



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
(UFERSA) – CAMPUS ANGICOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS (DENGGE)
CURSO: ENGENHARIA CIVIL

PEDRO HENRIQUE FERNANDES MARTINS

TROCA DE MATERIAL DE APOIO EM PONTES LOCALIZADAS NOS MUNICIPIOS
DE FERNANDO PEDROZA/RN E ANGICOS/RN.

ANGICOS/RN
2023

PEDRO HENRIQUE FERNANDES MARTINS

TROCA DE MATERIAL DE APOIO EM PONTES LOCALIZADAS NOS MUNICIPIOS DE
FERNANDO PEDROZA/RN E ANGICOS/RN.

Trabalho Final de Graduação apresentado
à Universidade Federal Rural do Semi-
Árido como requisito para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Marcílio Luís Viana
Correia.

ANGICOS/RN
2023

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

MM386 Martins, Pedro Henrique Fernandes .
t TROCA DE MATERIAL DE APOIO EM PONTES
LOCALIZADAS NOS MUNICIPIOS DE FERNANDO PEDROZA/RN
E ANGICOS/RN. / Pedro Henrique Fernandes
Martins. - 2023.
49 f. : il.

Orientador: Marcílio Luís Viana Correia.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2023.

1. Neoprene. 2. Material de apoio. 3.
Aparelhos hidráulicos . 4. Pontes. I. Correia,
Marcílio Luís Viana , orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Angicos
Bibliotecário: Helder Romero Maia Duarte
CRB: 15/673

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

PEDRO HENRIQUE FERNANDES MARTINS

**TROCA DE MATERIAL DE APOIO EM PONTES LOCALIZADAS NOS
MUNICIPIOS DE FERNANDO PEDROZA/RN E ANGICOS/RN.**

Trabalho Final de Graduação apresentado
à Universidade Federal Rural do Semi-
Árido como requisito para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Civil.

Defendida em: 10 / 10 / 2023.

BANCA EXAMINADORA

Marcílio Luís Viana Correia, Prof. Me. (UFERSA/Campus Angicos)
Presidente

Valquiria Melo Souza Correia, Prof. Dr(a). (UFERSA/Campus Angicos)

Ítalo Oliveira Rebouças Eng(a). (UFERSA/Campus Angicos)

AGRADECIMENTOS

Neste momento significativo da minha jornada acadêmica, gostaria de expressar minha sincera gratidão a todos aqueles que foram fundamentais para a realização deste trabalho.

Em primeiro lugar, quero agradecer a Deus, cuja orientação e inspiração guiaram cada passo deste processo. Sua graça e sabedoria foram a luz que iluminou meu caminho ao longo desta jornada.

À minha família, meu pais, cujo apoio inabalável e amor infinito foram a força propulsora que me impulsionou conhecimento e superar desafios durante a minha vida.

À minha namorada, Marluce Medeiros, que esteve ao meu lado com paciência e compreensão, compartilhando alegrias, dificuldades, e cujo amor e incentivo constante foram minha base nos momentos de incerteza e reclamações durante o meu trabalho.

Aos meus amigos, que me apoiaram, encorajaram e compartilharam risos e tristezas durante essa jornada. Sem eles, todos esses laços construídos durante a faculdade não seriam construídos.

A todos os meus professores, mentores em especial Tiago Cobra e Kecio Jhones que contribuíram para a minha formação acadêmica e pessoal, sou grato pela troca de conhecimento e experiências adquiridas durante essa jornada.

Aos meus primos, Vinicius Fernandes e Bruno Dantas, que compartilhamos desde a infância inúmeros momentos de alegria e superamos desafios, quero dedicar uma homenagem especial neste momento de grande felicidade.

Esta conquista não seria possível sem o apoio e o amor daqueles que mencionei acima. Cada um de vocês desempenhou um papel especial e insubstituível nesta jornada, e por isso, minha eterna gratidão.

“Todo mundo falha em ser quem deveriam ser. O valor de uma pessoa, de um herói... é o quanto eles dão certo em ser quem são.”
Vingadores: Ultimato.

RESUMO

Atualmente, estamos observando um aumento significativo na demanda por projetos de ampliação e reforço estrutural em pontes e viadutos nas rodovias brasileiras. Esse aumento se justifica por uma série de fatores. Em primeiro lugar, muitas dessas estruturas foram construídas há várias décadas e, com o passar do tempo, apresentaram fatores ambientais como chuva, umidade e gases o que ocasionaram o desgaste dessas estruturas, tornando-se essencial a intervenção para sua reabilitação. O presente estudo teve como objetivo geral analisar o processo da troca de material de apoio, os neoprenes, de duas pontes localizadas nos municípios de Fernando Pedroza e Angicos, no estado do Rio Grande do Norte. As respectivas pontes foram construídas a mais de 30 anos e devido ao aumento do tráfego rodoviário, especificamente os veículos que carregam os equipamentos das torres eólicas que transitam com muita frequência na BR304, rodovia que estão localizadas as respectivas pontes. Em 2023, as duas pontes foram contempladas com serviços de reforço e alargamento para atender e garantir os padrões de carregamento e segurança exigidos pelas normas vigentes, prolongando sua vida útil e garantindo que continuem atendendo às crescentes demandas de transportes. Foram analisados os serviços de troca de materiais de apoio usando aparelhos hidráulicos, conhecidos como neoprenes, que foram colocados entre os pilares e laje das respectivas pontes permitindo assim a movimentação relativa entre eles devido a carga, temperatura e outros fatores.

Palavras-Chave: Neoprenes; aparelhos hidráulicos.

Abstract

Currently, we are witnessing a significant increase in the demand for expansion and structural reinforcement projects on bridges and viaducts in Brazilian highways. This increase is justified by a series of factors. Firstly, many of these structures were built several decades ago, and over time, environmental factors such as rain, humidity, and gases have caused wear and tear on these structures, making intervention essential for their rehabilitation. The present study is aimed to analyze the process of replacing the support material, neoprene, in two bridges located in the municipalities of Fernando Pedroza and Angicos, in the state of Rio Grande do Norte. These bridges were constructed over 30 years ago, and due to the increased road traffic, particularly the vehicles carrying equipment for wind turbines, which frequently transit on BR304, the highway where these bridges are located. In 2023, both bridges underwent reinforcement and expansion services to meet and ensure the loading standards and safety requirements imposed by current regulations, extending their service life and ensuring they continue to meet the growing transportation demands. The study examined the replacement of support materials using hydraulic devices, known as neoprene, which were placed between the pillars and the deck of the respective bridges, allowing relative movement between them due to loads, temperature, and other factors.

Keywords: Neoprenes; hydraulic devices.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplo de pêndulo em pontes.	18
Figura 2 - Aparelho de Apoio elastomérico Oco, Circular e Retangular.	20
Figura 3 - Exemplo de aparelho de apoio neoprene cintado.	21
Figura 4 – Bomba hidráulica utilizada no macaqueamento das pontes.	22
Figura 5 – Cilindro Hidráulico.	23
Figura 6 – Ponte do Arvoredo, localizada no município de Fernando Pedroza/RN.	24
Figura 7 – Vista lateral direita, ponte sobre o Riacho do Arvoredo.	25
Figura 8 – Croqui da Ponte sobre o Riacho do Arvoredo.	26
Figura 9 – Ponte sobre o Riacho Ipueira, localizada no município de Angicos/RN.	27
Figura 10 – Vista geral superior do encontro, ponte sobre o Riacho Ipueira.	28
Figura 11 – Vista do aparelho de apoio, ponte sobre o Riacho Ipueira.	29
Figura 12 – Vista lateral direita, ponte sobre o Riacho Ipueira.	29
Figura 13 – Vista geral superior da ponte sobre o Riacho do Arvoredo.	30
Figura 14 – Consoles de concreto para apoiar os cilindros hidráulicos.	31
Figura 15 – Croqui da vista lateral da Ponte do Arvoredo.	32
Figura 16 – Croqui da vista superior da Ponte do Arvoredo.	32
Figura 17 – Cilindros Hidráulicos posicionados nos consoles com utilização de andaimes.	33
Figura 18 – Cilindros Hidráulicos com a chapa metálica e chapas de madeira.	34
Figura 19 – Bombas Hidráulicas.	36
Figura 20 – Medidores de pressão das bombas hidráulicas.	36
Figura 21 – Console rompido.	37
Figura 22 – Neoprene Cintado.	38
Figura 23 – Projeto do Neoprene Cintado para estrutura existente.	39
Figura 24 – Dimensões das chapas de aço no Neoprene Cintado.	39
Figura 25 – Neoprene Cintado para as seções do alargamento.	39
Figura 26 – Dimensões das chapas de aço no Neoprene Cintado.	40
Figura 27 – Neoprenes Cintados.	40
Figura 28 – Aparelho de apoio posicionado no local.	40
Figura 29 – Pilares com os aparelhos de apoio.	41
Figura 30 – Croqui da vista superior da Ponte Riacho Ipueira.	42
Figura 31 – Croqui da vista lateral da Ponte Ipueira.	42
Figura 32 – Neoprene Cintado retirado da ponte sobre o Riacho de Ipueira.	43
Figura 33 – Projeto do Neoprene Cintado para estrutura existente.	43
Figura 34 – Dimensões das chapas de aço no Neoprene.	44
Figura 35 – Aparelho de apoio posicionado.	44

Sumário

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS.....	14
2.1 OBJETIVO GERAL	14
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS	14
3 REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1 FUNDAMENTOS DAS PONTES.....	15
3.2 APARELHOS DE APOIO DE ELASTÔMERO.....	16
3.2.1 ELASTÔMERO NO BRASIL	18
3.2.2 FUNCIONALIDADE.....	20
4. VIDA ÚTIL DO APARELHO DE APOIO	21
5. TROCA DE APARELHO DE APOIO	22
6 METODOLOGIA	23
6.1 DESCRIÇÃO DO ESTUDO.....	23
6.2 DESCRIÇÃO DO LOCAL	24
6.2.1 PONTE SOBRE O RIACHO DO ARVOREDO (PONTE SOBRE O RIO PATAXÓ)	24
6.2.2 PONTE SOBRE O RIACHO IPUEIRA (RIO SÃO MIGUEL)	27
7. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
7.1 DEFINIÇÃO E ETAPAS	30
7.2 PROCESSO DE MACAQUEAMENTO NA PONTE SOBRE O RIACHO DO ARVOREDO	31
7.3 SUBSTITUIÇÃO DO APARELHO DE APOIO NA PONTE SOBRE O RIACHO DO ARVOREDO.	35
7.4 MATERIAL DE APOIO – NEOPRENE CINTADO	37
7.5 PROCESSO DE MACAQUEAMENTO NA PONTE RIACHO IPUEIRA (RIO SÃO MIGUEL).....	42
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
7 REFÊRENCIAS	46

1 INTRODUÇÃO

As pontes são estruturas imponentes integrantes de uma rede de vias rodoviárias e desempenhando um papel fundamental ao possibilitar a continuidade do leito de uma via e permitir a ligação entre várias regiões. De acordo com Rebouças (2017), remontando ao século III a.C, os romanos foram os pioneiros em reconhecer o valor que uma ponte poderia agregar à sociedade, formando a superação de obstáculos previamente intransponíveis e abrindo caminho para a conquista de territórios desconhecidos. Com o decorrer dos tempos, outras civilizações também abraçaram, reconhecendo as pontes como uma oportunidade para o desenvolvimento social, econômico, incluindo a otimização logística nos sistemas de transportes, a conexão entre pessoas de regiões distintas e o processo da engenharia em aspectos múltiplos.

