



RELATÓRIO TÉCNICO AMBIENTAL SIMPLIFICADO

Reforço Estrutural da Ponte Rodoferroviária sobre o
Rio Tocantins – Estrada de Ferro Carajás (EFC)

Abril/2014

IDENTIFICAÇÃO DO REQUERENTE**VALE S/A****CNPJ:** 33.592.510/0378-21**Endereço:** Avenida dos Portugueses, s/n.º - Praia do Boqueirão - Itaqui Bacanga**CEP:** 65085-580 – São Luís/MA**Telefone:** (98) 3218-4452**Contato:** Francisco Rocha Fontes Neto**E-mail:** francisco.fontes@vale.com**IDENTIFICAÇÃO DO RESPONSÁVEL TÉCNICO PELO RTAS****VALE S/A****CNPJ:** 33.592.510/0378-21**Endereço:** Avenida dos Portugueses, s/n.º - Praia do Boqueirão – Itaqui Bacanga**CEP:** 65085-580 – São Luís/MA**Andre Andrade de Azevedo**

CPF 906.428.644-20

Registro CREA: PE – 030394-D

Telefone: (98) 3218-5355

E-mail: andre.andrade@vale.com

Equipe Técnica responsável pelas informações

PROFISSIONAL	FORMAÇÃO	CARGO/FUNÇÃO
André Andrade	Engenheiro Civil	Gerente de Área - GEEFG
Camila Quero Nunes	Engenheira Civil	Engenheiro Civil Sênior
Bruno Mena Barreto Bastos	Engenheiro Florestal	Engenheiro
Julio Abreu Portela	Biólogo Espec. Eng. Ambiental	Analista de Meio Ambiente
Wyrna F. Hilal Penha	Engenheira Civil	Analista de Meio Ambiente

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	6
2	JUSTIFICATIVA	7
3	DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO	9
4	CONDIÇÕES AMBIENTAIS	10
4.1	CLIMA	10
4.2	GEOLOGIA	11
4.3	GEOMORFOLOGIA	12
4.4	HIDROLOGIA	12
4.5	PLUVIOMETRIA	13
5	OBJETO DE INTERVENÇÃO	16
5.1	ASPECTOS GERAIS	16
5.2	INFRAESTRUTURA	18
5.3	SUPERESTRUTURA RODOVIÁRIA	20
5.4	SUPERESTRUTURA FERROVIÁRIA	22
5.5	MESOESTRUTURA	25
6	ESTRUTURAS DE APOIO	26
6.1	CANTEIRO DE OBRAS	26
6.1.1	CANTEIRO PRINCIPAL (C1)	26
6.1.2	CANTEIROS DE APOIO (C2 E C3)	28
6.1.3	ÁREAS DE APOIO FLUVIAIS (C4 E C5)	29
6.2	SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	31
6.3	SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA	31
6.4	BANHEIROS QUÍMICOS	32
6.5	MOBILIZAÇÃO DE PESSOAL E EQUIPAMENTOS	32
6.6	ACESSOS	33

7 ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS.....	34
7.1 GERAÇÃO DE EFLUENTES LÍQUIDOS	34
7.2 EMISSÕES ATMOSFÉRICAS.....	34
7.3 GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS.....	35
7.4 GERAÇÃO DE RUÍDOS.....	35
8 PLANO DE CONTROLE AMBIENTAL (PCA).....	35
8.1 CONTROLE DE EFLUENTES LÍQUIDOS	36
8.2 CONTROLE DE RESÍDUOS SÓLIDOS	36
8.3 CONTROLE DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS.....	37
8.4 CONTROLE DE GERAÇÃO DE RUÍDOS.....	38
8.5 REVEGETAÇÃO	38

1 INTRODUÇÃO

A necessidade de escoamento do minério de ferro da Serra de Carajás foi o principal dínamo que impulsionou a construção da ponte sobre o rio Tocantins. O minério local somente poderia ser economicamente explorado se pudesse ser transportado para o exterior por meio de uma ferrovia até um porto adequado de exportação. Desta forma, no início de 1984, as obras da ponte começaram, sendo que, aproximadamente um ano depois, já estavam praticamente concluídas, tendo sido inaugurada no dia 28 de fevereiro de 1985.

Segundo os propósitos na época, a ponte devia ser projetada exclusivamente para tráfego ferroviário. O Ministério dos Transportes, entretanto, exigiu que o projeto previsse o uso concomitante para rodovias. Logo, esta passou a ter a função de permitir o cruzamento do transporte ferroviário pela Estrada de Ferro Carajás e o cruzamento rodoviário pela BR-222. A Ponte sobre o rio Tocantins é a principal ligação entre os distritos periféricos e o centro de Marabá, também sendo responsável pela ligação do sudeste paraense com a costa norte brasileira.

As faixas de rolamento ao longo da ponte são mão inglesa, tendo, ao centro, a via férrea, que atende ao transporte de cargas e passageiros entre os estados do Pará e Maranhão. Sua estrutura é subdividida em trechos de 550 m, 550 m, 165 m, 550 m e 495 m, respectivamente, totalizando 2.344 m de extensão. Todos os vãos têm 55 m, exceto no trecho de 165 m, que possui vão central navegável de 77 m, dotado de um arco auxiliar superior, com vãos adjacentes de 44 m cada. A largura total da ponte é de 19,40 m. Ademais, a ponte possui uma seção central em caixão metálico (aço SAC-50), com tabuleiro em concreto (parte ferroviária).

O projeto aqui descrito neste relatório concentra-se na manutenção corretiva/preventiva de suas estruturas e instalações, a sua modernização para atender às Normas Brasileiras referentes a construções de obras de arte especiais, bem como no seu reforço para adequação ao aumento da capacidade de carga por eixo da ferrovia.

2 JUSTIFICATIVA

A estrutura foi projetada para o trem tipo COOPER E80 e para classe III (tráfego rodoviário), segundo a NB-6 vigente na época da construção da ponte. Entretanto, diante dos projetos de aumento de capacidade da Estrada de Ferro Carajás (ex: Projeto 70/85 MTPa, 100 MTPa e 150 MTPa), de conhecimento e anuência deste Instituto (processo nº 02001.009288/2002-73), o trem tipo operacional que hoje circula é composto por 4 locomotivas de 6 eixos com 30 toneladas por eixo, e 330 vagões GDT com até 31,5 toneladas por eixo. Corroborando neste sentido, há o projeto de duplicação/capacitação da Estrada de Ferro Carajás, autorizado por este Instituto através da LI nº 895/2012 e ASV nº 721/2012, sob o processo nº 02001.007241/2004-37, onde se verificou o aumento da demanda de carga para 37,5 toneladas por eixo, justificando o reforço da estrutura.

No âmbito rodoviário da ponte, mesmo não havendo registros estatísticos formais do aumento do tráfego na localidade, é notório o crescimento da frota veicular que a utiliza, bem como o aumento do peso unitário dos caminhões que por lá trafegam. Para tanto, dever-se-á ser adotado o trem tipo máximo da NBR, TB 45, para pontes rodoviárias.

Ainda corroborando neste sentido, este projeto está inserido ao Programa de Aumento de Carga por Eixo (ACPE @ 37,5 t/eixo), conforme designação do Plano Nacional de Logística e Transportes (PNLT), que abrange os estados do Pará, Maranhão, Tocantins, Mato Grosso e Goiás.

Foi realizada no período de 26 a 27/07/2012 uma inspeção, com o objetivo de verificar visualmente as fragilidades encontradas na ponte, identificando as estruturas danificadas ou em processo de corrosão, as quais poderiam eventualmente por a ponte em risco ocupacional e operacional, dados estes analisados através de modelos matemáticos.

Faz-se mister ressaltar que, conforme Laudo Técnico RL-2530KF-G-00820 da Empresa Beton Stahl Engenharia (vide Anexo I deste relatório), intervenções imediatas são necessárias em:

✚ Infraestrutura:

- A armadura transversal das estacas (estribos $\Phi 6.3$ c.30) é insuficiente, baseando-se na NBR-6118:2003;
- Nas estacas dos pilares P15 e P28, pilares de ancoragem das cargas longitudinais dos trechos 2 e 5, concluiu-se que a armadura de cisalhamento é insuficiente para atender aos esforços. Considerando que todas as estacas são verticais para absorção dos esforços horizontais, os esforços de cisalhamento são importantes no equilíbrio da fundação e deverão ser reformados.

✚ Superestrutura:

- Nos trechos 1, 2, 4 e 5, a chapa transversal, localizada a 500 mm dos apoios dos pilares e que tem a função de enrijecer o apoio para o posicionamento dos aparelhos, são considerados críticos devido à possibilidade de fadiga;
- Foram detectadas fissuras nos enrijecedores longitudinais na parte inferior da viga caixão por ação da fadiga, não estando compatíveis com as tensões estáticas que estão submetidas e nem com a condição de fadiga.

Desta forma, conclui-se que tais intervenções estão em consonância com a condicionante específica 2.4 da Retificação da LO nº 842/09, que rege que “a execução de obras urgentes deverá ser comunicada com antecedência mínima de 30 (trinta) dias, com base na apresentação de laudo técnico, elaborado por profissional competente, contemplando:

- ✚ *Caracterização da situação de urgência e do local de ocorrência, incluindo registro fotográfico;*
- ✚ *Descrição sucinta da área no tocante aos componentes ambientais e interferência em APP, informando o tipo de cobertura vegetal e o quantitativo da área a ser afetada;*
- ✚ *Descrição das obras e intervenções destinadas às correções que se fazem necessárias, acompanhado de croquis ou projetos básicos;*
- ✚ *Medidas mitigadoras a serem executadas;*

- ✚ Apresentação de Anotação de Responsabilidade Técnica - ART e de registro no Cadastro Técnico Federal/IBAMA dos técnicos responsáveis pela elaboração do documento”.

