


Figura 14 - Diagrama de momentos de cargas permanentes (CP)

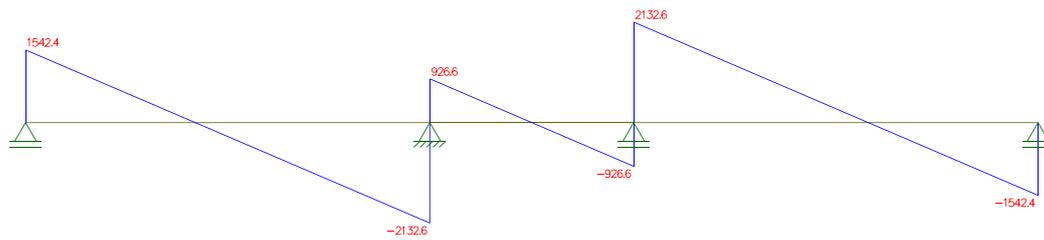


Figura 15 - Cisalhamento das cargas permanentes (CP)

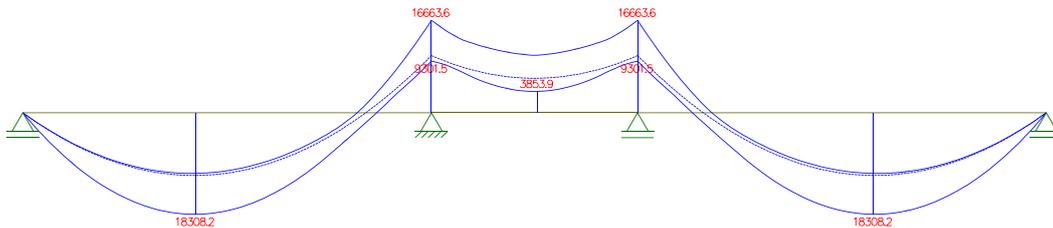


Figura 16 - Envoltória de momentos fletores

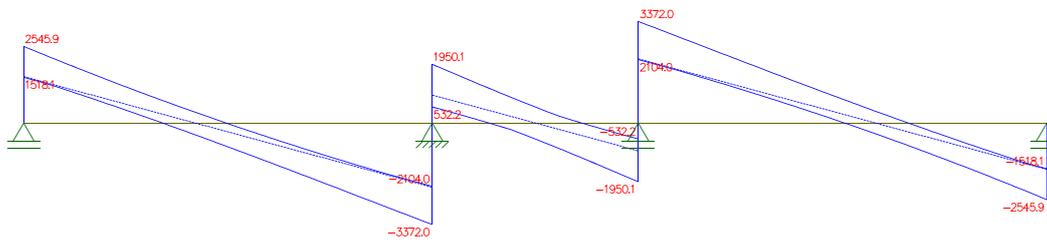


Figura 17 - Envoltória de cisalhamento

Para a classe de agressividade II adotada, a NBR 6118/2014 recomenda que sejam atendidos os seguintes limites abaixo:

- Estado limite de descompressão para a combinação de ações “Quase Permanente”;
- Estado limite de formação de fissuras na combinação de ações “Frequentes”;
- Estado limite último para a combinação de ações “Última”;
- Protensão limitada.

Foi adotado para a seção armadura mínima no valor de 0,15% da área de concreto = 25,5 cm². A armadura física adotada foi de 9 barras de 20 mm CA50A.

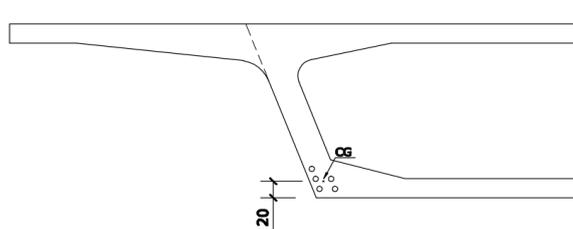
A armação de protensão foi estimada inicialmente em 75 cordoalhas condensadas em 5 cabos de 15 cordoalhas cada, com bitola de 15,2 mm CP 190 RB.

As perdas de protensão foram estimadas em 15% devido ao traçado dos cabos a considerar:

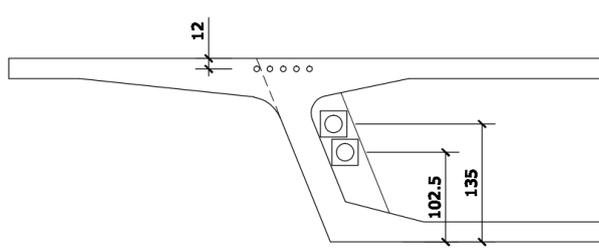
- Relaxação do aço;
- Atrito dos cabos com as bainhas;
- Atrito em curvas e atrito parasita;
- Acomodação das ancoragens;
- Retração do concreto;
- Fluência do concreto;

Ações utilizadas na verificação:

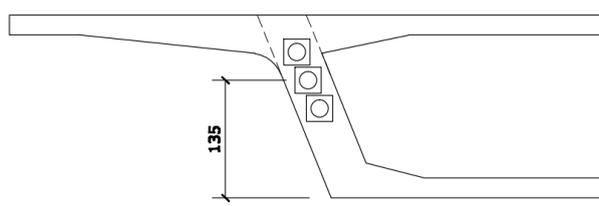
- Momento máximo para combinação de ações quase permanentes = 13399,9 kN.m
- Momento máximo para combinação de ações Frequentes = 14802,3 kN.m
- Momento ELU = 25767,8 kN