Desde a década de 1940, as normas referentes ao cálculo e a construção de estruturas de concreto passaram por um processo evolutivo contínuo. Esta evolução, por sua vez, está intrinsecamente ligada ao avanço dos veículos que utilizam as vias rodoviárias e aos materiais empregados nas obras de engenharia civil. Como resultado, temos assistido a sucessivas atualizações das normas ao longo do tempo. Essa dinâmica complexa, aliada à substituição, recuperação, reforço e ampliação de várias pontes, tem conferido à malha rodoviária brasileira uma heterogeneidade marcante no que diz respeito a suas estruturas de travessia. Nesse contexto, a diversidade se faz presente em função das diferentes idades das pontes, sendo algumas construídas em tempos remotos e outras mais recente, cada qual feito sob critérios distintos de dimensionamento. Tais variações e especificidade são claramente observadas nos registros documentais do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT).

A engenharia estrutural moderna tem sido marcada por uma busca incessante pela inovação, pelo aprimoramento das técnicas, materiais utilizados na construção e manutenção de infraestrutura. Nesse contexto, a aplicação de materiais elastoméricos, como os neoprenes, tem se destacado como uma contribuição significativa para a durabilidade, segurança e eficiência das estruturas, principalmente em pontes e viadutos. Os neoprenes, compostos por polímeros sintéticos de borracha, desempenham um papel crucial na engenharia de pontes devido às suas

propriedades únicas. Sua capacidade de absorver deformações, amortecer vibrações e acomodar movimentos resultantes das variações térmicas e das cargas aplicadas, tornam-nos materiais essenciais para aplicações em juntas de dilatação e sistemas de apoio.

Ao longo do tempo, os neoprenes têm sido adotados em pontes para mitigar os efeitos de fatores como expansão térmica, recalques, diferenças de cargas dinâmicas, assegurando a integridade estrutural e prologando a vida útil dessas importantes infraestruturas. A escolha criteriosa do tipo de neoprene, sua instalação adequada e sua manutenção contínua são aspectos cruciais para garantir o desempenho esperado e a segurança das pontes ao longo da sua existência.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Explorar de forma aprofundada o uso dos aparelhos de apoio nas pontes nos municípios de Fernando Pedroza/RN e Angicos/RN, examinando suas características, a realização das trocas e efeitos na engenharia de estruturas. A investigação abordará aspectos técnicos, normativos e práticos, com o intuito de contribuir para a compreensão ampliada dos benefícios e desafios associados a essa classe de materiais elastoméricos nas obras de infraestrutura.

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Realizar um levantamento abrangente dos dispositivos de apoio usados na Ponte sobre o Riacho do Arvoredo e na Ponte sobre o Riacho Ipueira, abordando a tipologia, quantidade e suas principais características;
- Estudo bibliográfico sobre os tipos e características dos aparelhos de apoio utilizados nas pontes;
- Análise da realização da troca dos aparelhos de apoio nas respectivas pontes.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 FUNDAMENTOS DAS PONTES

As pontes desempenham um papel primordial ao garantir a continuidade das vias, seja no contexto rodoviário ou ferroviário. Ao explorarmos a perspectiva histórica, identificamos uma evolução progressiva dessas estruturas. Isso se deve à necessidade premente de sustentar cargas significativamente mais pesadas do que aquelas enfrentadas em tempos remotos. De forma paralela a essa exigência por capacidade de carga, surgiu a capacidade de se obter vãos maiores.

O desenvolvimento inicial das pontes testemunhou a criação de estruturas primárias, frequentemente erguida com materiais como madeira ou alvenaria de pedra. Comumente caracterizado por vãos de pequenas dimensões, essas pontes tinham capacidade para acomodar o trânsito de pedestre e enfrentar demandas de carga relativamente modestas. Em virtude dessas características, a implementação de aparelhos de apoio não se mostrou necessário naquela época. Isso pode ser atribuído ao fato de que essas primeiras pontes foram projetadas para atender às necessidades mais singelas, refletindo a capacidade limitada de carga e os esforços menores aos quais elas eram submetidas. Como resultado, a ausência de aparelhos de apoio era justificada pelo contexto estrutural e pelos requisitos funcionais predominantes nas eras iniciais de engenharia de pontes.

No cenário contemporâneo, a diversidade de tipos de pontes abraça desde estruturas convencionais até formas arrojadas e inovadoras, cada uma intrínseca em seus modos de reação às solicitações impostas. Esse notável sinal evoluiu a necessidade inevitável de empregar aparelhos de apoio, constituindo elementos fundamentais que não apenas acomodam, mas também gerenciam a variável de carregamento a que as pontes estão submetidas.

A aplicação destes aparelhos de apoio assume uma função crucial, pois a carga decorrente das diferentes atividades sobre a ponte deve ser distribuída de forma eficaz à estrutura subjacente. Através de uma articulação meticulosa entre as forças que age sobre a ponte e os aparelhos de apoio estrategicamente posicionados, a transferência segura das cargas é realizada, minimizando as tensões indesejadas na estrutura.

[...] os aparelhos de apoio em pontes é um detalhe importante na evolução das Obras de Arte na medida em que o desenvolvimento destes elementos tomado como parte da construção, reflete os avanços tecnológicos dos dois últimos séculos, pois o aumento cada vez maior das estruturas de pontes requeira soluções adequadas às novas exigências (VIEIRA, 2013, p.13).

Esta evolução na engenharia de pontes, marcada pela diversidade de tipos e desempenhos, reitera a importância dos aparelhos de apoio como componentes chave para assegurar a integridade e durabilidade das estruturas. No âmago do processo contemporâneo, esses dispositivos emergem como elementos incontestáveis, capacitando a infraestrutura para enfrentar os desafios de hoje e no futuro.

3.2 APARELHOS DE APOIO DE ELASTÔMERO

A demanda por dispositivos de apoio emergiu no cenário da engenharia no decorrer do século XIX. Antes desse período, as estruturas apresentadas eram relativamente pequenas e eram predominantemente construídas com alvenaria de pedra, definidas por suas dimensões consideráveis, incluindo os apoios. Isso, na maioria dos casos, não exigia cuidados especiais em termos de dispositivos de apoio. No entanto, à medida que as estruturas ganharam espaço, projetos consideravelmente maiores passaram a ser concebidos, resultando em deformações e deslocamentos mais acentuados. Como resposta a essa evolução na engenharia, tornou-se necessária a implementação de dispositivos de apoio para acomodar essas novas demandas e garantir estabilidade e segurança dessas estruturas diante de tais desafios estruturais.

Inicialmente, a busca por soluções para o desafio dos apoios, que permitissem deslocamentos e rotações, englobava o uso tanto de dispositivos com roletes metálicos quanto de aparelhos com placas metálicas deslizantes. Nas primeiras décadas do século XX, com o avanço das técnicas de construção de pontes em concreto, os aparelhos de apoio metálicos eram predominantes. Contudo, além de implicarem em custos elevados, eles requeriam manutenção constante, o que não se aplicava às estruturas de concreto. Diante desse cenário, surgiram os pêndulos,

conhecidos como apoios móveis, e as articulações de concreto, designadas como apoio fixos, como alternativas para atender às necessidades de apoio em pontes construídas com concreto. Essas inovações trouxeram benefícios significativos, pois além de serem mais econômicos, dispensaram a necessidade de manutenção constante, contribuindo para a durabilidade das estruturas de concreto. Em estruturas de menor complexidade e responsabilidade, como aquelas com cargas mais leves, também foram empregadas placas de chumbo e até mesmo argamassa enriquecida com cimento como métodos de apoio. Essas soluções eram adequadas para cenários em que os requisitos de deslocamento e carga eram menos exigentes, demonstrando os aspectos das abordagens utilizadas na engenharia das estruturas.

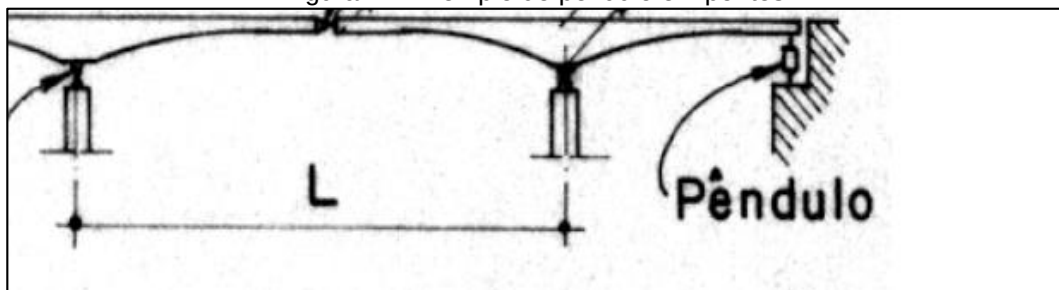
Nos Estados Unidos, durante o ano de 1930, a empresa Du Pont inovou ao desenvolver o Policloropreno, um elastômero sintético. Esse material apresentou propriedades metálicas semelhantes à borracha natural, com adição de uma notável resistência ao envelhecimento. A indústria da construção rapidamente conheceu o potencial dessas propriedades notáveis. Os primeiros experimentos revelaram que o elastômero empregado nos dispositivos de apoio tinha uma tendência a fluir lateralmente quando solicitado, uma característica que estava diretamente relacionada com a dureza do elastômero e com a geometria do dispositivo.

Por volta de 1948, na França, foram realizadas algumas tentativas de aprimoramento dessa questão, como a inserção de redes metálicas entre as placas de elastômero. Essas redes penetram no elastômero, impedindo o escoamento lateral, mas ainda assim, os rasgos no elastômero limitaram-se às variações que poderiam ser suportadas. No entanto, por meio de um confinamento transversal, foi possível aumentar a resistência da massa do elastômero sem comprometer sua capacidade de deformação horizontal.

Posteriormente, uma nova tentativa foi feita com placas de elastômero vulcanizadas junto com as redes metálicas, mas também não foi bem sucedida. Somente em 1957, na Alemanha, foram desenvolvidas as primeiras pontes suportadas por dispositivos de elastômero. No entanto, esses apoios, quando submetidos a carga mais elevadas, apresentam rasgos no elastômero devido à concentração de tensão junto aos arames de rede metálica. Deixando evidente a necessidade de aumentar a área do aço para reduzir o esforço na interface aço-

elastômero.

Figura 1 – Exemplo de pêndulo em pontes.



Fonte: Mounir Khalil El Debs Toshiaki Takeya (2007).