3 DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO

A Estrada de Ferro Carajás (EFC), com 892 km de extensão, faz o escoamento de minério de ferro da Mina de Carajás, no estado do Pará, ao Terminal Portuário de Ponta da Madeira em São Luis, no estado do Maranhão.

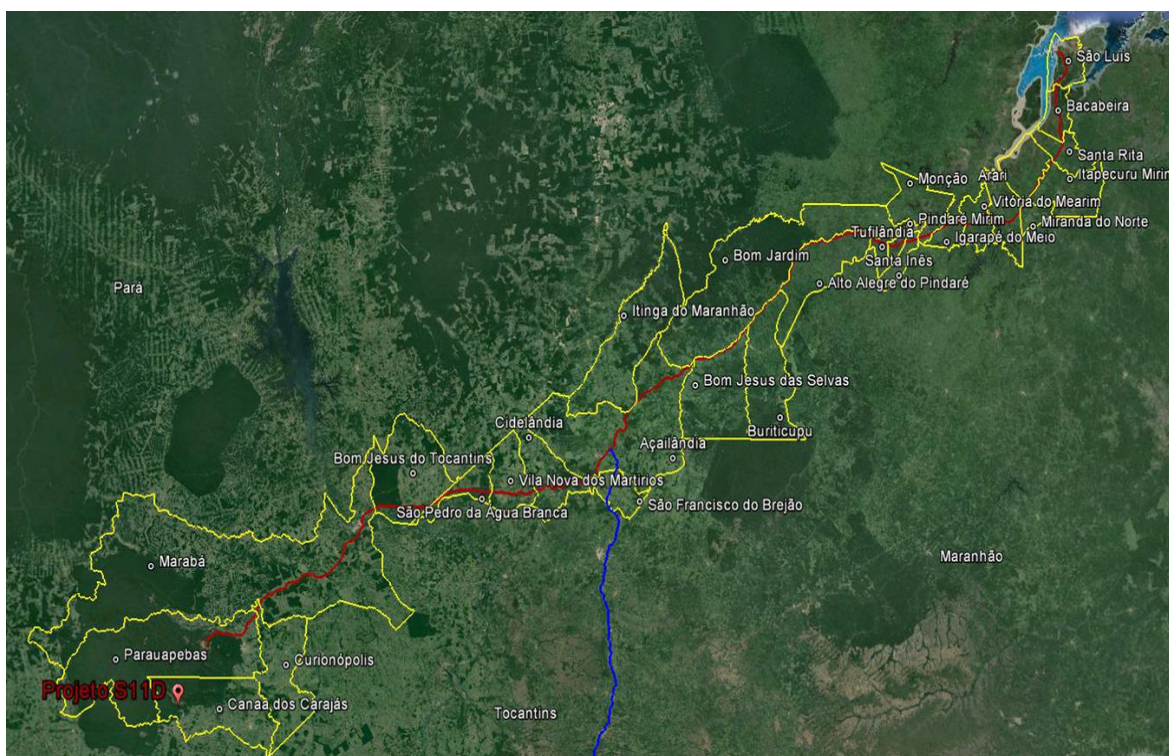


Figura 1. Extensão da Estrada de Ferro Carajás.

Com 29 anos de operação, a ponte necessita, para fins de execução do reforço, de um monitoramento que permita a avaliação de seu real funcionamento, auxiliado através da calibração do modelo estrutural existente e da recuperação das anomalias presentes. Para tanto, o projeto de engenharia básica contou com levantamento de campo por meio de inspeção, análise e

monitoramento estrutural, e elaboração dos projetos de recuperação, reforço e do planejamento necessários a sua implantação.

Inspeções de manutenção foram realizadas para verificar a condição da estrutura da ponte, seguida de monitoramento instrumental para subsidiar a modelagem matemática efetuada no projeto básico para seu reforço. Os pontos mais críticos, passíveis de manutenção e reforço, podem ser visualizados no Laudo Técnico RL-2530KF-G-00820 da Empresa Beton Stahl Engenharia (vide Anexo I deste relatório).



Figura 2. Visão geral do empreendimento.

4 CONDIÇÕES AMBIENTAIS

4.1 CLIMA

O clima é tropical semiúmido (Aw/As) apresentando temperaturas médias mensais entre 22,9°C e 32°C, com média anual de 26°C. A umidade relativa local é muito alta, com média anual equivalente a 83%, média mínima de 76% (agosto)

e média máxima de 87% (abril). A precipitação anual fica em torno 1.976 mm. O período chuvoso inicia-se em janeiro e termina em março, e o mais seco vai de julho a setembro. A insolação média é de 2.400 horas anuais e os ventos têm velocidade média de 1,4 m/s, com predominância no sentido norte e nordeste.

Por estar situada próxima à linha do equador, a região de Marabá/PA sofre influência de vários fatores macroclimáticos que originam a convergência dos ventos alísios, a elevada evaporação e as altas temperaturas, assegurando umidades absolutas elevadas, permitindo o transporte atmosférico de grandes massas de vapor de água, a umidade relativa do ar se mantém elevada e a capacidade de geração de precipitação convectiva é elevada durante todo o ano.

Segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a temperatura mínima registrada em Marabá foi de 15,6 °C, ocorrida no dia 20 de outubro de 1975. Já a máxima foi de 39,2 °C, observada no dia 8 de agosto de 2005. O maior acumulado de chuva registrado na cidade em 24 horas foi de 182 mm, em 22 de dezembro de 1991.

4.2 GEOLOGIA

A região da ponte do rio Tocantins está inserida geologicamente na formação Couto Magalhães, aflorante na calha do rio e sobreposta por sedimentos quaternários na margem direita do rio Tocantins, nas proximidades da ponte. Na margem esquerda prevalecem, superficialmente, os solos residuais provenientes desta formação.

A formação Couto Magalhães é representada por um conjunto de rochas metassedimentares compreendendo filitos, quartzo sericita-clorita xistos de granulação fina, gradando a filitos e ardósias. Essas rochas foram metamorfisadas na fácies xisto-verde baixo a médio e tem uma marcante anisotropia estrutural expressa por uma alternância milimétrica de níveis filitosos e silicosos, sendo resultante de extrema deformação, com consequentes transformações em estágio milonítico.

Os sedimentos quaternários encontram-se nas planícies aluvionares, principalmente nas margens do rio, e são representadas por toda a sequência

granulométrica desde os cascalhos até as argilas, consolidados a semiconsolidados.

4.3 GEOMORFOLOGIA

A geomorfologia da região é marcada pela Depressão do Tocantins que se encontra topograficamente mais baixo, em relação às demais unidades geomorfológicas da área. Trata-se de uma superfície de aplainamento degradada em consequência de mudanças do sistema morfogenético, onde se observam diferentes graus de dissecação.

A Depressão do Tocantins configura uma faixa alongada em direção quase transversal, inundada por extensas planícies e terraços fluviais.

Observa-se a predominância de um aspecto bastante homogêneo na margem direita do rio, onde se encontram planícies formadas por processos de sedimentação recente do rio Tocantins. Na margem esquerda encontramos um sistema de serra com declividade baixa que estabelece um padrão suavemente ondulado ao longo da região estudada.

4.4 HIDROLOGIA

O rio Tocantins tem sua origem no planalto de Goiás, a cerca de 1.000 m de altitude, pela confluência dos rios das Almas e Maranhão. Entre seus principais afluentes destacam-se a direita, os rios Bagagem, Tocantinzinho, Paranã, dos Sonos, Manoel Alves Grande, e na margem esquerda, o rio Santa Tereza. Seu principal tributário, entretanto, é o rio Araguaia (2.600 km de extensão). Após a confluência com o rio Araguaia destaca-se o rio Itacaúnas. A extensão total do rio Tocantins é de 1.960 km.

A área em estudo está localizada na região da Formação Couto Magalhães, que possui fraco potencial hidrológico, e pode ser considerado como sendo predominantemente impermeável favorecendo assim o escoamento superficial.

4.5 PLUVIOMETRIA

As precipitações máximas diárias foram catalogadas, formando uma série anual para análise de frequência, através do método Gumbel-Chow. Seguindo-se as orientações estabelecidas pelo método das Isozonas, obtiveram-se as intensidades pluviométricas para diferentes durações e períodos de recorrência.

O posto selecionado como representativo desta metodologia foi o do km 60 da PA-150, próximo a Marabá/PA, considerando a proximidade ao segmento em estudo devido a sua proximidade ao trecho e com uma consistente série histórica.

Os resultados obtidos para a estação do km 60 são apresentados a seguir:

Posto: Km 60 PA-150 PA Isozona: F

INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA (mm/h)									
T (anos)	t (horas)								
	0,17	0,25	0,50	1,00	2,00	4,00	8,00	14,00	24,00
5	177,5	149,4	102,7	66,2	40,0	23,9	14,2	9,2	6,1
15	189,6	159,5	109,5	70,6	42,7	25,6	15,2	9,9	6,5
25	204,6	171,7	117,7	75,8	45,9	27,6	16,4	10,7	7,0
50	101,0	123,2	111,9	82,8	50,3	30,3	18,0	11,8	7,8
100	109,3	133,4	121,1	89,6	54,6	32,9	19,6	12,8	8,5

Fonte: ANA - Agência Nacional de Águas

Verificou-se também os estudos das precipitações a partir dos parâmetros definidos pela publicação Chuvas Intensas no Brasil. Pelo polígono de Thiessen, o trecho situa-se na área de influência do posto de Barra do Corda/MA. Os valores das intensidades pluviométricas calculadas para este posto são apresentadas a seguir.