Passagem dos cabos no centro dos vãos laterais da seção caixa

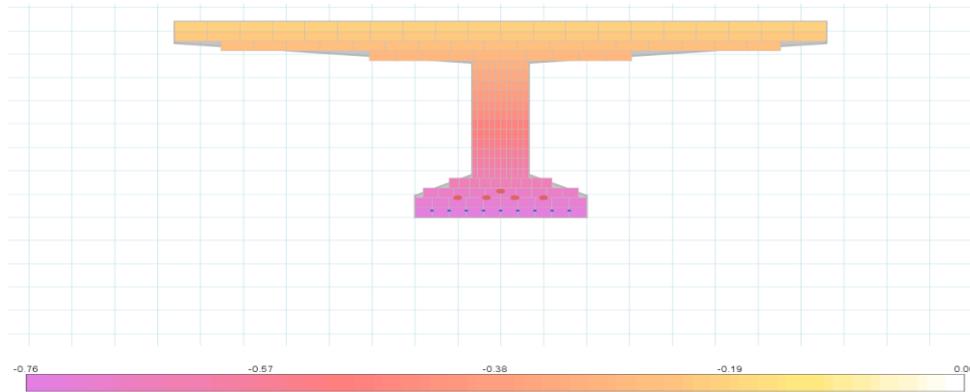


Ancoragem intermediária e passagem no negativo no tramo central da seção caixa



Ancoragem nos apoios extremos

2.6.4.1 Verificação da descompressão para a combinação de ações Quase Permanente na seção de maior momento positivo:



Deformação específica no bordo superior = -0,19‰

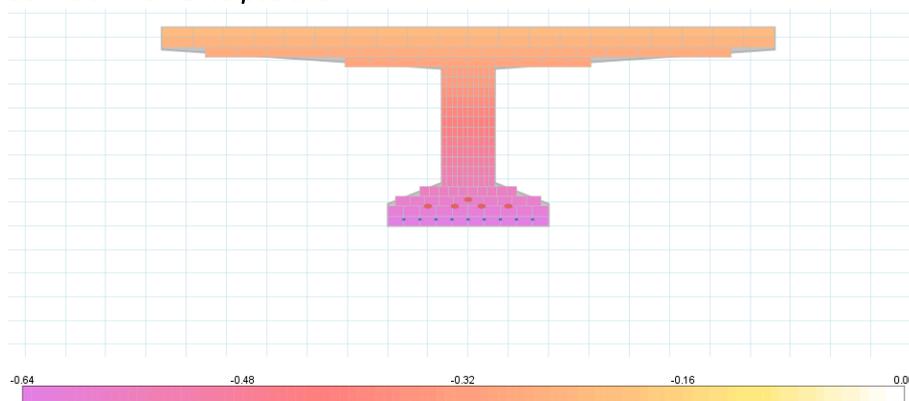
Deformação específica no bordo inferior = -0,74‰

Deformação específica na armadura passiva = -0,74‰

Respeita o EL de descompressão – ok!

Deformação específica na armadura ativa = 9,32‰

2.6.4.2 Verificação da formação de fissuras para a combinação de ações Frequentes na seção de maior momento positivo:



Deformação específica no bordo superior = -0,23‰

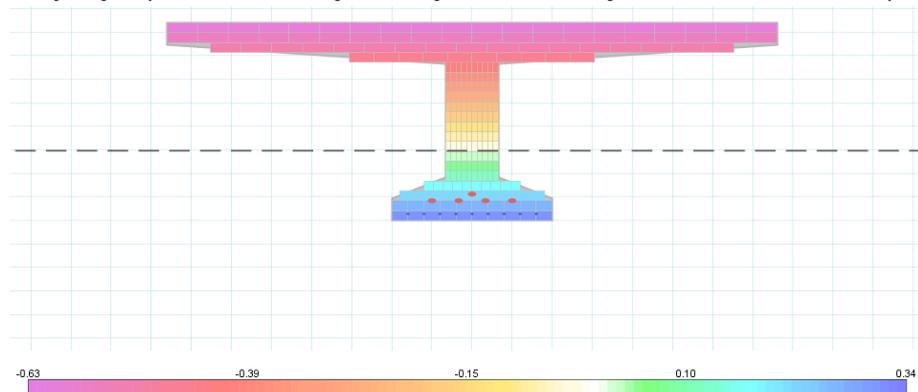
Deformação específica no bordo inferior = -0,63‰

Deformação específica na armadura passiva = -0,63‰

Respeita o EL de descompressão e de formação de fissuras – ok!

Deformação específica na armadura ativa = 9,40‰

2.6.4.3 Verificação para a combinação de ações ELU na seção de maior momento positivo:



Deformação específica no bordo superior = $-0,61\%$

Deformação específica no bordo inferior = $0,32\%$

Deformação específica na armadura passiva = $0,31\%$ (65,4 MPa tração – ok!)

Deformação específica na armadura ativa = $10,21\%$ – (1466 MPa tração – ok!)

2.6.5 Verificação da laje na transversal

Como o afastamento entre os pontos de carregamento do trem tipo ABNT é de 150 cm, com cargas pontuais de 75 kN, para uma faixa de 1,0 metro de largura, será inserida uma carga equivalente e proporcional à largura de ação da mesma, com módulo de 50,3 kN. A estas cargas soma-se a sobrecarga de multidão e as cargas devido ao peso próprio.