Nesse contexto, surgiram as chapas de aço como substitutas das redes metálicas. Isso foi feito em um produto híbrido, composto por elastômero e aço, nos quais ambos os materiais colaboravam de maneira sinérgica. O aço, quando tracionado, confinava o elastômero, aproveitando a excelente capacidade de obtenção obtida por meio da vulcanização conjunta. Na década de 60, na França, foi adotado um processo de fabricação no qual os dispositivos de apoio eram confeccionados a partir de placas compostas por uma única camada de elastômero vulcanizado, intercalada entre duas chapas de aço. Essas placas-mãe eram recortadas nas dimensões permitidas e empilhadas uma sobre as outras, formando o aparelho completo. As chapas de aço passam por um tratamento especial de pintura para proteção contra oxidação, embora esse processo já não seja permitido nos padrões atuais.

No método amplamente adotado nos dias de hoje, os dispositivos de apoio são moldados individualmente, combinando placas de aço intercaladas com camadas de elastômero, e são vulcanizadas em conjunto para alcançar as dimensões finais conforme o projeto. O dispositivo é retirado dos moldes com as camadas de revestimento laterais e superficiais já incorporadas. Essa abordagem elimina a necessidade de qualquer tratamento subsequente das chapas de aço, já que elas não ficam expostas ao contato direto com o ambiente externo.

3.2.1 ELASTÔMERO NO BRASIL

No cenário brasileiro, o uso de elastômero sintético tem sido praticamente exclusivo. Durante o período de construções das grandes obras na década de 1970 e início dos anos 1980, alguns dos dispositivos de apoio fabricados enfrentaram uma

série de desafios. Estes abrangiam variações significativas nas propriedades do elastômero, bem como nas chapas de aço, desvios dimensionais, falta de paralelismo nas chapas de aço, descolamento do elastômero em relação às chapas de aço e desprendimento das chapas de teflon, nome popular do polímero Politetrafluoretileno, das chapas de aço. Além disso, os coeficientes de atrito entre o aço inox e o teflon eram consideravelmente maiores do que os específicos. Tais problemas resultaram em atrasos nas obras, devido à rejeição de diversos lotes quando os resultados dos testes eram comparados às normas estrangeiras. Levando à necessidade de substituir vários dispositivos de apoio.

No início da década de 1980, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) criou uma comissão com o objetivo de desenvolver a Norma Brasileira de Recepção de Aparelhos de Apoio, conhecida como NBR-9783, que está em vigor desde 1987. Desde então, esta desempenhou um papel fundamental na melhoria da qualidade oferecida pelos fabricantes de dispositivos de apoio elastoméricos. No mesmo ano de 1987, entrou em vigor a NBR-7187 – Projeto e Execução de Pontes de Concreto Armado e Protendido e, com o decorrer do tempo, essa norma foi periodicamente atualizada para incorporar as novas tecnologias que foram sendo desenvolvidas, a NBR-7187 foi atualizada recentemente, no ano de 2021. Destaca-se no item 9.9 a exigência de dispositivos de apoio em pontes.

[...] O projeto estrutural deve conter todos os elementos necessários para garantir o correto funcionamento dos aparelhos de apoio, como suas dimensões, posicionamento, tipo e características do material de constituição, instruções de montagem e colocação, detalhe do berço de assentamento e eventuais dispositivos de proteção (NBR-7187:2021, pág. 25).

Internacionalmente os países membros da União Europeia adota-se a Euronorm, um conjunto de normas técnicas que foram desenvolvidas e adotadas na União Europeia para padronizar produtos, processos e serviços em diversos setores. Atualmente, a Euronorm EN 1337 vem sendo a norma mais completa e atual quando se fala em aparelho de apoio.

[...] Os aparelhos e estruturas devem ser projetados de maneira que os aparelhos ou suas partes possibilitem inspeção, manutenção, e troca se necessário, de maneira a permitir que os aparelhos cumpram sua função

durante toda a vida útil da estrutura, ou seja, o projeto de qualquer tipo de aparelho, que seja metálico, “pot bearing” ou de elastômero deve prever eventual troca (EM 1337 – parte 1 – item 4).

É esperado que em breve seja concluída a elaboração da Norma Brasileira de Projeto de Aparelhos de Elastômero.

3.2.2 FUNCIONALIDADE

Os aparelhos de apoio elastomérico podem ser específicos e fabricados para permitir movimentos de translação em qualquer direção e movimentos rotacionais em torno de qualquer eixo através da deformação metálica. Isso possibilita a transferência adequada das forças de projeto de um componente estrutural para outro, ao mesmo tempo em que acomoda os deslocamentos calculados por meio da análise estrutural. Esses dispositivos desempenham um papel fundamental na garantia da integridade e segurança da estruturas.

Em regiões com atividades sísmicas, esses dispositivos também são usados como medida de mitigação de terremotos, até mesmo em edifícios de grande altura. Utilizando a mesma matéria prima com pequenas modificações, porém com geometria distinta, também são fabricados sistemas de proteção convencionais e amortecedores especiais. Quando são concebidos e projetados em conformidade com os princípios de engenharia de qualidade, fabricados de forma precisa e submetidos a testes específicos, especialmente em ambientes menos hostis, os aparelhos elastoméricos devem ter uma vida útil tão extensa quanto a da própria estrutura. Em situações envolvendo ambientes adversos, podem ser necessários cuidados adicionais.

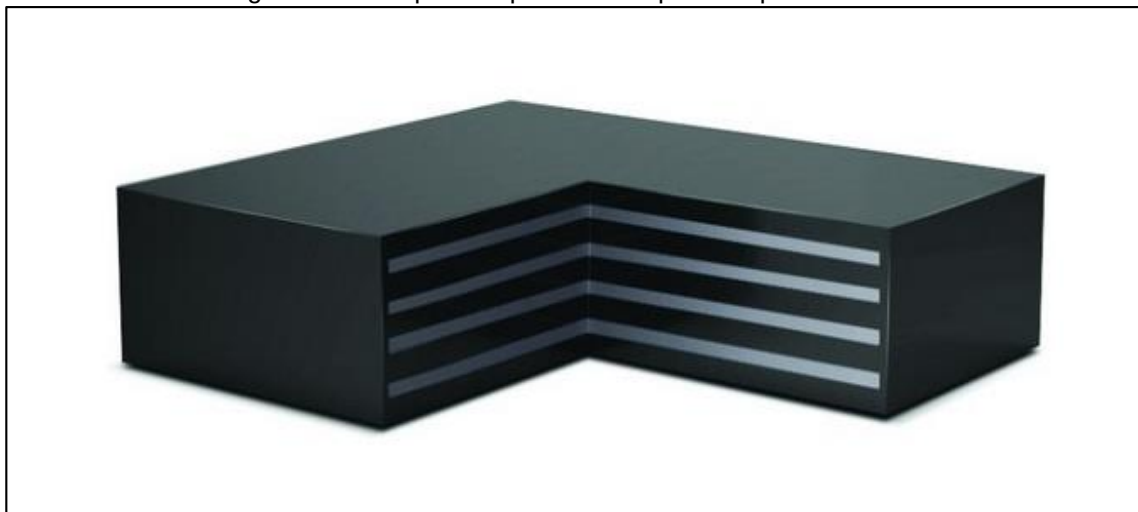
Figura 2 - Aparelho de Apoio elastomérico Oco, Circular e Retangular.



Fonte: Viera, 2013.

A Euronorma EN 1337, conforme referência acima, resultante da colaboração de 18 países, não impõe restrições quanto ao uso de aparelhos de apoio elastoméricos em diversas estruturas ou vão. No entanto, é importante destacar que aparelhos de apoio elastoméricos não cintados geralmente não são usados em pontes, embora apresentem um custo de aproximadamente metade do valor dos aparelhos cintados com o mesmo volume. A escolha entre aparelhos de apoio elastoméricos e aparelhos metálicos, como os tipos “pot bear” que consiste num amortecedor elastomérico, confinado num cilindro por via de um pistom e selagem interna, em pontes, deve considerar a disponibilidade de espaço na cabeça do pilar. Notavelmente, os aparelhos cintados custam de 3 a 5 vezes menos em comparação com os aparelhos metálicos que possuem capacidade de suporte semelhantes. Conforme Debs e Takeya (2007, p.112) “Os aparelhos de apoio de neoprene disponíveis no mercado têm forma retangular com dimensões desde 100mm até 900mm, variando de 50 em 50mm”.

Figura 3 - Exemplo de aparelho de apoio neoprene cintado.



Fonte: Elastim (2013).

4. VIDA ÚTIL DO APARELHO DE APOIO

Atualmente, existe um consenso geral de que a expectativa de vida dos aparelhos de neoprene fretado é de aproximadamente 25 anos, embora não haja uma base consolidada de literatura ou estudos científicos que respaldem completamente essa estimativa. No entanto, existem algumas restrições que podem orientar a substituições desses aparelhos por novos, a fim de evitar problemas relacionados com limitações de movimentos. Portanto, durante esse intervalo de tempo, é razoável esperar que possam surgir evidências de ocorrências nos elementos.

5. TROCA DE APARELHO DE APOIO

A troca de aparelhos de apoio é uma operação de alta complexidade e requer extrema cautela para evitar qualquer dano à estrutura. Existem vários aspectos que devem ser minuciosamente considerados durante esse procedimento. É fundamental desenvolver um plano abrangente para a substituição dos aparelhos de apoio, o qual deve conter informações planejadas sobre a carga e a posição do cilindro hidráulico, considerando fatores como o peso da estrutura, deslocamentos permitidos e medidas de proteção ambiental, se possível.

Figura 4 – Bomba hidráulica utilizada no macaqueamento das pontes.



Fonte: <https://alimaqmix.com.br/produto/bomba-hidraulica-eletrica-700bar-para-acionamento-de-cilindro/>

As bombas hidráulicas desempenham um papel crucial no macaqueamento de pontes, uma operação complexa que envolve o levantamento de estruturas imponentes como as pontes. Essas bombas são projetadas para converter energia mecânica em energia hidráulica, o que é essencial para gerar a força necessária para elevar a ponte com precisão e segurança. É fundamental atentar para as capacidades de carga dos macacos para garantir que eles não ultrapassem 75% a 80% de sua capacidade total. Isso deve levar em conta o peso próprio da estrutura, juntamente com todas as cargas permanentes, pré esforços, carga linear uniforme, solicitada na seção de apoio e respostas de apoio. Atualmente, existem sistemas hidráulicos que possibilitam o levantamento de estruturas sem interrupção do trânsito, proporcionando assim menos inconvenientes e melhorando a segurança durante as substituições.

Figura 5 – Cilindro Hidráulico.



Fonte: <https://alimagmix.com.br/produto/cilindro-hidraulico-de-5-a-1000ton/>

Um sistema típico de macaqueamento de pontes inclui um motor, uma bomba hidráulica e atuadores hidráulicos, como cilindros. O motor fornece a energia inicial, que é acionada pela bomba hidráulica. Esta, por sua vez, pressuriza o fluido hidráulico, normalmente utilizando óleo, que é distribuído para os atuadores. O controle preciso é fundamental, pois permite ajustar a quantidade de pressão exercida sobre a ponte, garantindo um levantamento gradual e uniforme. Além disso, a capacidade de interromper rapidamente o processo em caso de emergência é uma característica de segurança crucial. Graças à sua capacidade de gerar força significativa com alta pressão e controle, as bombas hidráulicas são indispensáveis nas operações de macaqueamento de pontes, garantindo a segurança das estruturas e das equipes envolvidas nesses projetos complexo.