Posto: SÃO LUIS MA

INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA (mm/h)									
T (anos)	t (horas)								
	0,17	0,25	0,50	1,00	2,00	4,00	8,00	14,00	24,00
5	126,1	110,9	79,5	54,3	33,7	20,3	11,8	7,5	4,8
15	142,2	128,3	94,8	66,8	41,9	25,4	14,9	9,4	6,0
25	150,7	136,9	102,2	72,9	46,0	28,0	16,4	10,4	6,6
50	163,1	149,1	112,8	81,5	51,8	31,7	18,6	11,8	7,5
100	176,6	162,2	123,9	90,7	58,0	35,7	21,0	13,3	8,4

Fonte: Chuvas Intensas no Brasil - Eng^o Otto Pfafstetter

Da análise comparativa entre as metodologias e os resultados obtidos, optou-se por definir as cargas pluviométricas pelo método das Isozonas, para o posto km 60 PA-150 no município de Marabá/PA. A escolha por esta metodologia deveu-se em função da quantidade e consistência de dados e por serem informações recentes.

As curvas de altura (intensidade) – duração – frequência, determinada para a estação de km 60 da PA 150, são apresentadas no gráfico de precipitação e no gráfico de intensidade mostrados a seguir:

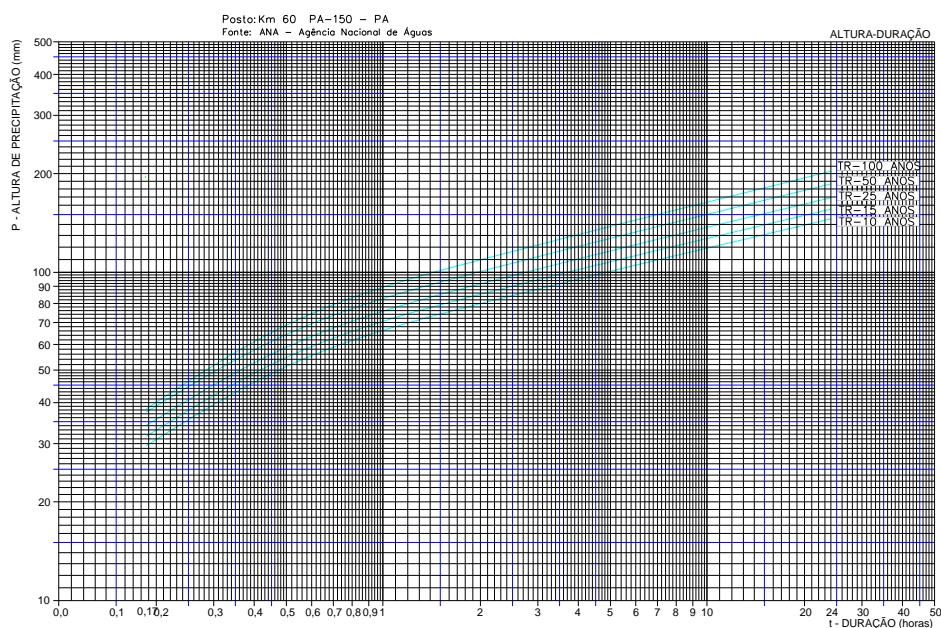
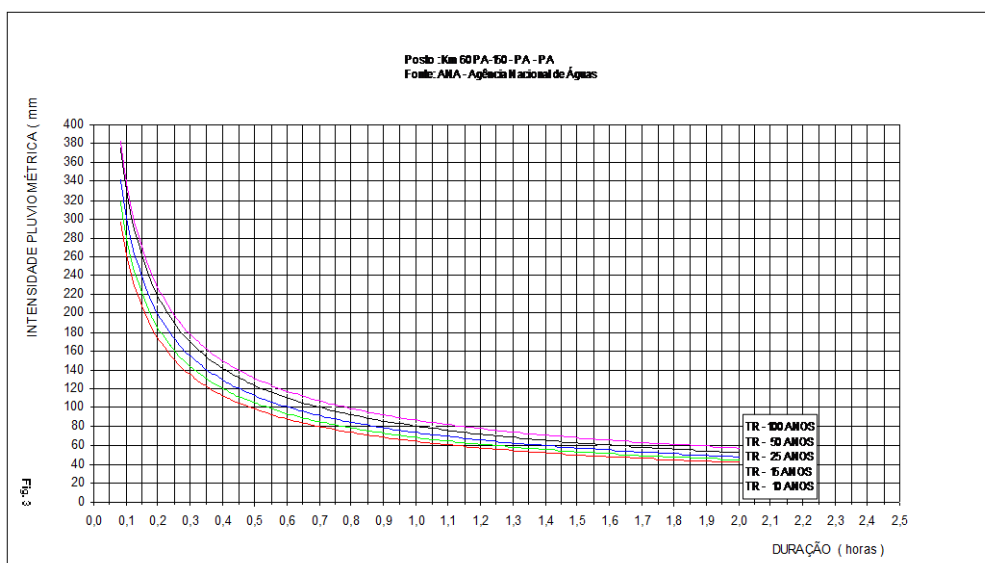


Figura 3. Curvas de altura (intensidade) – duração – frequência das precipitações pluviométricas no ponto de amostragem.

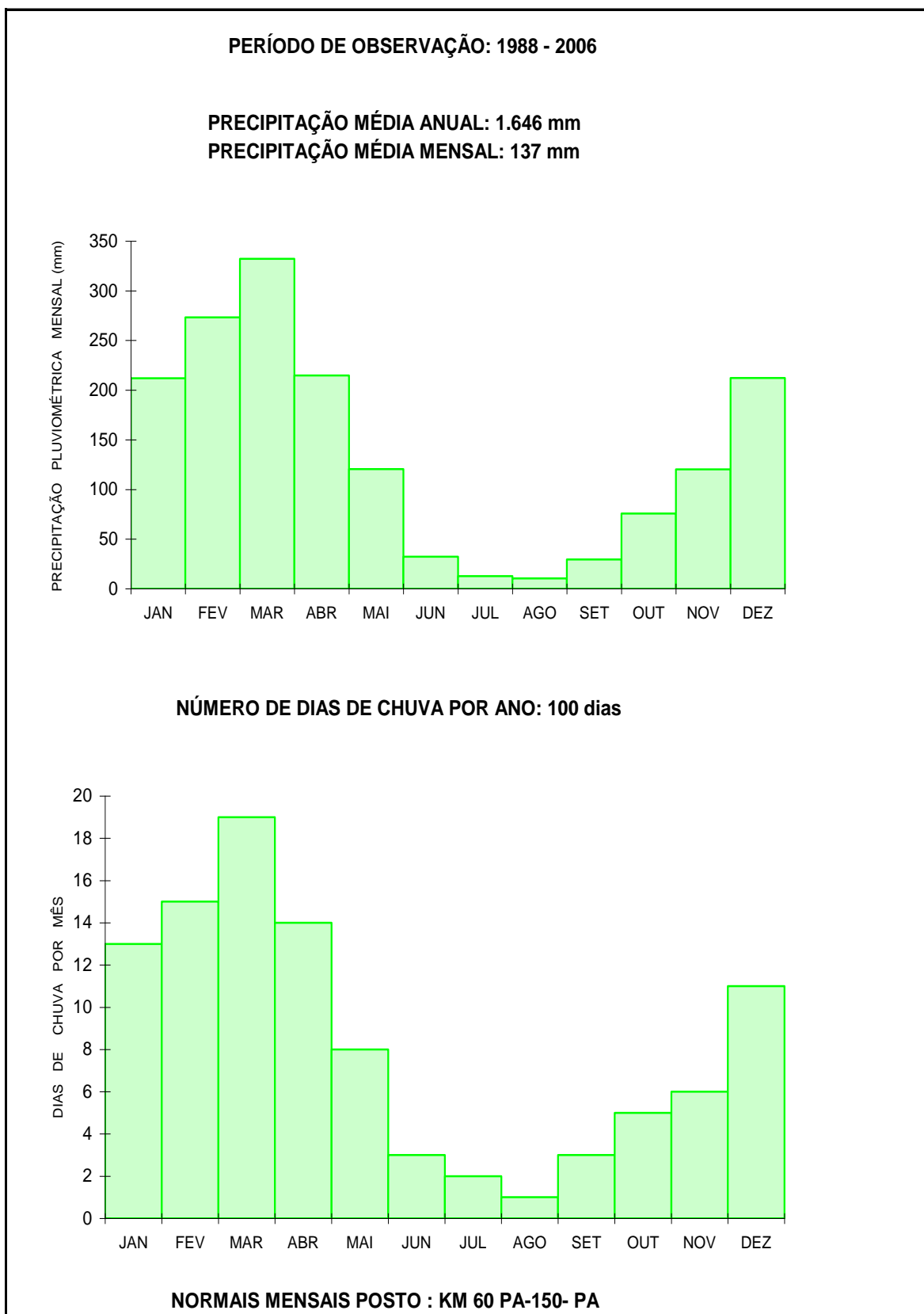


Figura 4. Gráficos de precipitação pluviométrica (anual, mensal e diária) no ponto de amostragem.

5 OBJETO DE INTERVENÇÃO

5.1 ASPECTOS GERAIS

A ponte sobre o rio Tocantins, localizada no km 724+860, é a mais importante obra de arte especial da EFC.

O recurso estrutural adotado foi uma solução mista de concreto e aço. A infraestrutura foi executada com estacas de concreto armado, escavadas em solo e rocha com camisas metálicas perdidas, concretadas *in loco*. A mesoestrutura apresenta concreto armado, e a superestrutura tem perfis caixões metálicos, com vãos contínuos de até 165 metros no vão central.