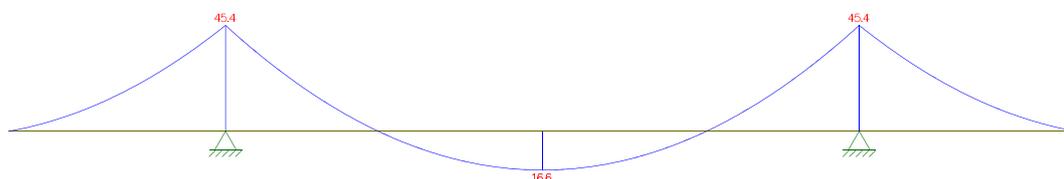


Figura 18 - Diagrama de momentos de CP - Dim laje tabuleiro

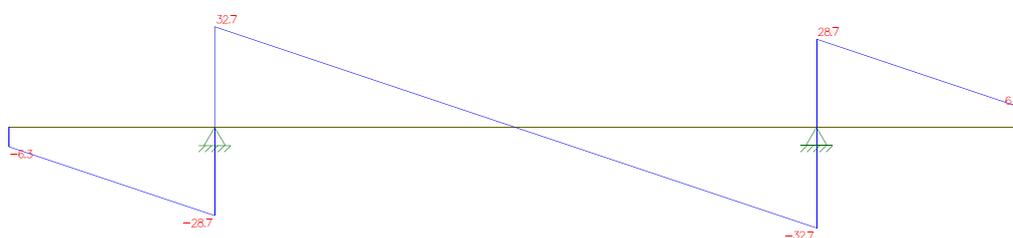


Figura 19 - Diagrama de cisalhamento de CP - Dim laje tabuleiro

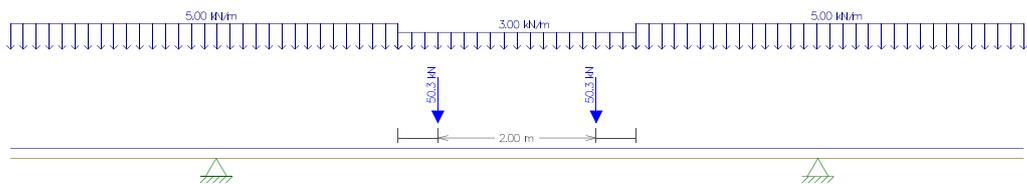


Figura 20 - Configuração de cargas móveis para dimensionamento do tabuleiro

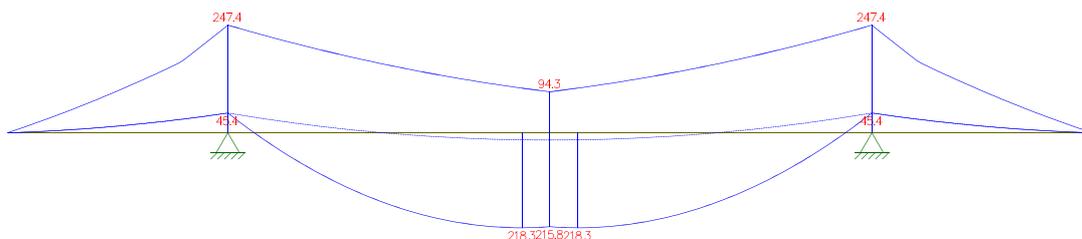


Figura 21 - Envolvória de momentos dimensionamento do tabuleiro

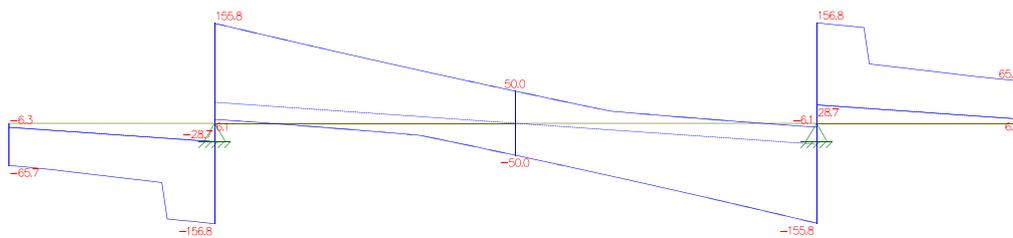


Figura 22 - Envolvória de cisalhamento para dimensionamento de tabuleiro

2.6.5.1 Verificação do momento no balanço da seção

Ações utilizadas na verificação:

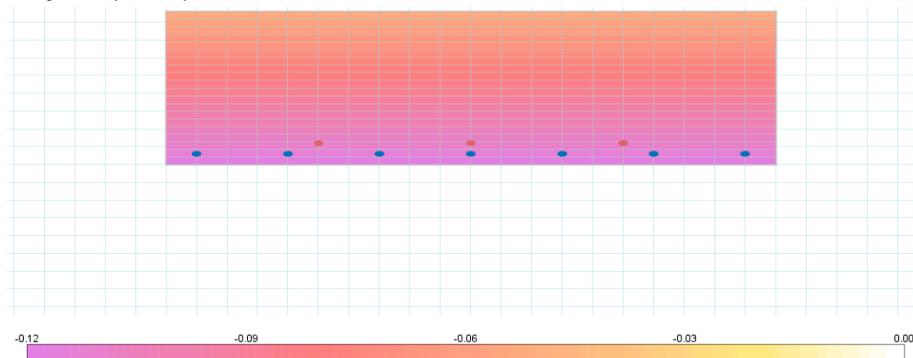
- Momento máximo para combinação de ações Quase permanentes = 106,0 kN.m
- Momento máximo para combinação de ações Frequentes = 146,4 kN.m
- Momento ELU = 364,3 kN

Armação de composição da seção:

Armação ativa: 3 x 4 cabos 12,7 mm em bainhas específicas para lajes.

Armação passiva: 7 x 16 mm CA50A

2.6.5.1.1 Ações quase permanentes



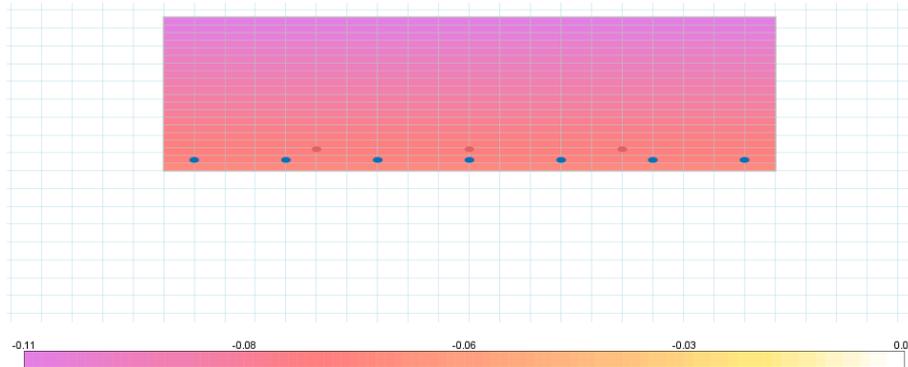
Deformação específica no bordo superior = -0,05‰

Deformação específica no bordo inferior = $-0,12\text{‰}$

Deformação específica na armadura passiva = $-0,12\text{‰}$ (-24,5 MPa compressão – ok!)