6 METODOLOGIA

6.1 DESCRIÇÃO DO ESTUDO

O presente estudo tem como objetivo realizar uma análise abrangente dos dispositivos de apoio empregados nas pontes sobre o Riacho do Arvoredo, localizado na cidade de Fernando Pedroza, e sobre o Riacho Ipueira, situado em Angicos, ambos no estado do Rio Grande do Norte. Essa avaliação abrangerá as condições dos aparelhos antes da reforma realizada em 2023, bem como o processo de substituição desses dispositivos. Será enfatizada a importância de uma fiscalização rigorosa em tantas outras pontes que necessitam de uma reforma e reforço estrutural para

implementar medidas preventivas, contratempos e evitar desperdícios de recursos públicos em projetos de infraestrutura.

6.2 DESCRIÇÃO DO LOCAL

6.2.1 PONTE SOBRE O RIACHO DO ARVOREDO (PONTE SOBRE O RIO PATAXÓ)

Na cidade de Fernando Pedroza, localizada no estado do Rio Grande do Norte, encontra-se uma ponte significativa no cenário local. Esta ponte está situada no quilômetro 157 da BR-304, uma via rodoviária de símbolo para a região (Figura1). Segundo registros oficiais do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), a construção dessa ponte foi realizada no ano de 1986.

Figura 6 – Ponte do Arvoredo, localizada no município de Fernando Pedroza/RN.



Fonte: Adaptado do Google Maps, com o software QGIS, 2023.

A estrutura da ponte é caracterizada pelo uso de vigas de concreto armado, evidenciando um projeto que alia resistência e durabilidade. Além disso, é importante destacar que essa ponte é classificada como pertencente à classe 36, onde é classificada de acordo com os veículos que transitam nela, seguindo as especificações de tipologia de trem/tipo.

Esse marco estrutural não apenas desempenha um papel funcional importante, ao fornecer a travessia sobre um ponto específico, mas também carrega consigo elementos históricos e de engenharia que refletem as necessidades e padrões da época em que foi construído. A ponte no KM 157 da BR-304 é um testemunho tangível da interseção entre a infraestrutura rodoviária e a geografia local, confiante para mobilidade e o desenvolvimento da região.

Na figura 6, é apresentada uma perspectiva lateral direita da ponte que atravessa o Riacho do Arvoredo, popularmente conhecida como Ponte sobre o Rio Pataxó, situada no município de Fernando Pedroza/RN. A imagem retrata o estado da ponte no ano de 2020.

Figura 7 – Vista lateral direita, ponte sobre o Riacho do Arvoredo.



Fonte: Documentos cedidos pelo DNIT (2023).

Durante inspeção realizada pelo DNIT, no ano de 2020 conforme relatório, foi constatado deficiências funcionais na ponte como:

- Aparelho de apoio não identificado;
- Ponte sem acostamento;
- Calçada para pedestres inexistente;
- Pingadeira inexistente;
- Guarda-rodas obsoleto.

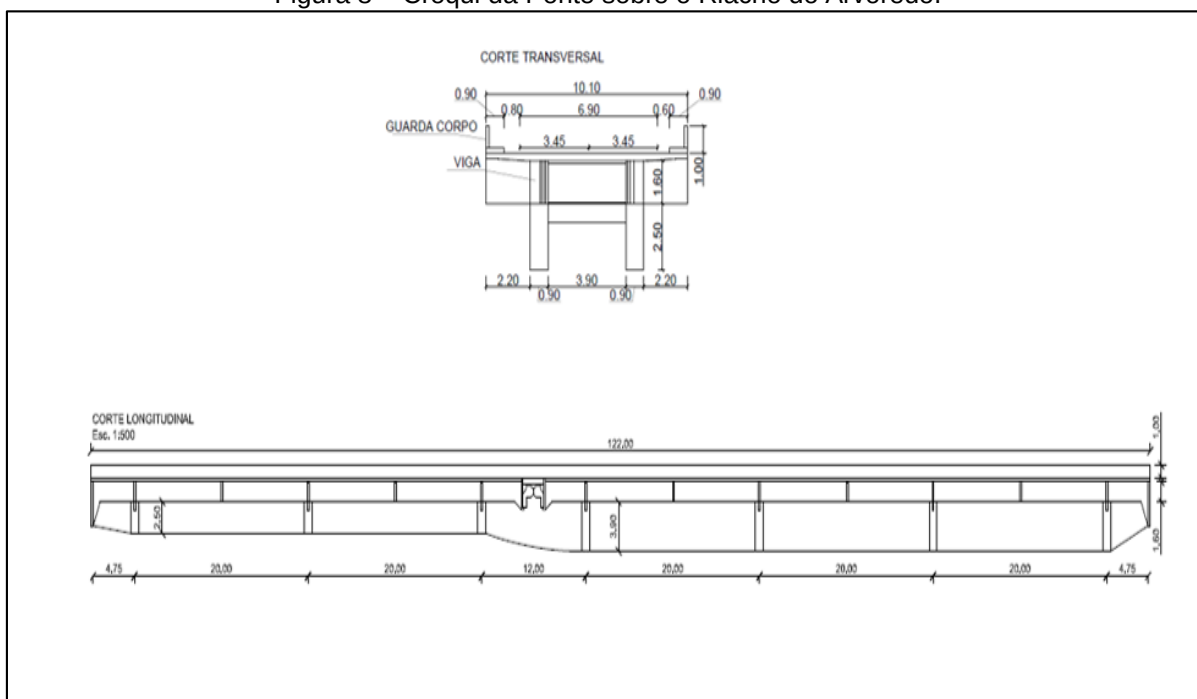
No ano de 2023, deu-se início o processo de reforma que englobou tanto o reforço estrutural quanto o alargamento da ponte sobre o Riacho do Arvoredo. A abordagem de reabilitação teve como ponto de partida a intervenção nos pilares de concreto armado, visando a preservação da integridade estrutural da ponte e, por conseguinte, a garantia da segurança para os usuários da via.

A extensão da largura da ponte foi realizada para possibilitar a instalação de uma passarela, um adendo significativo que desencadeou uma série de benefícios. Além de proporcionar maior espaço para os usuários e para o tráfego de veículos, a construção da passarela trouxe vantagens de acessibilidade e segurança. Destaque-se que essa iniciativa não somente reforçou a ligação viária, mas também desempenhou um papel fundamental no bem estar dos moradores de Fernando Pedroza/RN.

Através dessa intervenção de reforma, a ponte sobre o Riacho do Arvoredo se transformou em um exemplo notório de como o aprimoramento da infraestrutura pode responder às necessidades da comunidade, conferindo mais segurança, acessibilidade e qualidade de vida aos cidadãos locais e usuários da via.

A figura 7 ilustra o esboço técnico da Ponte sobre o Riacho do Arvoredo, abrangendo tanto o corte longitudinal quanto o corte transversal da estrutura, esboço cedido pelo DNIT.

Figura 8 – Croqui da Ponte sobre o Riacho do Arvoredo.



Fonte: Documentos cedidos pelo DNIT (2023).

6.2.2 PONTE SOBRE O RIACHO IPUEIRA (RIO SÃO MIGUEL)

No região de Angicos, situada no estado do Rio Grande do Norte, destaca-se uma ponte de grande relevância para a região central. Essa estrutura está estrategicamente localizada no quilômetro 160 da BR-304 (imagem 8), uma via rodoviária que desempenha um papel emblemático na região. Dentre as construções que compõem a infraestrutura dessa rodovia, essa ponte ocupa uma posição proeminente por estar localizada na região central do estado.

De acordo com dados oficiais fornecidos pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT), a edificação dessa ponte remete ao ano de 1986. Sua apresentação representa um marco no desenvolvimento da região, evidenciando o compromisso com a conectividade viária e o acesso às áreas anteriores de difícil alcance. A ponte no quilômetro 160 da BR-304 não apenas agrega à mobilidade local, mas também testemunha a importância do planejamento e da engenharia na expansão das vias de transporte.

Figura 9 – Ponte sobre o Riacho Ipueira, localizada no município de Angicos/RN.



Fonte: Adaptado do Google Maps, com o software QGIS, 2023

Em 2023, a Ponte que cruza o Riacho Ipueira (também conhecido como Rio São Miguel) passou por um significativo processo de reforma que envolveu tanto o reforço estrutural quanto o alargamento. Essa intervenção foi uma resposta direta às deficiências identificadas na estrutura desde a sua construção original.

As lacunas observadas na ponte incluíam a ausência de acostamento, a falta de uma pingadeira adequada, a obsolescência das guardas rodas, uma drenagem insuficiente e a necessidade de substituição dos aparelhos de apoio nos pilares. Tais deficiências foram notadas durante uma inspeção realizada pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT) no ano de 2020.

A imagem 10, 11 e 12 retratam a vista geral superior do encontro, vista do aparelho de apoio neoprene e vista lateral direita na Ponte sobre o Riacho Ipueira (Rio São Miguel), as imagens retratam como estava a ponte no ano de 2020.

Figura 10 – Vista geral superior do encontro, ponte sobre o Riacho Ipueira.



Fonte: Documentos cedidos pelo DNIT (2023).

Figura 11 – Vista do aparelho de apoio, ponte sobre o Riacho Ipueira.



Fonte: Documentos cedidos pelo DNIT (2023).

Figura 12 – Vista lateral direita, ponte sobre o Riacho Ipueira.



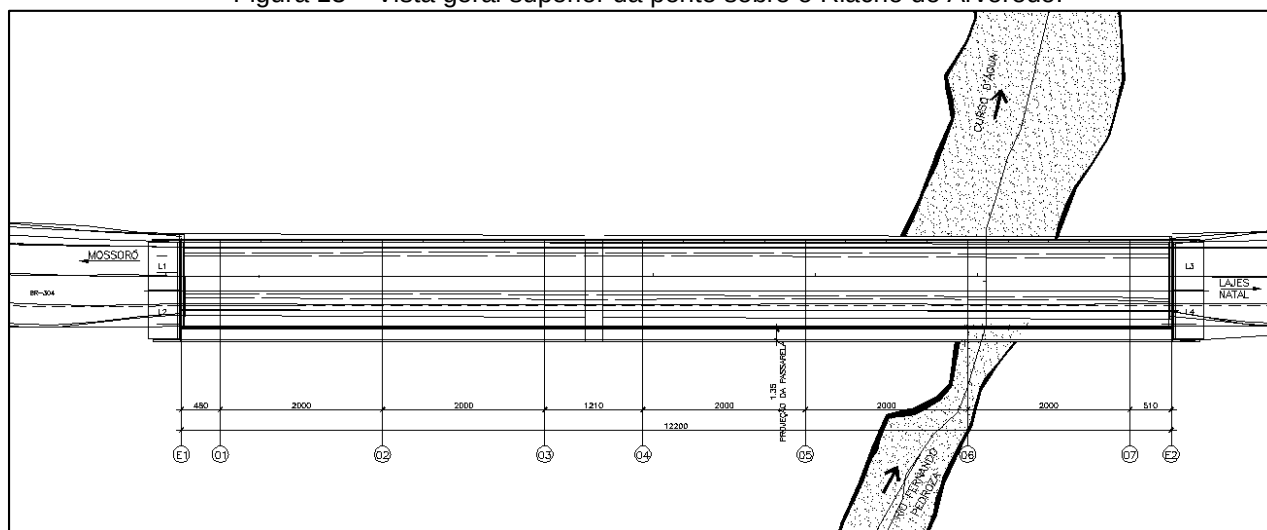
Fonte: Documentos cedidos pelo DNIT (2023).