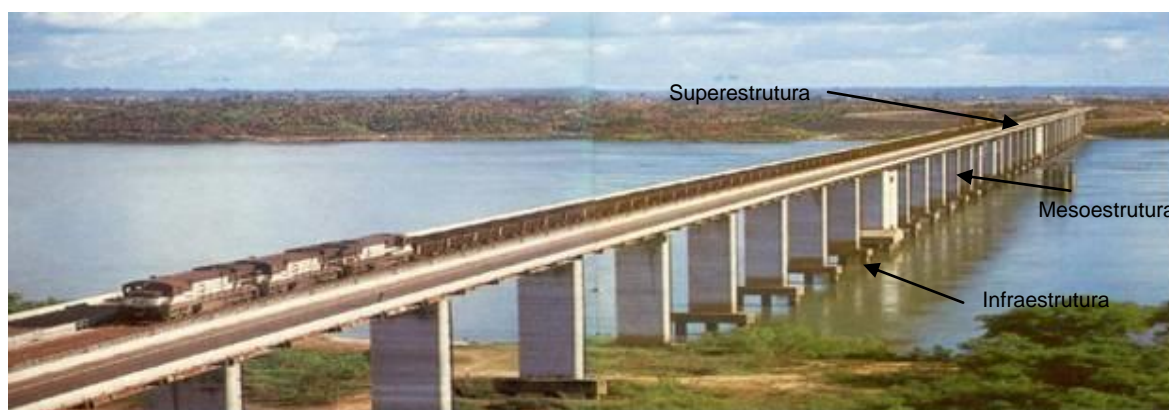


Figura 5. Vista da Ponte sobre o Rio Tocantins

Conforme dito anteriormente, as faixas de rolamento ao longo da ponte são mão inglesa, tendo ao centro a via férrea que atende ao transporte de cargas e passageiros entre os estados do Pará e Maranhão. Sua estrutura é subdividida em trechos de 550 m, 550 m, 165 m, 550 m e 495 m, respectivamente, totalizando 2.344 m de extensão. Todos os vãos têm 55 m, exceto no trecho de 165 m, que possui vão central navegável de 77 m, dotado de um arco auxiliar superior, com vãos adjacentes de 44 m cada. A largura total da ponte é de 19,40 m. Ademais, a ponte possui uma seção central em caixão metálico (aço SAC-50), com tabuleiro em concreto (parte ferroviária).

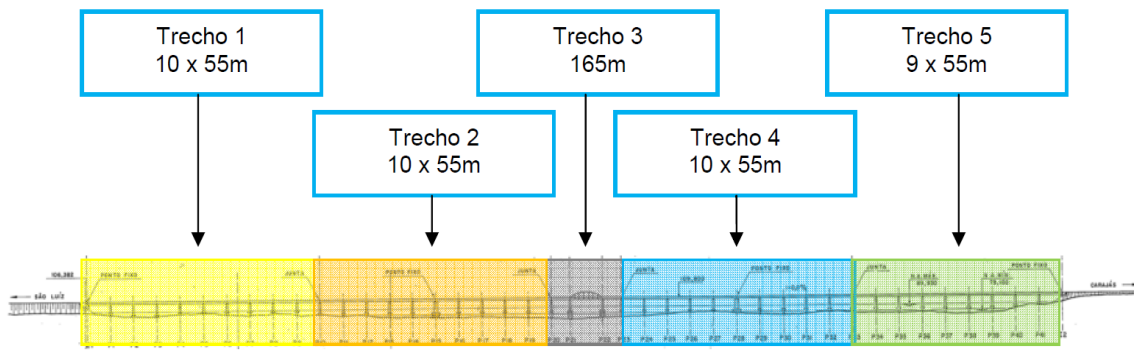


Figura 6. Vista dos cinco trechos da ponte.

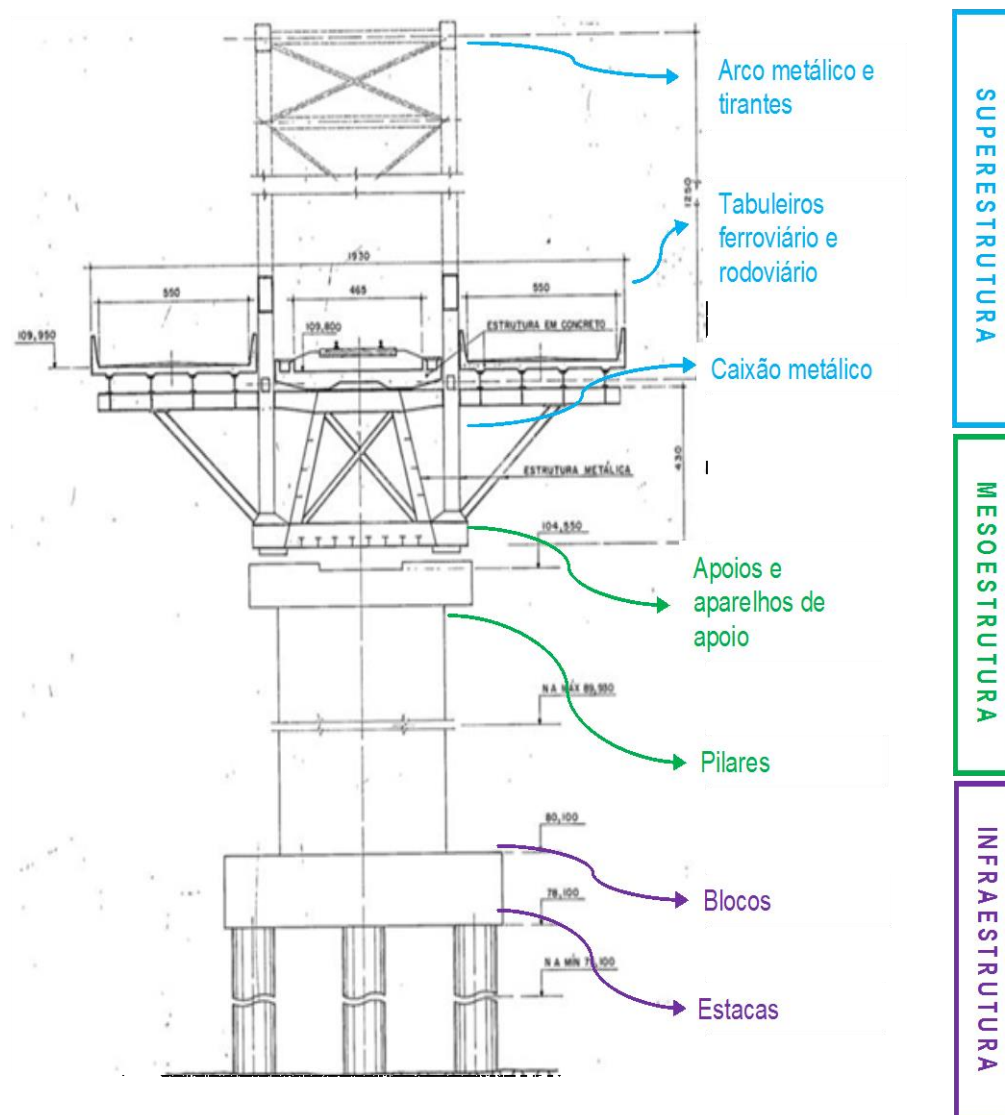


Figura 7. Corte transversal da ponte, evidenciando os três tipos estruturais e seus componentes.



Figura 8. Vista longitudinal do trecho 3, contemplando arco metálico e gabarito para navegação

5.2 INFRAESTRUTURA

O objetivo do reforço é garantir a segurança operacional da ponte frente a sua demanda rodoviária atual e ao aumento de carga de 32,5 ton/eixo para 37,5 ton/eixo. Para tanto, será necessária a execução de novas estacas e o prolongamento dos blocos existentes.

Durante a fase de estudos foi verificado que as estacas dos pilares P15 e P28, responsáveis pela ancoragem dos esforços longitudinais dos trechos 2 e 4, não estavam atendendo às novas condições de carregamento, principalmente para a condição de frenagem do novo trem tipo COOPER E100.

Como solução para o reforço destas fundações, optou-se pela execução de novas estacas com o mesmo diâmetro das existentes, reduzindo as cargas de utilização da ponte nestas estacas. A partir daí, a espessura do bloco será aumentada para que a camisa metálica se ancore na massa do bloco e passe a transmitir cargas do bloco. As camisas das estacas também deverão ser protegidas com envelopamento, mais eficiente para proteção contra a corrosão.

A principal atividade de infraestrutura será a execução de novas estacas escavadas com camisa metálica perdida e expansão dos blocos nos pilares P15 e P28, de forma que as camisas metálicas existentes possam penetrar na camada rochosa garantindo a transmissão do cisalhamento, sendo 16 novas estacas e 4 expansões de bloco. Para tanto, nos períodos de estiagem, será utilizada balsa com betoneira para aplicação do concreto em camisas metálicas perdidas e nas formas de expansão dos blocos.

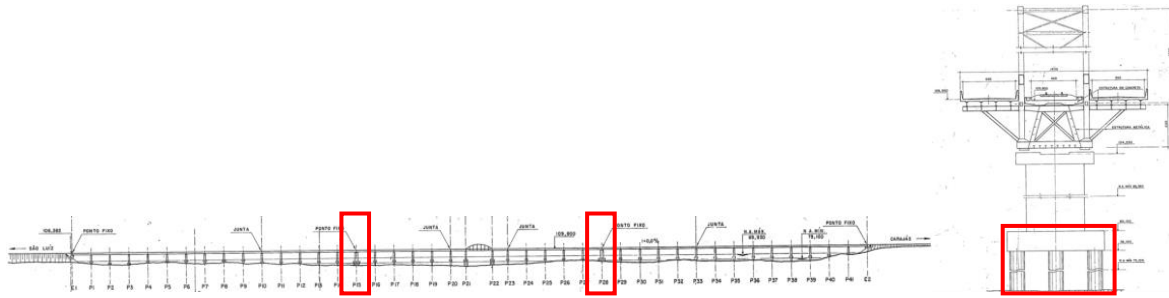


Figura 9. Elevação e corte da ponte indicando os pontos de reforço da infraestrutura no P15 e P28.