Deformação específica na armadura ativa = $9,89\text{‰}$ – (1466 MPa tração – ok!)

2.6.5.1.2 Ações Frequentes



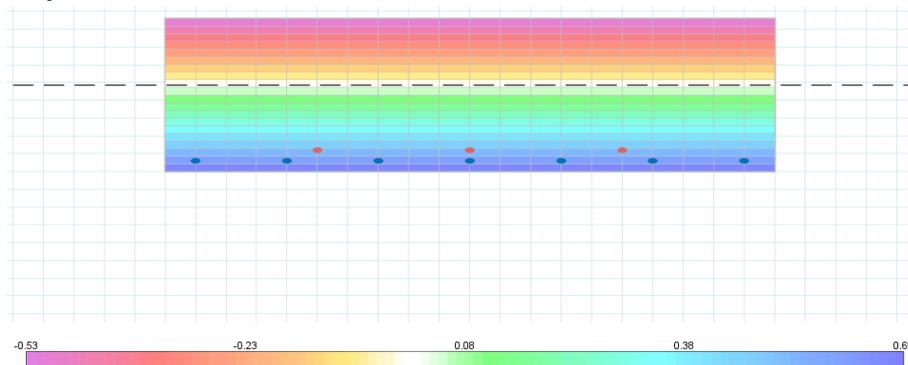
Deformação específica no bordo superior = $-0,11\text{‰}$

Deformação específica no bordo inferior = $-0,07\text{‰}$

Deformação específica na armadura passiva = $-0,07\text{‰}$ (-14,6 MPa compressão – ok!)

Deformação específica na armadura ativa = $9,93\text{‰}$ – (1466 MPa tração – ok!)

2.6.5.1.3 Ações ELU



Deformação específica no bordo superior = $-0,50\text{‰}$

Deformação específica no bordo inferior = $0,66\text{‰}$

Deformação específica na armadura passiva = $0,60\text{‰}$ (126,5 MPa tração – ok!)

Deformação específica na armadura ativa = $10,52\text{‰}$ – (1466 MPa tração – ok!)

2.6.5.2 Verificação do momento no centro do tabuleiro

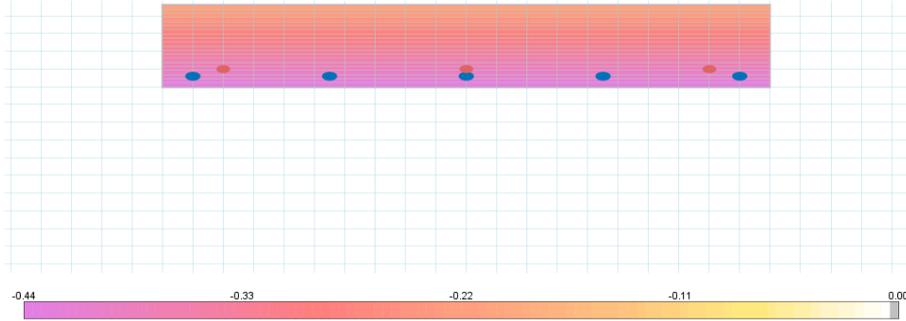
Ações utilizadas na verificação:

- Momento máximo para combinação de ações Quase permanentes = 77,1 kN.m
- Momento máximo para combinação de ações Frequentes = 117,5 kN.m
- Momento ELU = 325,0 kN

Armação de composição da seção:

- Armação ativa: 3 x 4 cabos 12,7 mm em bainhas específicas para lajes.
- Armação passiva: 5 x 25 mm CA50A

2.6.5.2.1 Ações quase permanentes



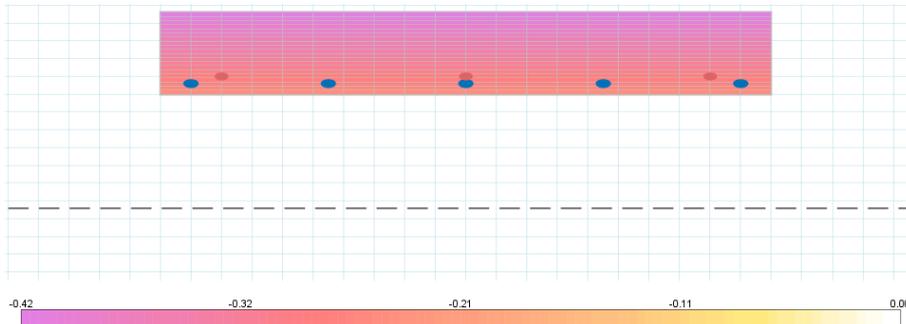
Deformação específica no bordo superior = -0,21‰

Deformação específica no bordo inferior = -0,44‰

Deformação específica na armadura passiva = -0,41‰ (86,3 MPa compressão – ok!)

Deformação específica na armadura ativa = 9,61‰ – (1466 MPa tração – ok!)

2.6.5.2.2 Ações Frequentes



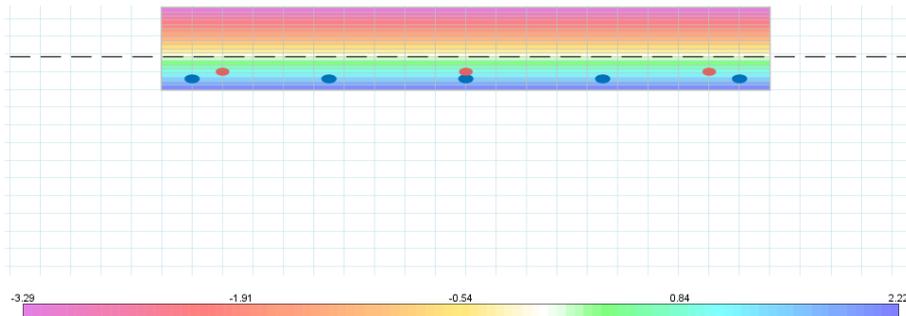
Deformação específica no bordo superior = -0,42‰

Deformação específica no bordo inferior = -0,25‰

Deformação específica na armadura passiva = -0,27‰ (86,3 MPa compressão – ok!)