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1 DEFINIÇÃO E ETAPAS

A Ponte sobre o Riacho do Arvoredo, localizada no município de Fernando Pedroza/Rn, na BR-304, passou por um abrangente programa de reforço e alargamento. Com sua extensão de 122m e largura final depois do alargamento para de 12,60m, essa iniciativa englobou um processo de reforço estrutural abrangendo todos os 14 pilares já existentes, bem como a construção de mais 7 pilares para viabilizar o alargamento da ponte, onde foi construído uma passarela. Além disso, houve um reforço estrutural abrangente em todas as vigas preexistentes na ponte e a criação de novos pilares para o alargamento, especialmente destinado à passarela. Esse conjunto de ações visa melhorar significativamente a capacidade e a segurança dessa estrutura. Conferir medidas nos anexos.

Figura 13 – Vista geral superior da ponte sobre o Riacho do Arvoredo.



Fonte: Adaptado do projeto base.

7.2 PROCESSO DE MACAQUEAMENTO NA PONTE SOBRE O RIACHO DO ARVOREDO

Para viabilizar o processo de macaqueamento foi necessário a troca de aparelhos de apoio, foram cuidadosamente planejados consoles de concreto armado de curto alcance em ambas as faces de cada pilar, em estrita conformidade com as diretrizes delineadas no projeto de reforço e alargamento da ponte. Conforme a figura abaixo:

Figura 14 – Consoles de concreto para apoiar os cilindros hidráulicos.

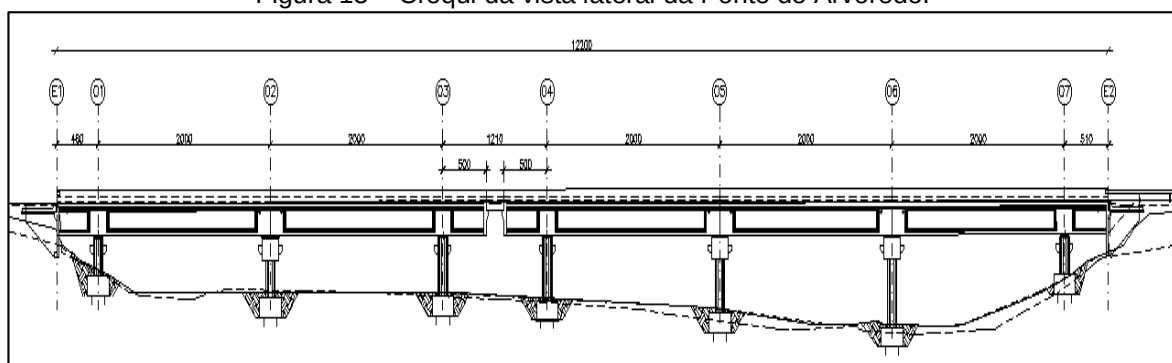


Fonte: Autoria própria.

Uma das soluções ponderadas para evitar o aumento desigual de tensão devido ao macaqueamento diferencial dos apoios consistiria na elevação simultânea de todas as linhas de apoio da superestrutura. Entretanto, essa opção foi descartada pela empresa, uma vez que implicaria na interrupção prolongada do tráfego numa das principais rodovias do estado.

Portanto, a solução escolhida para a substituição dos aparelhos de apoio foi planejada para permitir a interrupção do tráfego de forma programada e intermitente, minimizando o impacto sobre a circulação na rodovia. Conferir medidas nos anexos.

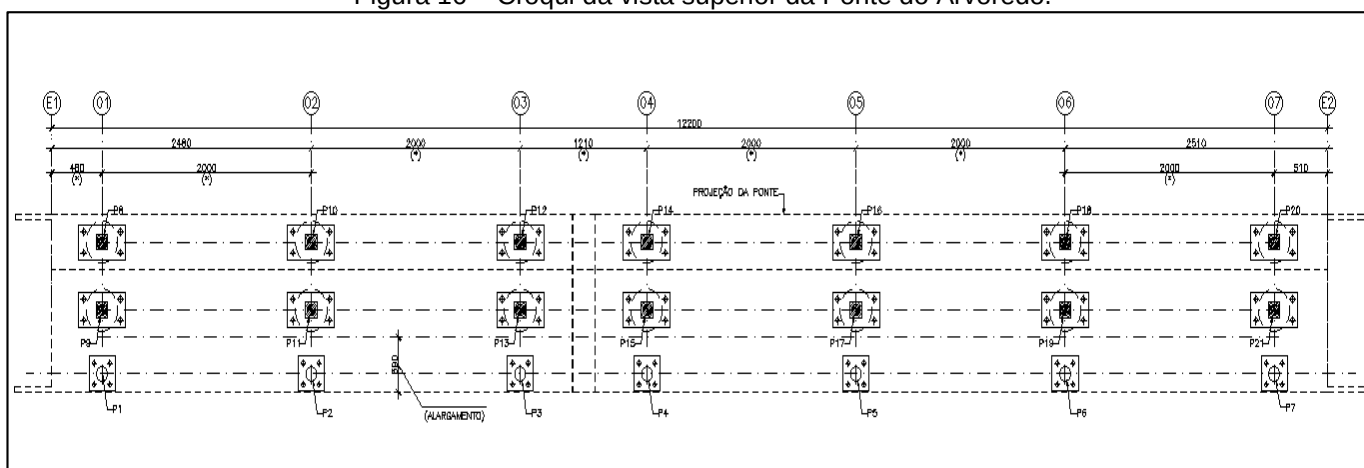
Figura 15 – Croqui da vista lateral da Ponte do Arvoredo.



Fonte: Adaptado do projeto base.

A operação de substituição de aparelhos de apoio realizada na Ponte do Arvoredo, no município de Fernando Pedroza/RN foi meticulosamente realizada em etapas distintas por eixo, com cada etapa envolvida na substituição de aparelho de apoio de um conjunto de pilares, cada eixo com 2 pilares. Importante destacar que, para realizar com êxito a substituição dos aparelhos de apoio, foi essencial aplicar uma camada de regularização na área designada, foi conseguida a acessibilidade aos aparelhos de apoio por meio de andaimes. Além disso, durante a operação, foi necessário o bloqueio dos dois sentidos da BR-304 sobre a ponte, evitando que os veículos interferisse na operação por conta da movimentação da estrutura, onde poderia prejudicar os macacos hidráulicos. A figura 16 a seguir, por meio de um croqui, apresenta o número de pilares existente na Ponte do Arvoredo, incluindo os novos pilares numerados sequencialmente e organizados por eixo para uma melhor compreensão. Conferir medidas nos anexos.

Figura 16 – Croqui da vista superior da Ponte do Arvoredo.



Fonte: Adaptado do projeto base.

As etapas foram realizadas durante o mês de Junho de 2023 e a estrutura foi elevada por meio de macacos hidráulicos presentes nos eixos, sendo que cada eixo

composto por dois pilares. Para o processo de elevação da estrutura, é fundamental que todos os cilindros estejam interligados por meio de um sistema de comando e controle unificado. Essa abordagem garante a uniformidade de elevação em toda a extensão do tabuleiro. Essa consideração é crucial, visto que a estrutura não foi projetada originalmente para suportar as cargas adicionais que podem surgir caso os equipamentos não estejam operando de maneira sincronizada.

Figura 17 – Cilindros Hidráulicos posicionados nos consoles com utilização de andaimes.



Fonte: Autoria própria.

É importante destacar que é essencial ter equipamentos de reserva prontos no canteiro de obras, uma vez que, devido à complexidade da operação, é possível manter a continuidade do processo caso haja a necessidade de substituir um dos cilindros hidráulicos. Na obra tinha duas bombas hidráulicas e 6 cilindros hidráulicos, sendo 4 para o macaqueamento e 2 reservas.

No dimensionamento dos cilindros hidráulicos, é levado em consideração o peso total tanto da meso quanto da superestrutura. Como a opção de suspender uma estrutura inteira foi descartada, a operação foi realizada por trechos, cada um com 20 metros de comprimento. Na Ponte sobre o riacho do arvoredos, os cilindros hidráulicos foram aliviados para permitir o uso de calços, garantindo o alívio no equipamento e

posteriormente a continuidade do processo de manutenção.

É comum utilizar chapas metálicas para ajustes em termos de cota do cilindro hidráulico e distribuir tensões de forma uniforme ao longo do fundo da longarina, na operação realizada, além da chapa metálica foi utilizada chapas de madeira, conforme observado na figura 18.

Figura 18 – Cilindros Hidráulicos com a chapa metálica e chapas de madeira.



Fonte: Autoria própria.

7.3 SUBSTITUIÇÃO DO APARELHO DE APOIO NA PONTE SOBRE O RIACHO DO ARVOREDO.

Nessa operação, os cilindros possibilitaram o levantamento das longarinas em aproximadamente 12 centímetros, viabilizando o acesso e a remoção dos aparelhos. Para desinstalar os aparelhos de apoio, foi recomendado o uso de marteletes para desalojar os elementos que estavam em contato e separar as longarinas e a base. Tanto o processo de carga quanto o de descarga dos aparelhos de apoio foram prolongadas de forma gradual e cuidadosa, preservando as propriedades da peça e evitando qualquer alteração mecânica no aparelhos. Basicamente o serviço de troca constitui-se nas seguintes ordens:

- Operação de macaqueamento;
- Como obrigatoriedade, limpeza dos neoprene antes de iniciar o procedimento;
- Regularização de superfície com grout;
- Condições de utilização dos macacos e bombas;
- Calibração dos equipamentos;
- Condições das mangueiras flexíveis;
- Chapa de aço e madeira para os macacos;
- Pressão nas bombas durante o macaqueamento;
- À medida que a estrutura é tirada do apoio, foi introduzidos calços de madeira com o objetivo de evitar acidentes ocasionados por eventual perda de pressão;
- Posterior à substituição, a maneira de operação precisa ser inversa, com remoção gradual dos calços, redução lenta, uniforme e constante das pressões, até que longarina se posicione perfeitamente sobre os novos aparelhos de apoio.