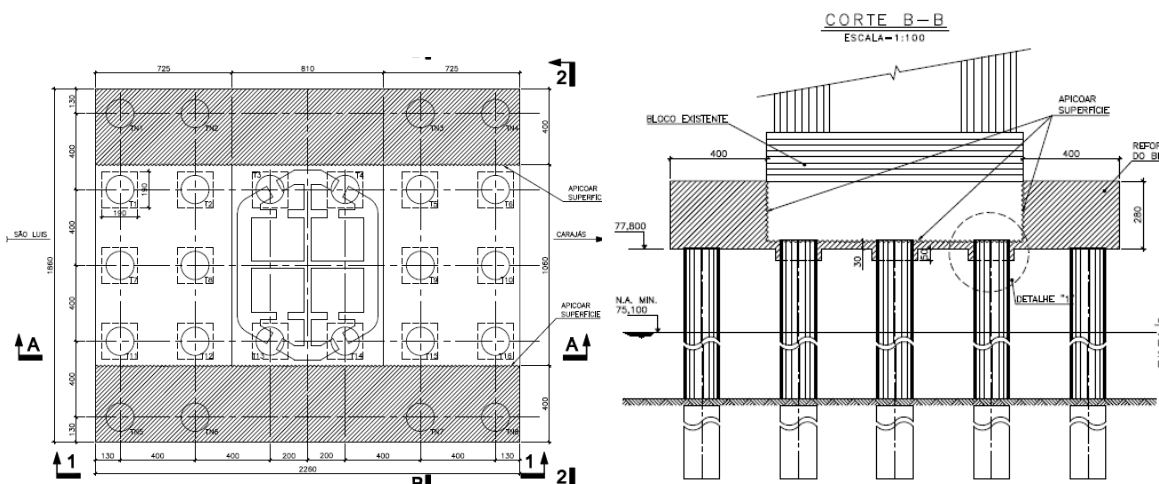


Figura 10. Infraestrutura – planta e corte de locação das novas estacas e prolongamentos do bloco.

A resistência do concreto a ser utilizado na ampliação do bloco está projetado para o f_{ck} 30 MPa. Objetivando a redução do tempo de bloqueio do tráfego rodoferroviário no momento das intervenções na Infraestrutura, a dosagem de concreto no composto será aumentada, reduzindo o tempo de cura do mesmo, estipulada a resistência mínima para liberação do tráfego em f_{ck} 18 MPa nos blocos. Nos 28 dias seguintes à aplicação do concreto, estima-se a cura ao índice desejado de f_{ck} 30 MPa. Outro ponto importante será a cura do concreto, que devido a grande massa envolvida, deverá garantir o mínimo de retração possível.

Para garantir a ligação entre o concreto velho e o concreto novo, toda a superfície do bloco que receber nova concretagem deverá ser perfeitamente apicoado e limpo e a superfície deverá receber uma ponte ligante que garanta a

ligação entre os dois concretos com idade diferentes sem que haja retração entre as duas partes.

Para a recuperação das estacas, devido à necessidade de se preservar as camisas metálicas de todas as estacas ao longo da ponte como elemento resistente, será necessário que todas as estacas recebam tratamento protetor adequado. Este tratamento deverá possibilitar a sua aplicação em ambiente emerso e submerso.

Na parte emersa, as camisas metálicas, a princípio, serão inspecionadas para confirmação do seu estado de conservação. Após a inspeção, as estacas serão limpas para retirada da corrosão e as imperfeições por meio de lixamento ou escovação. Posteriormente a limpeza, será aplicada uma ou duas demãos do protetor externo de material não poluente, com espessura mínima após secagem de 400 μm .

A parte submersa das estacas será inspecionada com auxílio de mergulhador para confirmação do estado de conservação das camisas metálicas e determinação da espessura existente das camisas.

Será utilizada a metodologia DASAS de isolamento e impermeabilização de estruturas. As camisas serão limpas através de processo de lixamento ou escovação, não sendo permitida a utilização de jateamento com areia. O processo de limpeza deverá ser realizado, de forma mecanizada com auxílio de mergulhador ou equipamento especializado. Após a limpeza, deverá ser garantido que as estacas estarão livres da presença de corrosão conforme padrão SAE 226. Serão aplicadas jaquetas em fibra de vidro do tipo "DASAS" da Dinamyk com camada adesiva de 15 mm de adesivo subaquático ADE 55 da Dinamyk. A proteção deverá garantir a proteção das camisas metálicas por mais 50 anos de vida útil.

5.3 SUPERESTRUTURA RODOVIÁRIA

Na antiga norma TB-36/1961, a sobrecarga aplicada era de 5 kPa na faixa de rolamento do veículo e nas demais áreas era de 3 kPa. Na revisão da norma em 1982, a sobrecarga de multidão do TB-36 foi alterada para 5 kPa. Na revisão

da norma em 1984, apenas o veículo passou de 360 kN para 450 kN, mantendo a mesma sobrecarga.

O projeto da ponte sobre o Rio Tocantins foi elaborado conforme os requisitos da norma de 1961, o que acarreta em uma diferença significativa com a norma vigente. Para o tráfego atual, considerando, inclusive, o aumento das cargas transportadas, será necessário reforçar a estrutura da ponte.

Para que fossem obtidas as tensões nos elementos metálicos, considerou-se que a estrutura metálica foi montada primeiro, para posterior montagem dos elementos pré-moldados da laje. Portanto, a laje atua somente como carga para a estrutura metálica e a seção resistente, tanto para o peso próprio da laje como para o da referida estrutura.

Para representar a continuidade da ligação entre a mão francesa que sustenta a rodovia e o caixão metálico, foram aplicados elementos de mola que representam a rigidez do caixão metálico no ponto de ligação. Para a determinação da rigidez na ligação da mão francesa no caixão metálico, foram aplicadas cargas conhecidas nos pontos de ligação, obtendo-se os deslocamentos e conseqüentemente a rigidez.

Como pode ser verificado, o reforço adotado de adição de chapas de 12,5 mm nos flanges da ligação da diagonal com o caixão metálico e na adição de chapas de 25 mm nos flanges ao longo da diagonal e na ligação da diagonal com a travessa superior de apoio das longarinas, atenderá às novas solicitações da ponte.

De forma a conter as limalhas metálicas e os resíduos sólidos gerados durante as intervenções, serão instaladas plataformas em tubo rol com pranchas, permitindo a retenção de resíduos sólidos e sua posterior retirada, sem que haja contaminação do corpo hídrico.

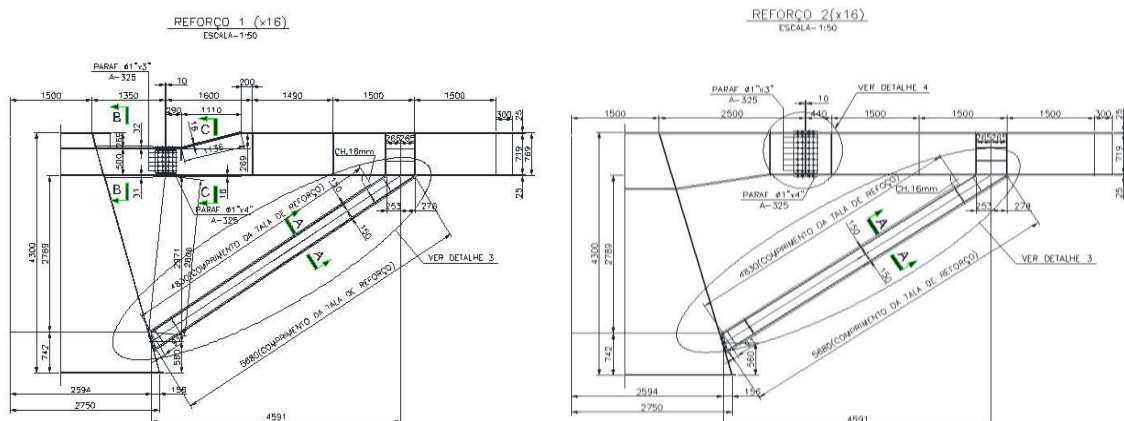


Figura 11. Vistas do reforço nos flanges da ligação da diagonal com o caixão metálico e na ligação da diagonal com a travessa superior de apoio das longarinas

5.4 SUPERESTRUTURA FERROVIÁRIA

As regiões da estrutura que necessitaram de reforços estão localizadas sobre os apoios e próximas aos aparelhos de apoio. Em modelo matemático, observaram-se concentrações de tensões na chapa de fundo do caixão metálico na posição sobre os aparelhos de apoio e nas suas adjacências. Devido ao espaço reduzido entre os enrijecedores de apoio e a necessidade de termos uma redução significativa das tensões de utilização da ponte, propomos reforçar a estrutura utilizando um reforço misto formado por chapa metálica e argamassa não retrátil de elevada capacidade do tipo “*Grout*”. Para tanto, serão fixados pinos de cisalhamento na estrutura existente do tipo “*stud bolt*” utilizando pistola de fixação por arco voltaico. Posteriormente, será fixada uma nova chapa metálica com “*stud bolts*”, sendo que esta nova chapa ficará 400 mm acima da chapa de fundo, na parte interna do caixão. Por orifícios existentes na nova chapa, será vertida argamassa tipo “*Grout*”, preenchendo o espaço de 400 mm existente entre a chapa de fundo e a nova chapa, resultado em uma nova seção mista com capacidade para absorver as novas cargas de utilização.