Deformação específica na armadura ativa = 9,71‰ – (1466 MPa tração – ok!)

2.6.5.2.3 Ações ELU



Deformação específica no bordo superior = -3,16‰

Deformação específica no bordo inferior = 2,08‰

Deformação específica na armadura passiva = 1,5‰ (315,3 MPa tração – ok!)

Deformação específica na armadura ativa = 10,01‰ – (1466 MPa tração – ok!)

2.6.5.3 Verificação das lajes nos encontros

As lajes nos encontros seguirão as mesmas dimensões da parte do tabuleiro da seção caixa, porém apoiada nas cortinas laterais. As transversinas intermediárias serão espaçadas a cada 12 metros e o tabuleiro será hiperestático no sentido de rolamento. O Comprimento médio desde a entrada no viaduto até a transição para a seção caixão será de aproximadamente 80 metros.

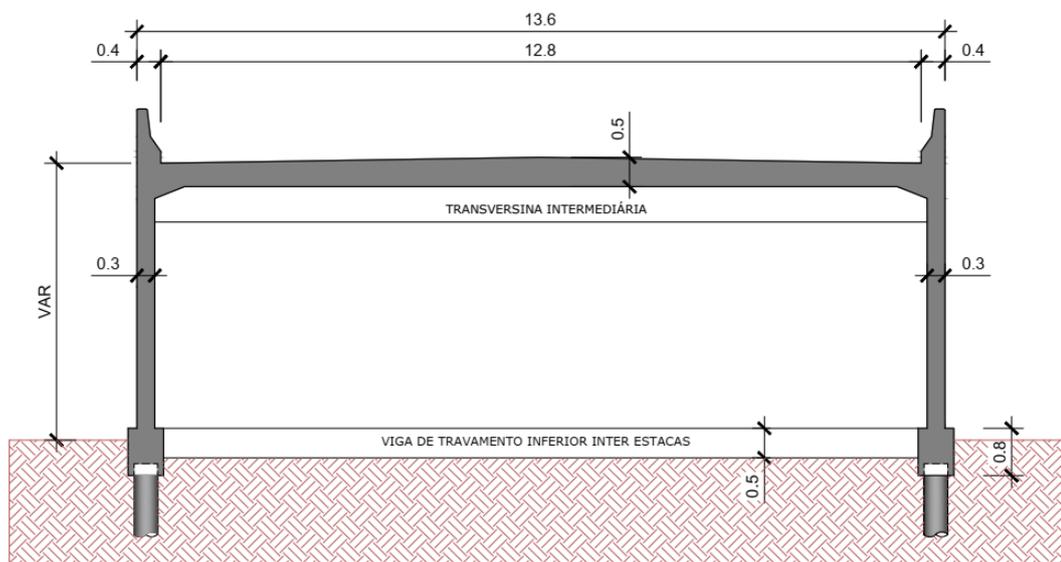


Figura 23 - Seção do tabuleiro sobre a região os encontros - entrada e saída da OAE

Sobre as estacas correrá uma viga de coroamento que dará suporte às paredes de concreto tipo cortinas, com espessura de 30 cm.

Laje			
<input checked="" type="radio"/> MACIÇA		<input type="radio"/> NERVURADA	
Norma		NBR	
Resumo - Verificações		Status	S _d / R _d
ELU-M - Momento		OK!	0,77
ELU-V - Cortante		OK!	0,74
ELS-W - Fissura		OK!	0,69
ELS-DEF - Flecha		OK!	0,39
Esforços e Flechas		Ações	
<input type="radio"/> MUSSO <input type="radio"/> BURKE		G _{pp} kN/m ²	8,75
<input type="radio"/> CZERNY <input type="radio"/> BARES		G _{ex} kN/m ²	1,10
<input checked="" type="radio"/> MARCUS		Q kN/m ²	25,00
Ponderação das Ações			
	ELU-M/V	ELS-W	ELS-DEF
γ _G	1,40	1	1
γ _Q	1,40	0,6	0,3

Laje em 2 direções

vão maior (b) = 12,60 m

vão menor (a) = 12,00 m

h = 35 cm

h_{eq} = 35,00 cm

d = 31,0 cm

h_r = 5,0 cm

b_n = 13,0 cm

e_n = 60 cm

b_w = 100,0 cm

c = 3,0 cm

a = apoio simples e = engaste

Armação

180Ø20c7-300

54Ø16c22-1260

180Ø20c7-300

96Ø16c13-1200

Tabela 3 - Dimensionamento do tabuleiro nos encontros

2.6.6 Verificação dos pilares centrais

De acordo com a modelagem preliminar realizada, os esforços máximo nos pilares serão conforme a tabela abaixo:

Reações nos apoios - sistema GLOBAL
 A força X positiva empurra o apoio no sentido do eixo X
 O momento X positivo gira o apoio em torno do eixo X no sentido horário

Pil	Nó	Cas	For X tf	For Y tf	For Z tf	Mom X tfm	Mom Y tfm	Mom Z tfm
P1	1	1	.9	1.6	252.8	-3.7	2.5	.0
P2	2	1	.3	.4	101.6	-1.7	1.5	.0
B3	3	1	25.1	-5.6	859.3	18.9	-524.7	.0
B4	4	1	-22.3	6.6	889.6	-345.0	-335.1	.0
P5	5	1	-.9	1.1	91.8	-2.7	-1.9	.0
P6	6	1	-.1	.0	262.6	-1.0	-.5	.0

Os pilares centrais foram calculados com as dimensões de 800 x 60 cm, considerando o modelo de pilar-parede, com verificação de Md1 mínimo, efeitos de segunda ordem com rigidez K aproximada, taxa mínima de armadura de 0,4%. O pilar P3 foi tomado como representativo para todos os dois grupos centrais.