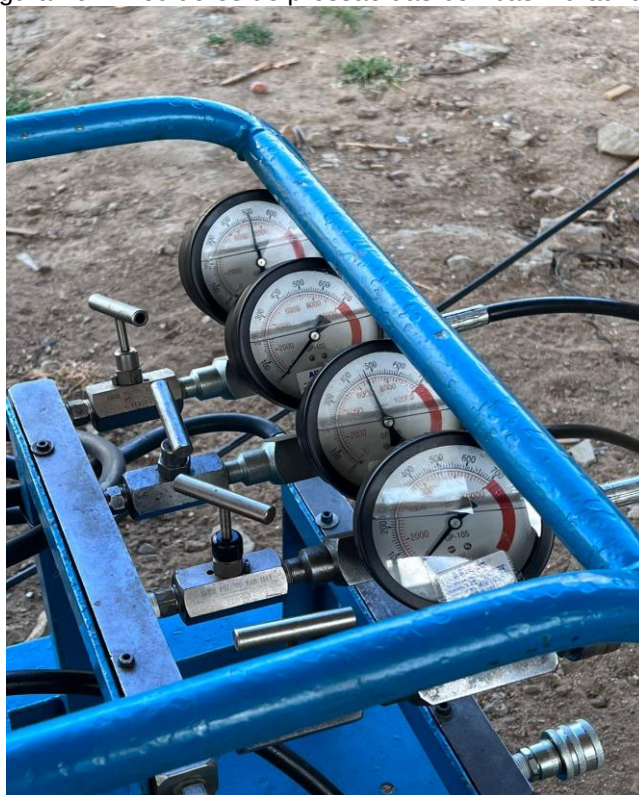
Figura 19 – Bombas Hidráulicas.



Fonte: Autoria própria.

A pressão das bombas hidráulicas eram medidas em bar, uma unidade de medida de pressão amplamente utilizada no sistema internacional de unidades(SI) e em muitas aplicações técnicas e científicas. A pressão para elevação dos tabuleiros da ponte foram feitas entre 500bar à 650bar, sendo o limite da bomba 700bar. Aproximadamente 690,9 atm.

Figura 20 – Medidores de pressão das bombas hidráulicas.



Fonte: Autoria própria.

O processo de macaqueamento é um procedimento extremamente conhecido por sua complexidade e pela possibilidade de ocorrerem imprevistos significativos. Durante o período de macaqueamento, ocorreu rompimento de consoles, responsáveis por sustentar os cilindros hidráulicos. Conforme explicado ao longo deste estudo, durante a redução gradual da pressão da bomba hidráulica para aliviar a carga nos cilindros e permitir que as longarinas façam contato com os aparelhos de apoio, é fundamental manter a sincronização precisa entre os dispositivos. Isso é essencial para evitar discrepâncias de pressão entre eles. Durante o processo um dos consoles rompeu porque um dos cilindros travou e provou um peso maior no outro cilindro, no entanto, uma vez que a troca do aparelho de apoio já havia sido realizada, o consólide danificado foi reparado e reforçado conforme necessário.

Figura 21 – Console rompido.



Fonte: Autoria própria.

7.4 MATERIAL DE APOIO – NEOPRENE CINTADO

Durante o processo de macaqueamento, procedeu-se à substituição dos aparelhos de apoio previamente instalados por novos componentes. Foi constatada a presença de neoprene cintados com dimensões em conformidade conforme a imagem.

Figura 22 – Neoprene Cintado.

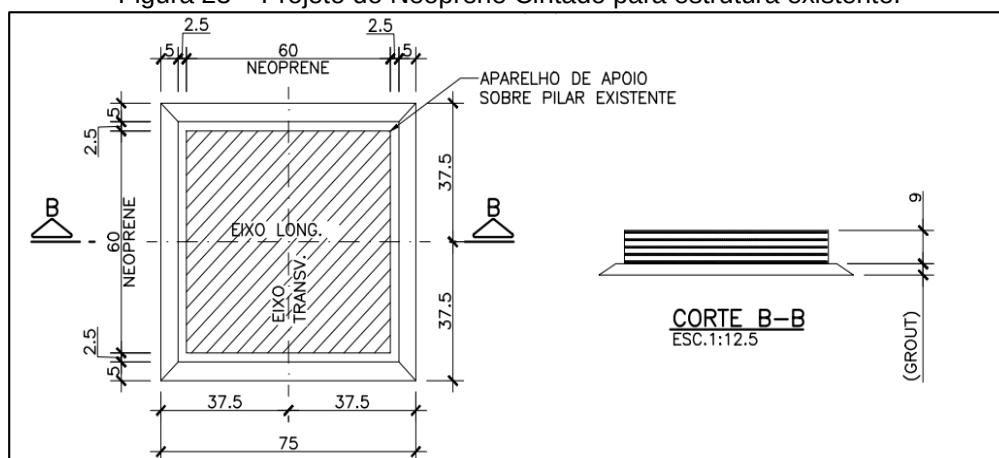


Fonte: Autoria própria.

Ao elevar os tabuleiros, notou-se a ausência de aparelhos de apoio em diversos pilares, sendo estes encontrados somente nas extremidades da ponte, bem como em alguns pilares localizados no centro da estrutura. Os neoprenes cintados que foram removidos apresentaram dimensões distintas. Nas extremidades da ponte e no vão central, encontramos neoprenes cintados com as seguintes medidas: 55cm de comprimento, 36 cm de largura e 4 cm de espessura, como ilustrado na imagem.

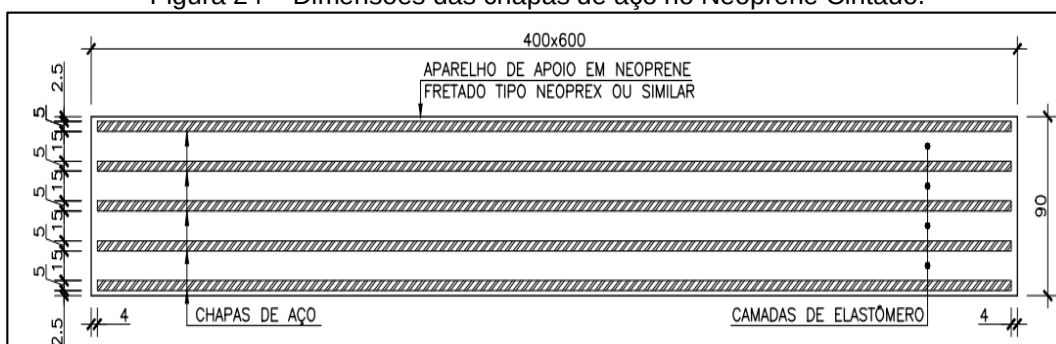
Todos os aparelhos utilizados na ponte sobre o Riacho do Arvoredo, localizada no município de Fernando Pedroza/RN, foram fornecidos pela empresa Neoprex e estavam em conformidade com as dimensões estabelecidas no projeto.

Figura 23 – Projeto do Neoprene Cintado para estrutura existente.



Fonte: Adaptado do projeto base.

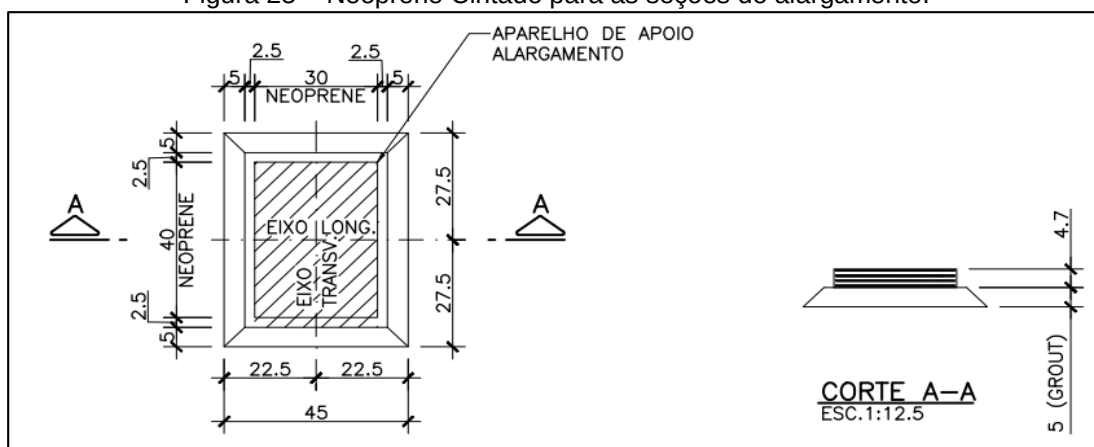
Figura 24 – Dimensões das chapas de aço no Neoprene Cintado.



Fonte: Adaptado do projeto base.

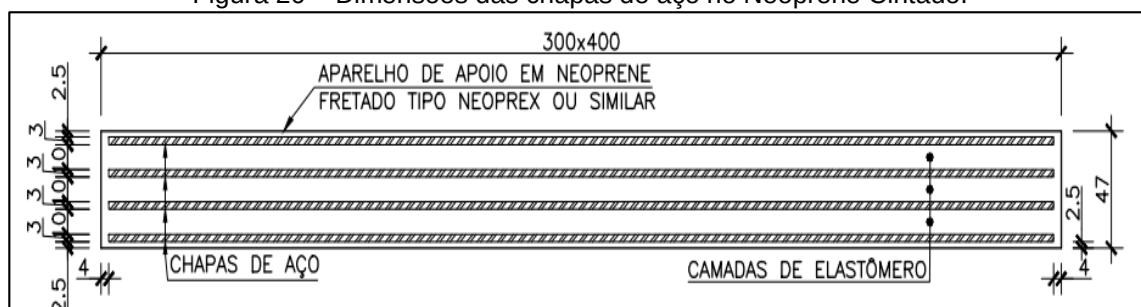
A única diferença nas dimensões estavam relacionadas aos neoprenes cintados aplicados nas seções pré-existentes eram maiores em comparação com as seções de alargamento. Nessas últimas, os neoprenes cintados eram de dimensões menores. Vale destacar que não foi necessário realizar qualquer operação de macaqueamento nas seções de alargamento, uma vez que essas áreas foram construídas do zero e não requereram esse tipo de intervenção.

Figura 25 – Neoprene Cintado para as seções do alargamento.



Fonte: Adaptado do projeto base.

Figura 26 – Dimensões das chapas de aço no Neoprene Cintado.



Fonte: Adaptado do projeto base.

Figura 27 – Neoprenes Cintados.