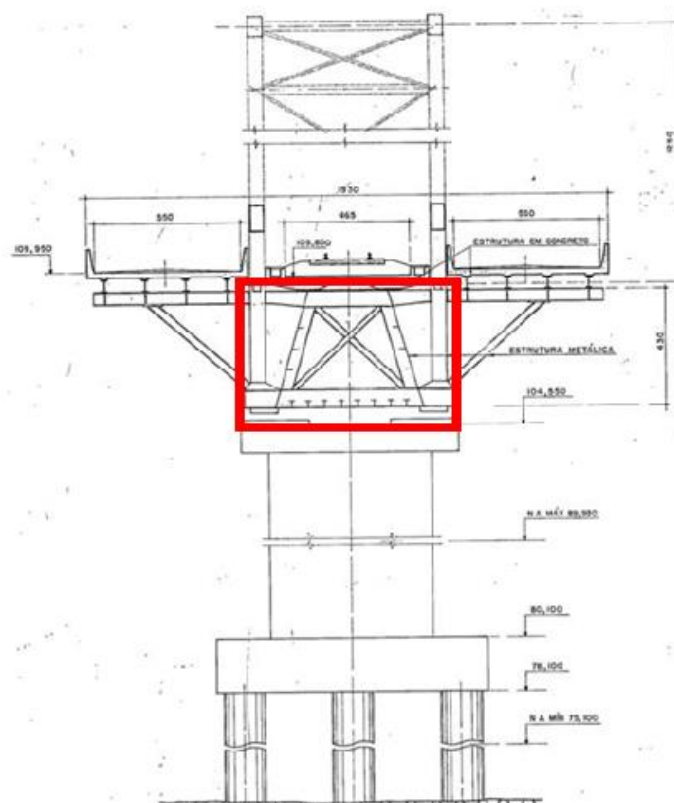


Figura 12. Corte transversal da estrutura da ponte com indicação da área da superestrutura, objeto de reforço.

Após o reforço em seção mista, as tensões na chapa de fundo do caixão ainda continuariam elevadas. Por isso, serão soldados longitudinalmente perfis metálicos de 2 m de comprimento, em seção “I”, na chapa de fundo, com a finalidade de aumentar a seção resistente. Estes perfis serão prolongados até ao primeiro diafragma de vão.

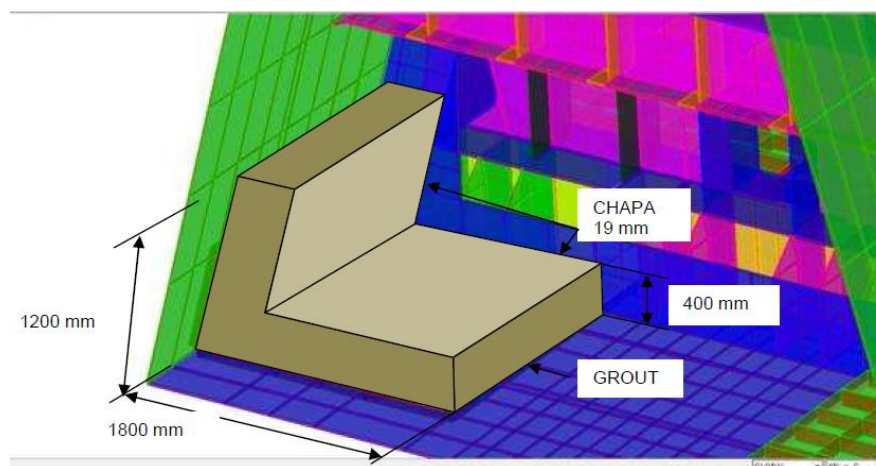


Figura 13. Reforço na chapa lateral inferior do caixão sob os pilares

Na chapa no costado lateral do caixão na parte inferior, próximo ao aparelho de apoio, as tensões obtidas em modelo matemático e em campo apresentam valores elevados, sendo, portanto, necessários reforços. Para o reforço foi proposta a fixação de uma chapa adicional de 25 mm de diâmetro soldada pela parte externa do caixão, com dimensões de 1800 mm de altura por 2000 mm de comprimento, posicionada simetricamente em relação ao eixo do apoio.

Na chegada do arco sobre o caixão, a chapa horizontal que recebe o arco necessita ser reforçada. Para isso, será soldada uma chapa adicional de 25 mm, no sentido interno do arco. A chapa será soldada no consolo de apoio do arco e na chapa superior do caixão metálico. A chapa terá, na extremidade do consolo, 500 mm e, na ligação com o caixão metálico, 1000 mm.

De forma a conter as limalhas metálicas e os resíduos sólidos gerados durante as intervenções, serão instaladas plataformas em tubo rol com pranchas, permitindo a retenção de resíduos sólidos e posterior retirada sem que haja contaminação do corpo hídrico.

Para o reforço do arco serão soldadas chapas adicionais na parte superior e inferior do perfil tubular retangular. A necessidade de soldar as chapas pela parte superior e inferior é devido à interferência com a laje da ferrovia e a laje da rodovia. O reforço ocorrerá ao longo de todo o arco e as chapas terão espessura variável de 44,5 mm na partida do arco, e 25 mm no restante.

Os tirantes existentes devem ser substituídos por novos. Para isso, serão instaladas quatro barras redondas com diâmetro M56 em aço grade 500 / 620 em substituição a cada tirante existente. Devido ao espaço reduzido entre as lajes da rodovia e da ferrovia, propomos que os tirantes sejam instalados pela lateral do tirante existente passando pela abertura na parte inferior do arco e que serve para a passagem do referido tirante. A fixação será feita por cima do arco, furando a sua parte superior, em elementos enrijecedores para a distribuição das cargas dos tirantes.

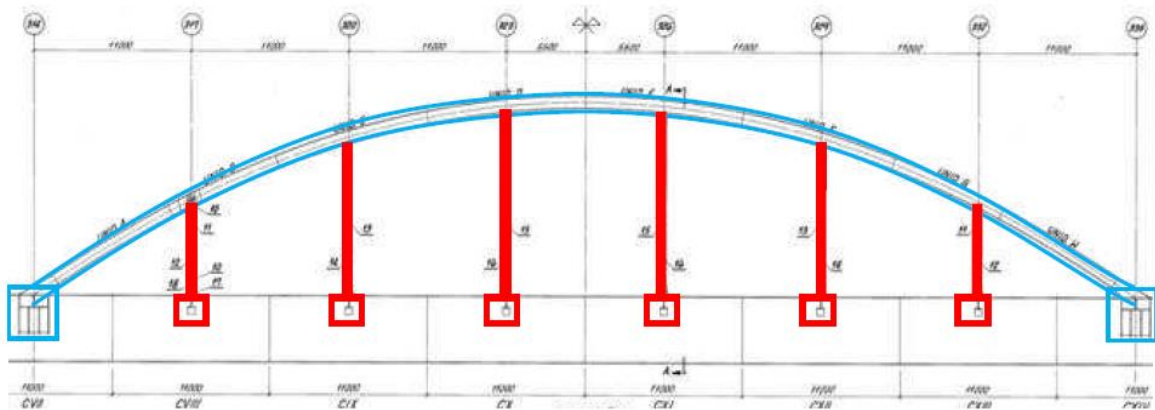


Figura 14. Elevação do arco metálico e tirantes ligados ao caixão metálico (em destaque)

A execução do reforço do arco e a troca dos tirantes serão realizadas na seguinte sequência:

- ✚ Reforço do arco metálico, soldando chapas adicionais na parte superior e inferior do perfil box;
- ✚ Montagem dos novos elementos metálicos para a ancoragem dos tirantes e perfuração da parte superior do arco para a passagem dos tirantes;
- ✚ Reforço na viga do caixão aonde chega o tirante, adaptando-a para receber os novos quatro tirantes;
- ✚ Montagem simultânea das quatro barras de tirantes, onde o tirante existente estará sendo substituído;
- ✚ Após a montagem, os tirantes serão protendidos até que o tirante existente saia de carga. Durante a protensão, dever-se-á garantir que a carga nos quatro tirantes seja igual e que eles apresentem a mesma deformação. Para isso, esta operação deverá ser monitorada.

5.5 MESOESTRUTURA

Tratamento das fissuras existentes com a injeção de concreto e pintura localizada.

6 ESTRUTURAS DE APOIO

6.1 CANTEIRO DE OBRAS

A implantação dos canteiros será executada conforme a legislação vigente (NR 18 e 24), bem como em consonância com os procedimentos internos da Vale, de forma a atender às necessidades da obra. Serão instalados próximo ao local de intervenção, em áreas já antropizadas.

A área do canteiro será devidamente cercada de forma a evitar o acesso de pessoas não autorizadas, evitando-se, principalmente, a ocorrência de acidentes.

Está prevista, para a implantação do Projeto de Reforço Estrutural da ponte sobre o rio Tocantins, a construção de três canteiros de obras e duas áreas de apoio fluviais.

6.1.1 Canteiro Principal (C1)

O canteiro principal (C1) possuirá 11.000 m², e será localizado em terreno de terceiros, antropizado e sem cobertura vegetal. O canteiro será constituído de escritório para gerenciadora e contratada, estacionamento, praça de resíduos, containers para almoxarifado e área de vivência com banheiros químicos.

A previsão é que a construção do canteiro C1 ocorra 30 dias após o início da mobilização do pessoal e equipamentos, uma vez obtida todas as liberações necessárias. Paralelamente a construção do Canteiro Principal C1, uma equipe auxiliar iniciará a construção do Canteiro C2 e C3, iniciando pelo lado de Marabá para depois passar para o lado de São Felix, ambos municípios no estado do Pará.