2.6.6.1 Pilar central P3

Armação: 62φ20 mm (As = 194.78 cm²)

Propriedade seção bruta de concreto:

Área: Ac = 48000 cm²

Centro de gravidade: xcg = 30 cm / ycg = 400 cm

Inércia em relação ao cg: Ix = 2560000000 cm⁴ / Iy = 14400000 cm⁴

Taxa de armadura: ps = 0.41 %

Materiais:

Concreto Fck = 35 MPa

Aço Fyk = 500 MPa

Combinação	Nsk	Msk,x	Msk,y
1	-8590	5247	189

Tabela: Combinação de esforços, Unidades [kN, kN.m]

Combinação	Nsd	Msd,x	Msd,y	F.S.
1	-12026	7345.8	264.6	8.46

Tabela: Resumo verificação ELU, Unidades [kN, kN.m]

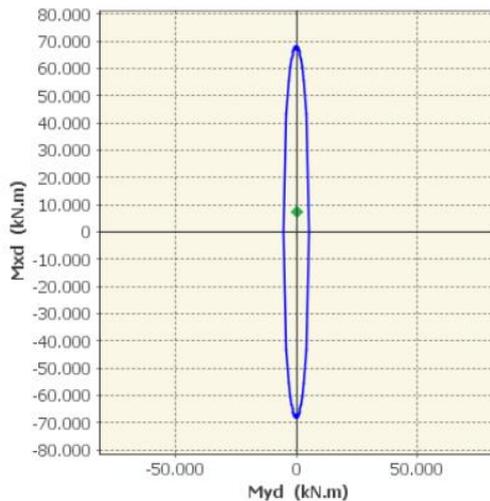


Figura: Diagrama de interação (Comb. 1)

2.6.6.2 Pilar de encontro P6

Os pilares dos encontros foram calculados com as dimensões de 90 x 60 cm, considerando modelo de pilar-parede, com verificação de Md1 mínimo, efeitos de segunda ordem com rigidez K aproximada, taxa mínima de armadura de 0,4%. O pilar P6 foi tomado como representativo para todos os dois encontros.

Armação: 18 ϕ 12,5 mm ($A_s = 22,09 \text{ cm}^2$)

Propriedade seção bruta de concreto:

Área: $A_c = 5400 \text{ cm}^2$

Centro de gravidade: $x_{cg} = 30 \text{ cm}$ / $y_{cg} = 45 \text{ cm}$

Inércia em relação ao cg: $I_x = 3645000 \text{ cm}^4$ / $I_y = 1620000 \text{ cm}^4$

Taxa de armadura: $\rho_s = 0.41 \%$

Materiais:

Concreto $F_{ck} = 35 \text{ MPa}$

Aço $F_{yk} = 500 \text{ MPa}$

Combinação	N_{sk}	$M_{sk,x}$	$M_{sk,y}$
1	-2626	5	10

Tabela: Combinação de esforços, Unidades [kN, kN.m]

Combinação	N_{sd}	$M_{sd,x}$	$M_{sd,y}$	F.S.
1	-3676.4	7	14	63.24

Tabela: Resumo verificação ELU, Unidades [kN, kN.m]

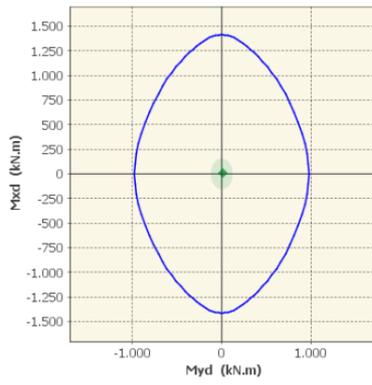
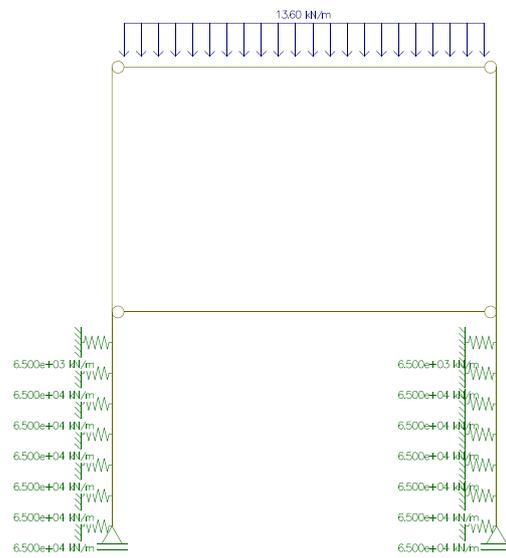
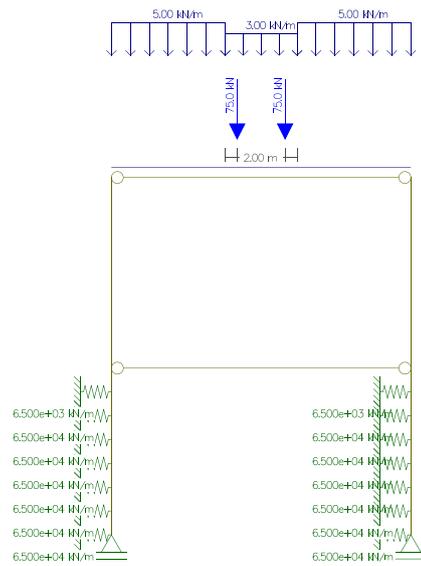


Figura: Diagrama de interação (Comb. 1)