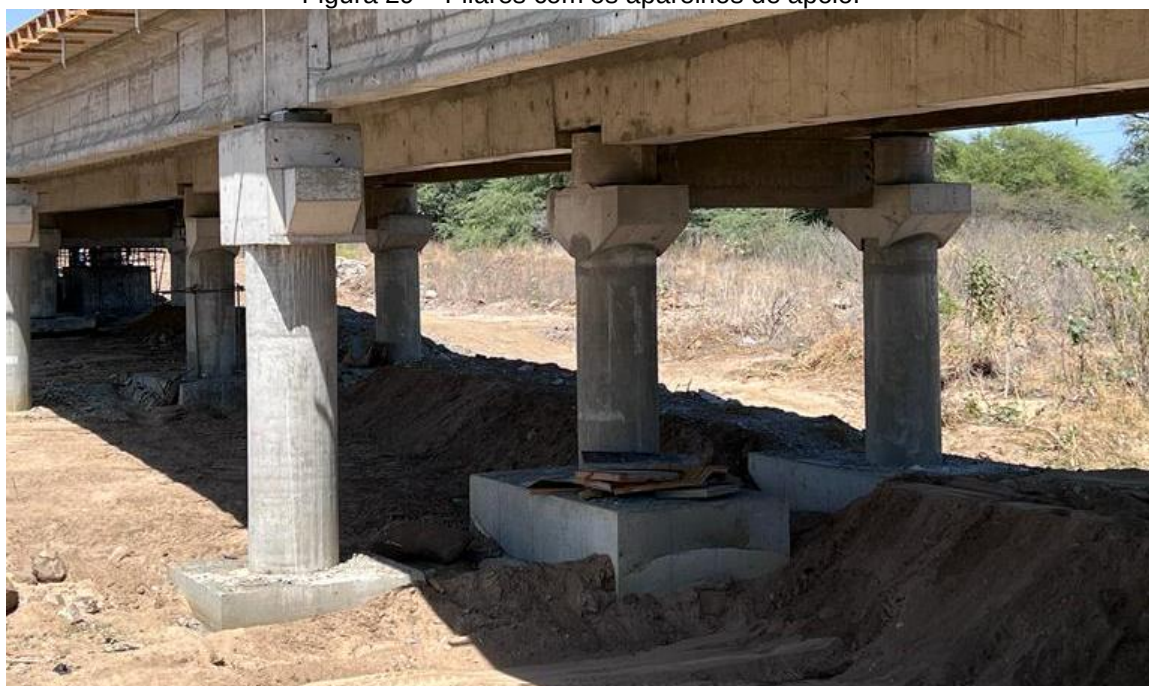
Fonte: Autoria própria.

Figura 28 – Aparelho de apoio posicionado no local.



Fonte – Autoria própria.

Figura 29 – Pilares com os aparelhos de apoio.

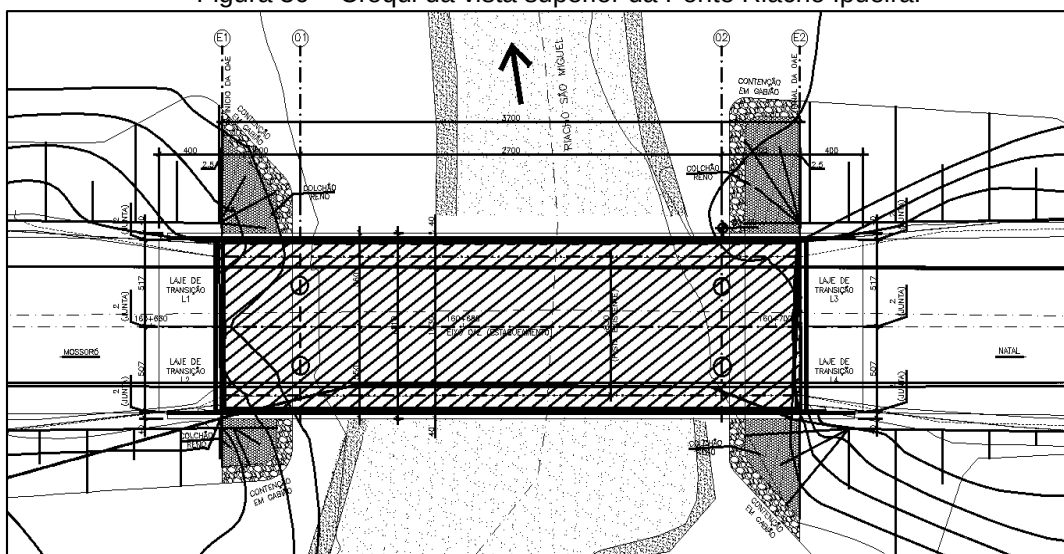


Fonte: Autoria própria.

7.5 PROCESSO DE MACAQUEAMENTO NA PONTE RIACHO IPUEIRA (RIO SÃO MIGUEL)

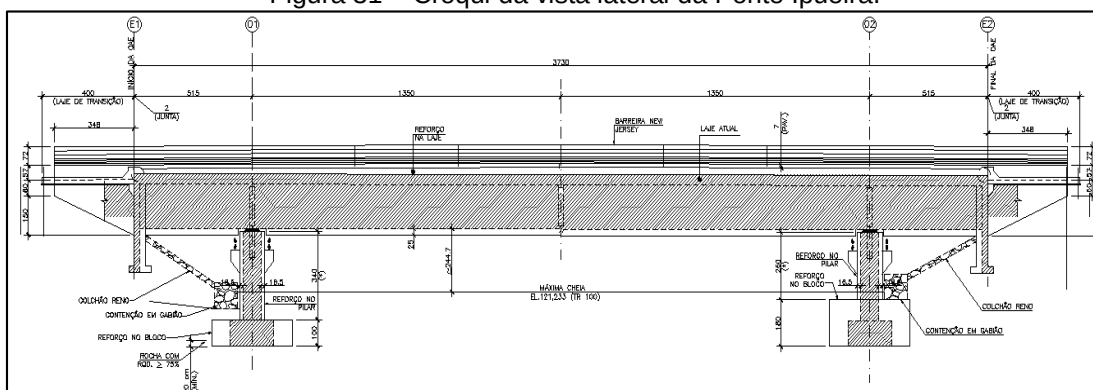
Da mesma forma que ocorreu na ponte sobre o Riacho do Arvoredo, situada no município de Fernando Pedroza/RN, uma operação semelhante foi realizada na ponte sobre o Riacho Ipueira. Esta última, sendo de menor porte com apenas quatro pilares que necessitavam de troca de material de apoio, permitiu a conclusão do processo de macaqueamento em um único dia, especificamente em 18 de agosto. Conferir medidas nos anexos.

Figura 30 – Croqui da vista superior da Ponte Riacho Ipueira.



Fonte – Adaptado do projeto base.

Figura 31 – Croqui da vista lateral da Ponte Ipueira.



Fonte – Adaptado do projeto base.

Uma vez que a operação na ponte sobre o Riacho Ipueira foi semelhante à realizada na ponte sobre o Riacho do Arvoredo, todos os procedimentos foram executados da mesma forma. Na ponte sobre o Riacho Ipueira, aparelhos de apoio do tipo neoprene cintado foram identificados no eixo1. Esses aparelhos foram

removidos e, posteriormente, substituídos por novos. Os dois aparelhos retirado foram encontrados com as seguintes dimensões: 66cm de comprimento, 36cm de largura e 4cm de espessura, conforme a imagem 32.

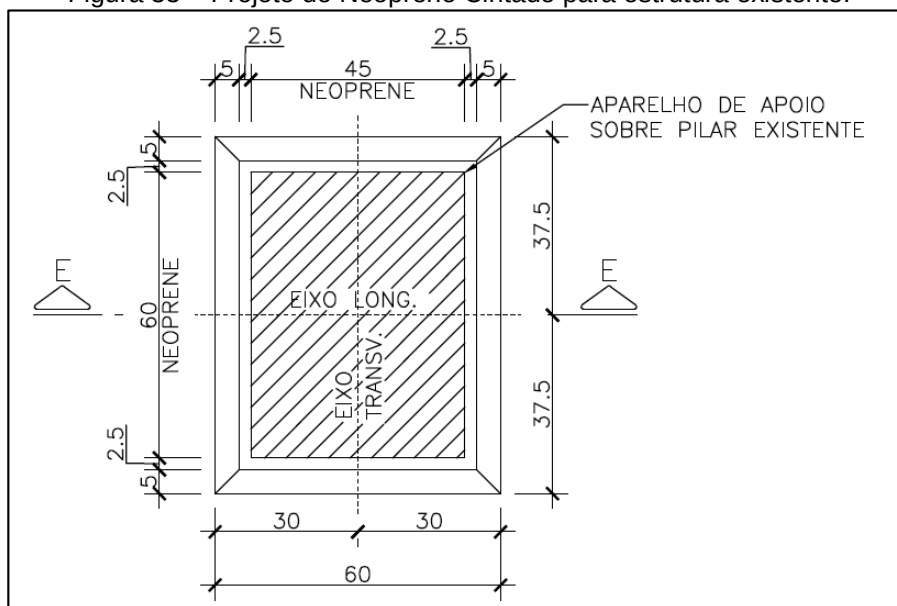
Figura 32 – Neoprene Cintado retirado da ponte sobre o Riacho de Ipueira.



Fonte – Autoria própria.

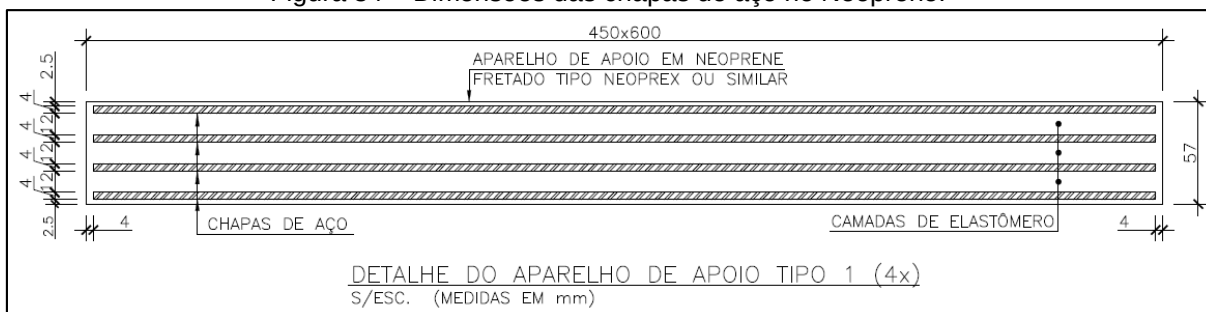
A figura 33 e 34, exibem as dimensões dos aparelhos de apoio projetados para a Ponte sobre o Riacho Ipueira. Conforme já mencionado, o procedimento de substituição foi semelhante, embora tenha sido rigorosamente executado conforme toda segurança exigida para a elevação da estrutura.

Figura 33 – Projeto do Neoprene Cintado para estrutura existente.



Fonte – Adaptado do projeto base.

Figura 34 – Dimensões das chapas de aço no Neoprene.



Fonte – Adaptado do projeto base.

O processo de macaqueamento da Ponte sobre o Riacho Ipueira foi realizado de forma eficiente, uma vez que a ponte contava com apenas 4 pilares para a troca dos aparelhos de apoio. O macaqueamento ocorreu eixo por eixo, com dois pilares sendo trabalhados simultaneamente, auxiliados por 4 cilindros hidráulicos posicionados, dois em cada pilar. Durante o procedimento, os aparelhos de apoio antigos foram removidos e substituídos pelos novos, seguindo o mesmo processo aplicado na Ponte sobre o Riacho do Arvoredo. Isso garantiu uma troca eficaz e segura dos aparelhos de apoio.

Figura 35 – Aparelho de apoio posicionado.