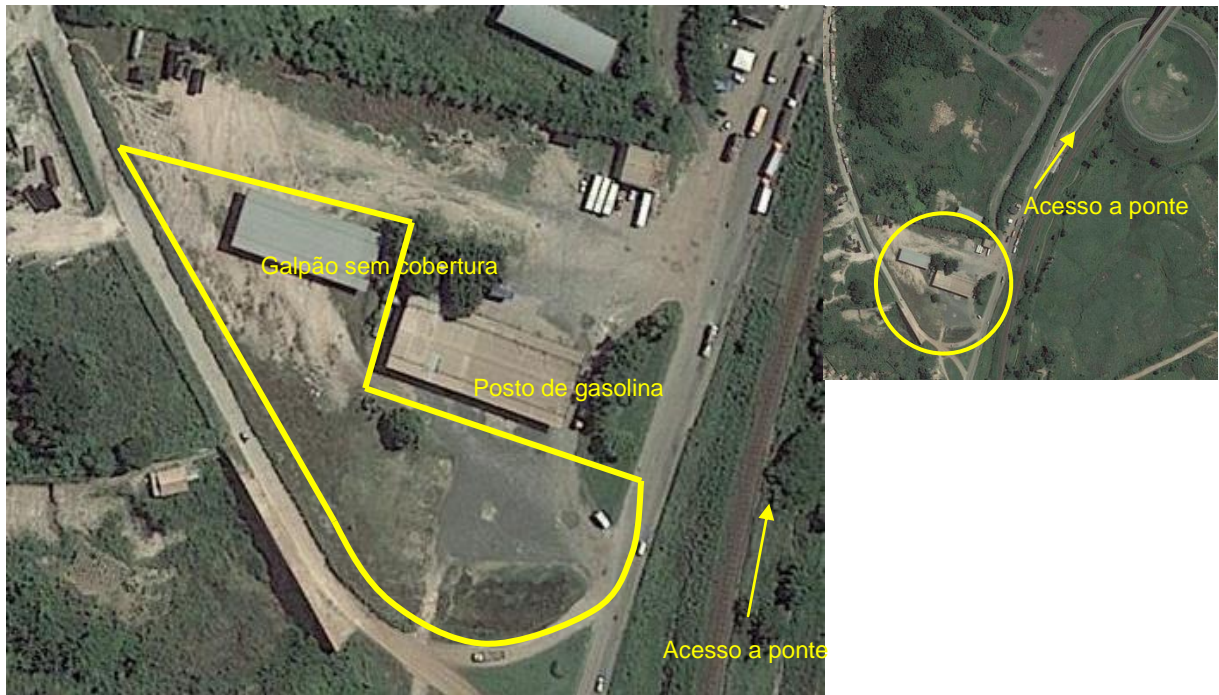


Figura 15. Delimitação do Canteiro C1, do lado de Nova Marabá, com área aproximada de 11.000 m²

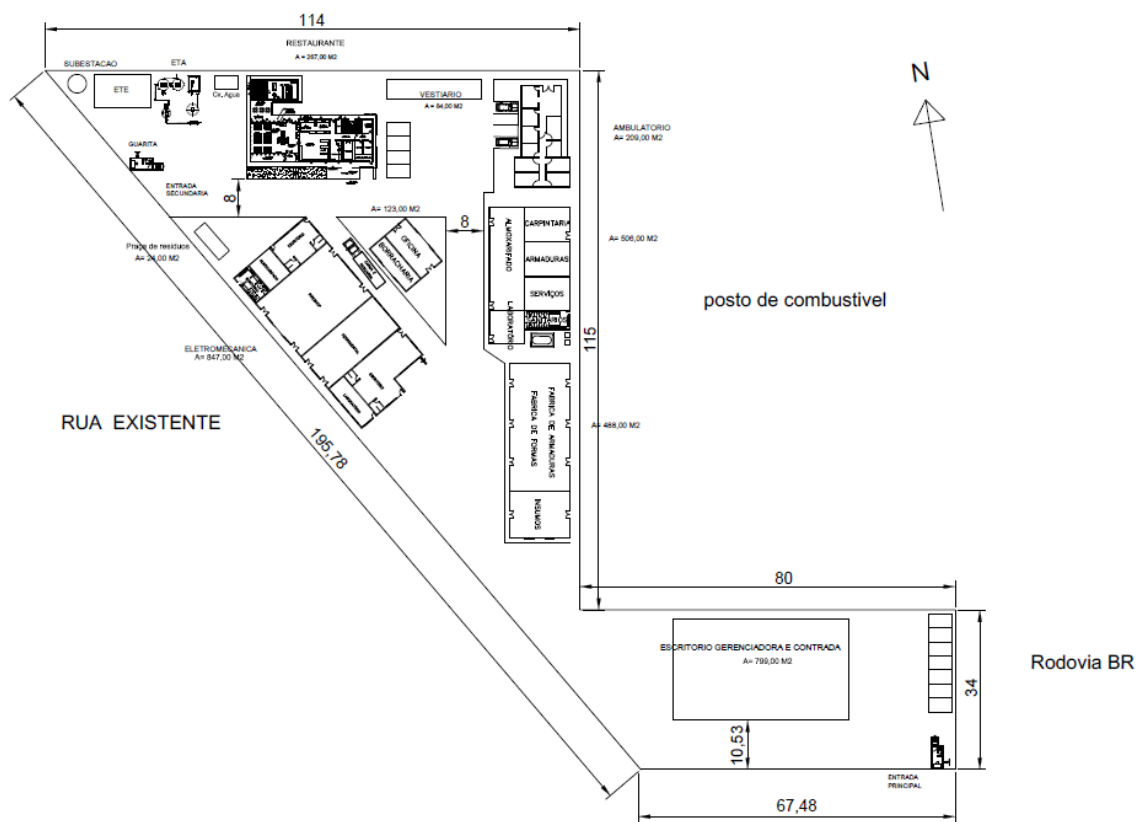


Figura 16. Layout proposto para o canteiro principal C1



Figura 17. Visões da área proposta para implantação do Canteiro C1.

6.1.2 Canteiros de Apoio (C2 e C3)

O canteiro principal C1 será responsável por prover toda a infraestrutura provisória para as equipes relacionadas à execução das atividades da obra, que serão apoiados pelos canteiros avançados C2 e C3.

Os canteiros avançados C2 e C3, localizados nos encontros da ponte, dentro da faixa de domínio da EFC, tanto do lado de Marabá como do lado de São Felix, serão dedicados às atividades relacionadas à estocagem de material e apoio direto as obras, contemplando almoxarifado pequeno, banheiros químicos e área de laboratório remoto.



Figura 18. Visões das áreas propostas para implantação dos Canteiros C2 e C3 respectivamente.



Figura 19. Escada de acesso dos canteiros de apoio a viga caixão

6.1.3 Áreas de Apoio Fluviais (C4 e C5)

Para que as equipes tenham acesso aos locais das obras da infraestrutura (cravação de estacas e execução dos blocos), deverão ter, à disposição, estrutura de apoio náutico e estrutura em terra. Cada equipe deverá ter uma balsa que ficará ancorada na frente de serviço. Além disso, haverá outras balsas com rebocadores, que farão o abastecimento de insumos e pessoas a cada frente de serviço.

Os canteiros de apoio fluviais C4 e C5, localizados em Marabá e São Felix, respectivamente, são acessos já definidos e em uso pela comunidade, compostos de vias de acesso pavimentadas com capacidade para via de mão dupla e rampa de acesso fluvial em concreto. Faz-se mister ressaltar que seus usos restringir-se-ão ao período de seca.



Figura 20. Acesso ao canteiro fluvial C4, em Marabá/PA.



Figura 21. Acesso ao canteiro fluvial C5, em São Felix/PA.



Figura 22. Mapa de localização dos canteiros de obra e áreas de apoio fluvial

6.2 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

A água necessária para as atividades de limpeza das estruturas, apenas durante a fase de implantação do empreendimento, será fornecida pelo poço artesiano existente na área do canteiro principal C1, outorgado pelo proprietário da área.

A água para consumo humano será de origem mineral, fornecida em garrações de água mineral, considerando o consumo médio de 2 litros/pessoa/dia.

6.3 SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA

A energia utilizada no canteiro de obra principal (C1) será fornecida pela concessionária CELPA – Centrais Elétricas do Pará S.A.. Serão utilizados transformadores abaixo de 13,8 KVA.

Para as demais estruturas de apoio, não será necessário fornecimento de energia elétrica.



Figura 23. Ponto de fornecimento de energia no Canteiro C1

6.4 BANHEIROS QUÍMICOS

Serão utilizados banheiros químicos, na proporção de 1 (um) banheiro para cada grupo de 20 (vinte) trabalhadores ou fração, a serem instalados em locais de acesso fácil e seguro, conforme estabelece a NR 18 e 24.

Desta forma, levando-se em consideração o contingente máximo de funcionários da obra de 250 trabalhadores (na execução da infraestrutura), serão instalados até 15 (quinze) banheiros químicos (masculinos e femininos) no pico da obra, para uso diário das equipes mobilizadas para execução das atividades.

Os colaboradores que estiverem atuando nas frentes de serviço utilizarão os canteiros de apoio, localizados em ambas as cabeceiras da ponte.

6.5 MOBILIZAÇÃO DE PESSOAL E EQUIPAMENTOS

6.5.1 Mão-de-Obra

Para a implantação deste empreendimento está previsto um contingente médio de 150 empregados entre mão de obra direta e indireta, podendo chegar a 250 pessoas no pico de implantação do empreendimento.

O regime de trabalho será de 8h, utilizando-se mão-de-obra local e/ou externa, de responsabilidade da empresa contratada para execução da obra. No entanto, para execução do reforço dentro do caixão metálico, categorizado como espaço confinado, insalubre durante o período diurno devido ao intenso calor e umidade, o regime de trabalho ocorrerá no período noturno (de 20h as 06h).

6.5.2 Máquinas e Equipamentos

A seguir, são apresentados alguns equipamentos que serão utilizados na etapa de implantação deste empreendimento, com as respectivas quantidades.