2.6.6.3 Cortina lateral de acesso da OAE



Cargas permanentes



Cargas móveis



Reações normais devido às cargas permanentes



Envoltória de esforços normais devido às cargas móveis

Combinação de ações de ELU:

$$N_d = (1,35 \times 85 \text{ kN}) + (1,5 \times 210,9 \text{ kN}) = 431,1 \text{ kN}$$

Verificação da lâmina de 100 cm x 30 cm:

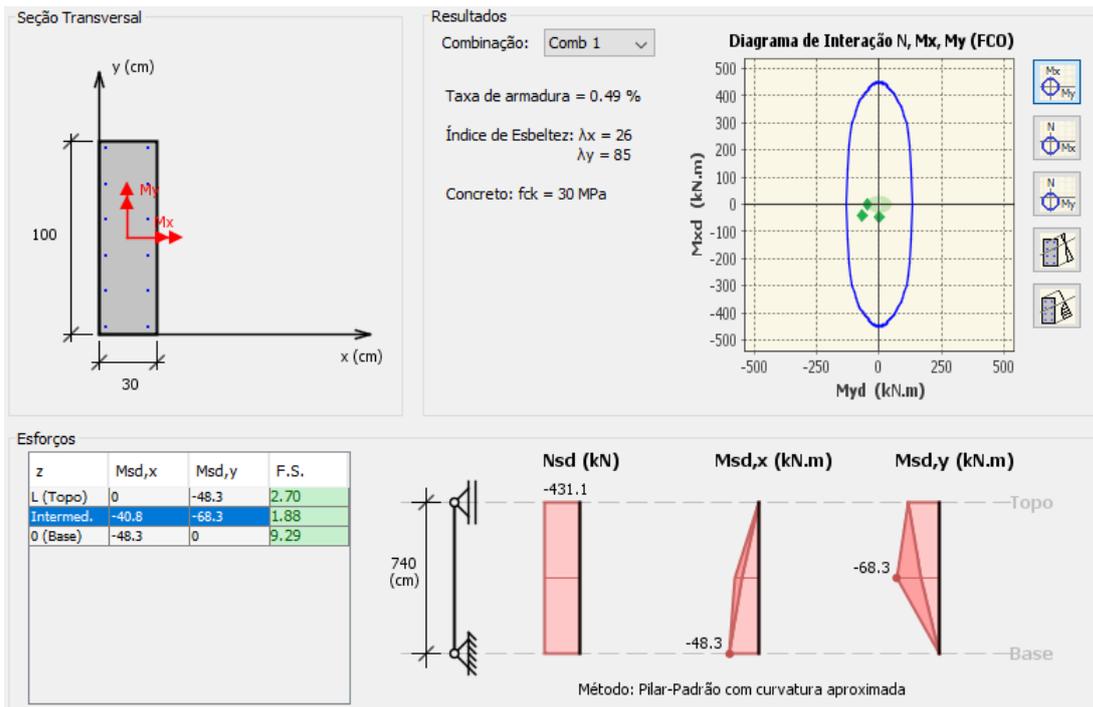
Adotou-se a armação de 10 c/15 - armação mínima conforme NBR 6118/2014 com taxa real de 0,49%. A espessura de 30 cm foi adotada para manter a cortina com a lamina com esbeltez próxima de 80 (esbeltez real = 85 no ponto mais alto da cortina).

Momentos de primeira e segunda ordem adotados =

$$M_{1d} = 13,2 \text{ kN.m}$$

$$M_{2d} = 21,2 \text{ kN.m}$$

$$M_{1d} + M_{2d} = 34,5 \text{ kN.m}$$



Verificação da lâmina de 30 x 100 cm das cortinas laterais.

2.6.7 Verificação de distribuição de cargas nas estacas

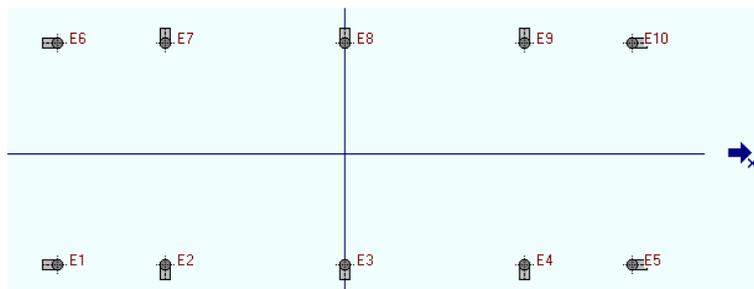


Figura 24- Layout das estacas dos blocos centrais

As estacas dos blocos centrais serão dispostas a partir do centro geométrico dos pilares, com distâncias horizontais ente si de 1,6 metros e distância vertical de 2,0 metros.

Para os pilares P3 e P4 (centrais) as tensões nas estacas são as apresentadas da tabela abaixo:

	N (kN)	Hx (kN)	Hy (kN)
ESTACA 1	1340,3	25,1	5,6
ESTACA 2	1357,9	25,1	5,6
ESTACA 3	1375,6	25,1	5,6
ESTACA 4	1393,3	25,1	5,6
ESTACA 5	1410,9	25,1	5,6
ESTACA 6	307,7	25,1	5,6
ESTACA 7	325,3	25,1	5,6
ESTACA 8	343,0	25,1	5,6
ESTACA 9	306,7	25,1	5,6
ESTACA 10	378,3	25,1	5,6

Tabela 4 - Tabela de reações nas estacas dos blocos centrais

Será adotada a estaca tipo raiz com 41 cm de diâmetro. Profundidades médias de 14 metros em solo.

2.6.8 Drenagem pluvial das superfícies na projeção da OAE

Intensidade pluviométrica adotada para período de retorno de 50 anos = 210 mm/h.

Inclinação média das superfícies a serem drenadas = 4%

Foi considerado uma tomada de águas pluviais a cada 5 metros de distância entre eixos no lado interno da curva da OAE. Assim, a área de contribuição para cada dreno é de $12,8 \times 5 = 64 \text{ m}^2$.

$$Q = I \times A / 60 = 210 \text{ mm/h} \times 64 / 60 = 224 \text{ L/minuto} = 3,74 \text{ L/s}$$

DIÂMETRO INTERNO (D) (mm)	n=0,011				n=0,012				n=0,013			
	0,50%	1%	2%	4%	0,50%	1%	2%	4%	0,50%	1%	2%	4%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
125	370	521	732	1040	339	478	674	956	313	441	622	882
150	602	847	1190	1690	552	777	1100	1550	509	717	1010	1430
200	1300	1820	2570	3650	1190	1670	2360	3350	1100	1540	2180	3040
250	2350	3310	4660	6620	2150	3030	4280	6070	1990	2800	3950	5600
300	3820	5380	7590	10800	3500	4930	6960	9870	3230	4500	6420	9110

Fonte: ABNT NBR 10844/1989

Os coletores tipo dreno de pavimento em PVC ou Fibra de Vidro (ver projeto de drenagem da OAE e entorno à parte deste projeto) com 100 mm de diâmetro são aptos a absorver a vazão gerada de 224 L/minuto desde a inclinação de 1% até a inclinação média adotada de 4%, considerando material de rugosidade mais - fibra de vidro.

2.6.9 Juntas de dilatação

O detalhe da seção da junta Nafutekt está inserido nos desenhos de projeto na prancha 06. A referida junta é de origem alemã (segue a norma alemã ZTV-ING Parte 8 Seção 2) e usada com bastante sucesso nesse país. Este produto também é conhecido pelo nome comercial Thormark. A diferença é que o Thormark utiliza chapas de alumínio ao invés de aço inox no Nafutekt. Um problema recorrente nas OAE projetadas e executadas com juntas elastoméricas de borracha nitrílica (Referência Jeene) é a sua durabilidade. Não raro, há necessidade de manutenção envolvendo deste elemento em obras com idade a partir de 2 anos. Há registro de juntas Nafutekt em serviço por mais de 20 anos em rodovias apenas com inspeção periódica e sem intervenção de manutenção. As juntas tipo Nafutekt são compostas de:

- Uma camada de imprimação betuminosa,
- Uma camada de ligante betuminoso a quente modificado com polímeros,
- Uma camada de manta betuminosa com chapa metálica inox aplicada à quente,
- Uma camada de geogrelhas poliéster de proteção,
- Segunda camada de ligante betuminoso a quente modificado com polímeros,
- Uma camada de brita com diâmetro máximo característico entre 9,5 e 16 mm, aquecida e compactada no leito de aplicação,
- Terceira camada de ligante betuminoso a quente modificado com polímeros até a saturação da camada de brita compactada;
- Finalizar com compactação após 15 minutos da aplicação.



Aspecto final da junta pronta. Não deixa ressaltos, fendas, é impermeável, tem apelo estético favorável por acompanhar o pavimento betuminoso de maneira geral e não causa desconforto no rolamento. Pode ser instalada mesmo onde não há CAUQ, fazendo a inserção da junta usando a mesma técnica de lábios poliméricos. Há oferta do produto por várias empresas especializadas na sua aplicação. No catálogo SCO de composições de custo da Secretaria Municipal de obras do Rio de Janeiro (site oficial de Estado), tomando como referência o mês de agosto de 2020. O item de serviço considerando as juntas tradicionais com perfis elastoméricos para larguras de até 50 mm tem sua remuneração estimada em R\$ 1.350,00 para cada metro linear. O item Thormark, similar ao Nafutekt no mesmo sítio é apresentado na seguinte composição:

(<http://www2.rio.rj.gov.br/sco/composicaoasco.cfm?item=1ET30100200%2F202008>),

Com custo de R\$ 26.102,00 / m³ aplicado. Como a seção proposta consome 50 cm x 5 cm = 0,025 m³, o preço do Thormark por metro linear ficará em R\$ 652,55, bem mais barato e durável. A aplicação desse tipo de junta vale a pena mesmo com o acréscimo de preço do Nafutekt devido ao uso da chapa inox ao invés do alumínio, não alcançando o preço das juntas elastoméricas.

2.6.10 Plano de trabalho

Para a OAE 9A, sugere-se o seguinte plano de trabalho:

- 1 - Execução das estacas raiz em toda a obra, observando as inclinações indicadas em projeto;
- 2 - Executar os blocos de fundação e as vigas de coroamento das estacas dos trechos de entrada e saída da OAE;
- 3 - Executar o trecho de entrada da OAE entre os encontros 1 e 2. Iniciar a concretagem pelas paredes laterais e executar o tabuleiro em uma única etapa de concretagem, da cota mais baixa para a mais alta.
- 4 - Executar os elementos do encontro 2 - cortinas, pilares e travessas;
- 5 - Após decorrer o tempo de desforma especificado, proceder na execução do trecho entre os encontros 3 e 4 de forma idêntica ao itens 3 e acima.
- 6 - Proceder com o desvio de tráfego de acordo com o planejamento do projeto geométrico.
- 7 - Instalar o escoramento e fôrmas do trecho em seção caixa. Observar as condições de apoio dos escoramentos sobre o solo natural. Carga total linear do concreto fresco sobre as formas e escoramentos = 15 toneladas por metro linear.
- 8 - A concretagem poderá ser executada em etapas, ou conforme a condição específica das formas contratadas, em até uma única etapa. Caso a opção seja a execução em etapas, deverão ser estudadas as juntas de concretagem com as respectivas esperas de aço CA50A e bainhas de protensão.
- 9 - Executar as barreiras. Executar os aparelhos de apoio sobre as travessas e pilares. O carregamento dos aparelhos de apoio acontecerá durante a descarga e desmontagem dos escoramentos;
- 10 - Proceder com a pintura total da OAE com tinta acrílica em três demãos, na cor cinza concreto em todas as superfícies de concreto remanescentes aparentes - barreiras de concreto (laterais e topo), lateral e fundos da seção caixa, travessas, faces externas das cortinas laterais de entrada e saída da OAE e pilares.