Os serviços de manutenção e abastecimento dos equipamentos e veículos utilizados na obra serão realizados em instalações fora do escopo da obra, junto a empresas licenciadas para estas atividades.

TABELA 1. Principais equipamentos a serem utilizados

EQUIPAMENTOS	QUANT.
Caminhão Munck	2
Guindastes	5
Caminhão Pipa	1
Carreta	2
Balsa de apoio com guindaste e betoneira	1

6.6 ACESSOS

6.6.1 Acesso Rodoviário

Tratando-se de acessos rodoviários, essenciais para o bom desenvolvimento da obra, podemos dizer que o trecho é razoavelmente bem atendido. Possui em seu entorno Rodovias Federais como a BR-222, que interliga os estados do Pará e Maranhão, a BR-230 (Rodovia Transamazônica), cortando os estados da Paraíba, Ceará, Piauí, Maranhão, Tocantins, Pará (na cidade de Marabá) e Amazonas.

O trecho ainda possui em seu entorno as rodovias estaduais PA-150, considerada uma importante rodovia de ligação à capital do Pará (Belém) transpondo o Rio Tocantins pela ponte rodo ferroviária, e a rodovia PA-257, que liga Marabá a Parauapebas.

6.6.2 Acesso Aéreo

O acesso aéreo é feito pelo aeroporto de Marabá (MAB), localizado no município de Marabá, no Pará, com vôos regulares para Brasília, Carajás e Belém.

6.6.3 Acesso Ferroviário

O acesso, ferroviário é feito, através da Estrada de Ferro Carajás.

6.6.4 Acesso Fluvial

O acesso fluvial é possível através do Rio Tocantins.

7 ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS

Aspecto Ambiental é o elemento gerado por uma atividade, produto ou serviço de uma organização que pode interagir com o Meio Ambiente, e que, quando controlado pode, evitar ou minimizar o Impacto Ambiental. Os principais aspectos e impactos ambientais associados às atividades a serem realizadas na implantação do empreendimento são apresentadas a seguir.

Faz-se mister ressaltar que, para a execução das intervenções previstas, inclusive para implantação das estruturas de apoio previstas, não será necessária a realização de supressão vegetal. Para o canteiro C1, prevê-se roçada da vegetação herbácea existente, bem como poda das árvores frutíferas. Para os canteiros C2 e C3, prevê-se apenas limpeza vegetal das braquiárias, o que totalizará uma área de 200 m².

7.1 GERAÇÃO DE EFLUENTES LÍQUIDOS

Trata-se do esgoto sanitário, proveniente da instalação dos canteiros de obra (banheiros químicos) para implantação do projeto e efluentes gerados a partir do uso industrial de água bruta para limpeza das estruturas. Além disso, faz-se mister ressaltar a geração de efluentes provenientes da lavagem das betoneiras utilizadas nas balsas, cuja finalidade será exclusivamente de manter o concreto em ponto de utilização. Os principais impactos deste aspecto estão relacionados às alterações das propriedades do solo e da qualidade da água.

7.2 EMISSÕES ATMOSFÉRICAS

As emissões atmosféricas previstas na etapa de implantação deste empreendimento, tais como materiais particulados e gases poluentes, terão como

fonte geradora veículos e equipamentos utilizados, vapores de solda, limpezas e acabamento de peças metálicas, gestão das estruturas de concreto, bem como pequenas movimentações de terra provenientes da movimentação de veículos e equipamentos. O impacto associado a este aspecto é a alteração na qualidade do ar.

7.3 GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Haverá geração de resíduos sólidos em diversas etapas da implantação do empreendimento. No canteiro de obras serão gerados resíduos comuns à operação (plásticos, papéis, vidros, metais e etc.), além de resíduos provenientes das atividades de higiene dos funcionários (resíduos não recicláveis). Das frentes de serviço serão gerados resíduos de solda, grout, concreto, resíduos de madeira proveniente de processos de carpintaria, resíduos de limpeza e escarificações das estruturas metálicas e de concreto, dentre outros. Os principais impactos deste aspecto estão relacionados às alterações das propriedades do solo e da qualidade da água.

7.4 GERAÇÃO DE RUÍDOS

As principais fontes geradoras de ruídos e vibrações são provenientes de máquinas e equipamentos, mobilização/desmobilização do canteiro, trânsito de veículos e caminhões. O principal impacto deste aspecto está relacionado ao aumento da pressão sonora.

8 PLANO DE CONTROLE AMBIENTAL (PCA)

Para mitigar os impactos ambientais decorrentes tanto de implantação quanto de operação do projeto, serão implantados controles operacionais conforme itens descritos a seguir.

8.1 CONTROLE DE EFLUENTES LÍQUIDOS

Os efluentes líquidos dos banheiros químicos serão regularmente coletados e transportados por empresas especializadas, licenciadas para tal atividade, através de caminhões de sucção, e destinados a Estação de Tratamento de Efluentes Municipal de Marabá/PA. Mensalmente serão apresentados à empresa os Manifestos de Transporte de Resíduos, os certificados de tratamento dos efluentes gerados na obra. Toda a água bruta será utilizada para limpeza das estruturas intervindas, somente após a limpeza da área e das estruturas de contenção.

As betoneiras utilizadas nas balsas serão transportadas para canteiro principal C1 para lavagem em estrutura composta de bacia de lavagem, cujo efluente gerado será armazenado em caixa selada para posterior tratamento em ETE licenciada.

Com a execução destas ações, espera-se assegurar que os efluentes gerados na implantação do empreendimento sejam tratados de maneira adequada, garantindo os padrões legais de lançamento dos mesmos no ambiente, bem como a integridade ambiental dos solos, águas superficiais e subterrâneas.

8.2 CONTROLE DE RESÍDUOS SÓLIDOS

A segregação, acondicionamento, armazenamento temporário e disposição interna e final dos resíduos gerados nas obras são realizados conforme procedimento interno, que estabelece as diretrizes gerais para gerenciamento dos resíduos, levando-se em conta que cada tipo de resíduo tem uma forma distinta de estocagem e destinação final.

Em todas as frentes de serviço da ponte serão instaladas plataformas do tipo tubo rol com pranchas para retenção dos particulados e resíduos sólidos gerados durante as intervenções. As plataformas servirão de caminho de acesso às entradas da viga caixão e via de movimentação dos resíduos gerados diariamente, conforme plano de trabalho. As intervenções civis na infraestrutura

da ponte serão acompanhadas de balsas, os quais reterão os resíduos sólidos gerados, evitando que os mesmos atinjam a lâmina d'água.

Os resíduos sólidos gerados nos canteiros de obras e frentes de serviços serão transportados ao Depósito Intermediário de Resíduos (DIR), a ser localizado no Canteiro C1, dispostos em coletores padronizados, conforme resolução CONAMA nº 275/01. Em todas as obras há um cronograma de coleta previamente estabelecido conforme o quantitativo de resíduos gerados. Estes resíduos serão recolhidos e transportados para a Central de Materiais Descartáveis (CMD), localizada na Vale em Marabá/PA. Os resíduos serão então destinados para aterros sanitários, aterros de inertes ou coletados por empresas especializadas para reciclagem, coprocessamento, reutilização ou outra destinação final adequada.

No caso de possíveis resíduos contaminados, os mesmos serão acondicionados em tambores certificados pelo INMETRO e dispostos em local específico do canteiro de obras. Posteriormente, serão encaminhados ao Galpão de Resíduos Perigosos da CMD, onde ficarão armazenados até disposição final.

Toda a movimentação de resíduos proveniente da operação do empreendimento será documentada, inventariada em relatórios periódicos e gerenciada pela Vale.

8.3 CONTROLE DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS

As emissões das máquinas e equipamentos utilizados nas obras deverão ser monitoradas conforme resolução CONAMA nº 18/86, que estabelece os padrões de emissão e procedimentos de inspeção para veículos em uso e dá outras providências. Semestralmente ou após uma manutenção no motor, a escala Ringelmann será utilizada para monitoramento dos gases emitidos através dos escapamentos de veículo movidos a diesel.

Já os vapores gerados pela combustão máquinas e equipamentos serão controlados através da manutenção preventiva dos seus componentes eletromecânicos, a fim de evitar a emissão de gases acima do limite permitido pela legislação ambiental pertinente. Além disso, todas as intervenções civis serão munidas de barreira protetora.

Por fim, para o canteiro C1, única estrutura que apresenta áreas não pavimentadas, teremos umectações 2 vezes ao dia, a ser realizada por caminhão aspergidor. Ratifica-se que o ponto de captação a ser utilizado será o poço existente na área do canteiro C1 (área terceira).

8.4 CONTROLE DE GERAÇÃO DE RUÍDOS

A principal fonte geradora de ruídos e vibrações presentes nesta etapa do empreendimento será proveniente das máquinas e equipamentos a serem utilizados na obra, e que será um fator de impacto direto nos empregados da obra e na comunidade do entorno. Tal impacto será mitigado mediante o uso adequado dos EPI específicos pelos empregados. Ademais, para não impactar na comunidade, durante toda a fase de implantação da obra, será realizada a manutenção sistemática dos veículos e equipamentos, a fim de manter a correta regulagem dos motores e eliminar problemas mecânicos operacionais. Esta atividade será realizada em oficinas especializadas nos centros urbanos.

8.5 REVEGETAÇÃO

Após a desmobilização dos canteiros de apoio, será executado o replantio de braquiárias na área intervindas dos canteiros C2 e C3, que totalizará 200 m². A metodologia a ser utilizada será a de hidrossemeadura.

ANEXOS

Anexo I – Laudo Técnico RL-2530KF-G-00820

Anexo II – ART da Beton Stahl Engenharia

Anexo III – Projetos executivos

Anexo IV – Cronograma executivo

Anexo V – ART e CTF do Responsável pelo RTAS