Fonte: Autoria própria

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo propôs uma análise detalhada sobre a importância da utilização de aparelhos de apoio em obras de arte, especialmente em construções mais contemporâneas que estão sujeitas a maiores demandas estruturais. Os aparelhos de apoio desempenham um papel fundamental, atuando como elementos estruturais de conexão que facilitam a transferência de forças entre a superestrutura da obra e seu suporte. Consequentemente, eles se tornam componentes essenciais para o funcionamento adequado da estrutura na qual são empregados.

A avaliação minuciosa do processo de macaqueamento apresentou uma compreensão abrangente de como esse procedimento é executado e enfatizou a relevância da substituição dos materiais de apoio nas duas pontes, Riacho do Arvoredo e Riacho Ipueira. Isso ressalta a necessidade de manter a integridade e o desempenho das obras de arte, especialmente aquelas sujeitas a cargas substanciais e significativas.

O processo de substituição dos aparelhos de apoio foi executado com êxito, sem ocorrência de acidentes, e todos os envolvidos no processo de macaqueamento seguiram rigorosamente os procedimentos de segurança durante a elevação e descida da estrutura. Isso é de extrema importância, pois qualquer deslocamento adicional na estrutura durante a operação de macaqueamento pode resultar em aumentos significativos não previstos, exercendo peso significativamente sobre a estrutura.

O presente trabalho demonstrou o notável desempenho da realização do processo de macaqueamento nas duas estruturas, minimizando impactos significativos no tráfego da região e garantindo a integridade da estrutura durante e após a operação de substituição dos aparelhos de apoio.

7 REFÊRENCIAS

CORDEIRO, J. G. P. **Aparelhos de Apoio em Pontes**. INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA. [S.I.]. 2014.

VIEIRA, M. I. C. **Tipologia, instalação, funcionamento e manutenção dos diversos tipos de aparelhos de apoio em obras de arte**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2013.

Euronorma **EN 1337** – Rolamentos estruturais. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 7187: Projeto de pontes de concreto armado e de concreto protendido. Rio de Janeiro, 2021.

NEOPREX MANUAL TÉCNICO. Disponível em <http://www.neoprex.com.br>.

Cilindros hidráulicos. Disponível em <https://alimaqmix.com.br/produto/cilindro-hidraulico-de-5-a-1000ton/>.

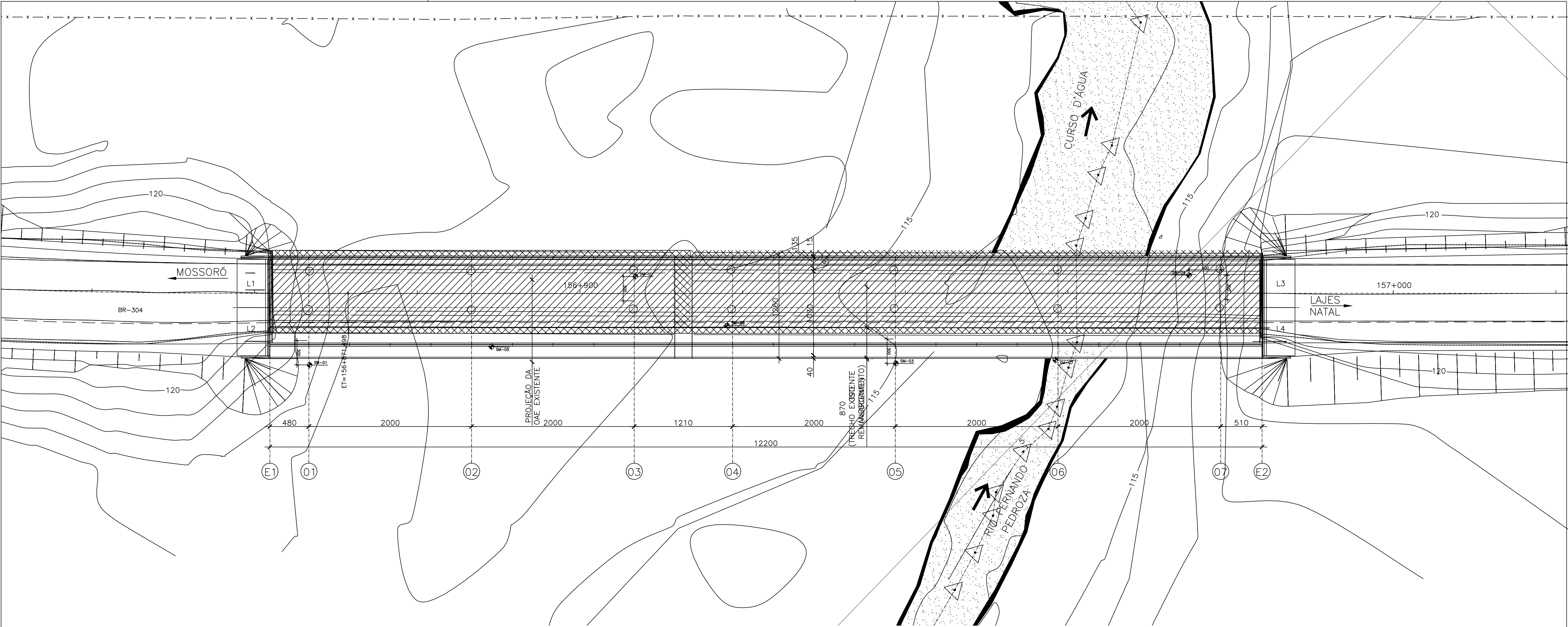
Bomba hidráulica. Disponível em <https://alimaqmix.com.br/produto/bomba-hidraulica-eletrica-700bar-para-acionamento-de-cilindro/>.

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

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

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGEM. **Substituição de aparelhos de apoio e juntas de dilatação** – Código 020. São Paulo, 2006.

REBOUÇAS, Arthur da Silva. **Análise da distribuição de momento fletor devido a carga móvel em pontes curvas de concreto armado**. 2017. 194 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.



SERVIÇOS A EXECUTAR EM SEQUÊNCIA:

- 1) RECUPERAÇÃO E REFORÇO DA INFRA E MESOESTRUTURA.
- 2) DEMOLIÇÃO DO BALANÇO TRANSVERSAL E PARTE DO VÃO ISOSTÁTICO DO TABULEIRO DO LADO DIREITO.
- 3) REFORÇO/ALARGAMENTO DAS VIGAS PRINCIPAIS E TABULEIRO DO LADO DIREITO, PRECEDIDO PELA INTERRUPTÃO PARCIAL DO TRÁFEGO.
- 4) DEMOLIÇÃO DO BALANÇO TRANSVERSAL E PARTE DO VÃO ISOSTÁTICO DO TABULEIRO DO LADO ESQUERDO.
- 5) REFORÇO/ALARGAMENTO DAS VIGAS PRINCIPAIS E TABULEIRO DO LADO ESQUERDO, PRECEDIDO PELA INTERRUPTÃO PARCIAL DO TRÁFEGO.

CUIDADOS NA EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS

- 1) DURANTE OS TRABALHOS DE REFORÇO/ALARGAMENTO DA SUPERESTRUTURA E SUBSTITUIÇÃO DOS APARELHOS DE APOIO, O TRÁFEGO DEVERÁ SER TOTALMENTE INTERROMPIDO.
- 2) A TRANSFERÊNCIA DO APOIO DA SUPERESTRUTURA PARA PERMITIR A TROCA DE APARELHO DE APOIO DEVERÁ SER EXECUTADA APÓS O REFORÇO DAS VIGAS PRINCIPAIS E TRANSVERSAIS.
- 3) O ALARGAMENTO DA LAJE DO TABULEIRO SOMENTE DEVERÁ SER EXECUTADA APÓS A CURA DO CONCRETO DE REFORÇO DAS VIGAS E CONSEQUENTE TROCA DOS APARELHOS DE APOIO.
- 4) AS MEDIDAS INDICADAS NO DESENHO FORAM OBTIDAS NO CADASTRAMENTO DA ESTRUTURA E DEVERÁ SER CONFIRMADO NO LOCAL, ANTES DA EXECUÇÃO DE CADA SERVIÇO, PARA QUE POSSA PROCEDER A ADEQUAÇÃO DAS FORMAS E COMPRIMENTOS DAS ARMADURAS.
- 5) O ARRASAMENTO DAS ESTACAS E ELEVADO DOS BLOCOS, DEVERÃO SER CONFIRMADOS NO CAMPO.
- 6) RIGOROSO LEVANTAMENTO E CONTROLE TOPOGRÁFICO DEVERÃO SER EXECUTADOS NO SENTIDO DE DETERMINAR A DIFERENÇA DE NÍVEL DO BORDO INFERIOR DA VIGA PRINCIPAL ENTRE CADA UM DOS APOIOS. APÓS A TROCA DOS APARELHOS DE APOIO, A DIFERENÇA DO NÍVEL RELATIVA DE BORDO INFERIOR DA VIGA REFORÇADA NA REGIÃO DOS APOIOS DEVERÁ SER RIGOROSAMENTE A MESMA DE ANTES DO REFORÇO.

NOTAS COMPLEMENTARES

- a) OS SERVIÇOS DE CORTE, APICAMENTO, DEMOLIÇÃO E FURAÇÃO DEVERÃO SER FEITOS CUIDADOSAMENTE, DE MODO A NÃO DANIFICAR AS ARMADURAS E OS CONCRETOS REMANESCENTES.
- b) AS ARMADURAS EXPOSTAS ANTES OU DURANTE A EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS DEVERÃO RECEBER LIMPEZA MANUAL E PINTURA ANTIOXIDANTE.
- c) AS SUPERFÍCIES PARA APLICAÇÃO DO CONCRETO NOVO DEVERÃO ESTAR ISENTAS DE PÓ E UMEDECIDAS ATÉ A SATURAÇÃO SEM A FORMAÇÃO DE POÇAS D'ÁGUA.
- d) FALHAS DE CONCRETAGEM DETECTADAS DEVERÃO SER TRATADAS ANTES DAS OBRAS DE REFORÇO.
- e) A FIXAÇÃO DE BARRAS DE ARMAÇÃO EM FUROS DEVERÁ SER FEITA COM ADESIVO À BASE DE EPÓXI.
- f) A TROCA DOS AP. DE APOIO DEVERÁ SER ANALISADA NO CAMPO, EM FUNÇÃO DAS REAIS CONDIÇÕES, NO MOMENTO DA EXECUÇÃO DOS TRABALHOS DE REFORÇO DA ESTRUTURA.
- g) OS MACAÇOS DEVERÃO TER CAPACIDADE DE CARGA PARA PERMITIR O LEVANTAMENTO DE UMA CARGA CORRESPONDENTE À REAÇÃO DE APOIO DO PESO PRÓPRIO.
- h) APÓS A CONCRETAGEM DA LAJE, O TRÁFEGO DEVERÁ SER INTERROMPIDO PARCIALMENTE POR 24h E PERMANECER COM VELOCIDADE CONTROLADA E LIMITADA A 20 km/h POR MAIS 24h.
- i) UTILIZAR CONCRETO DE GROUT NOS ÚLTIMOS 20cm SUPERIOR DAS LONGARINAS E ABERTURAS.

NOTAS GERAIS:

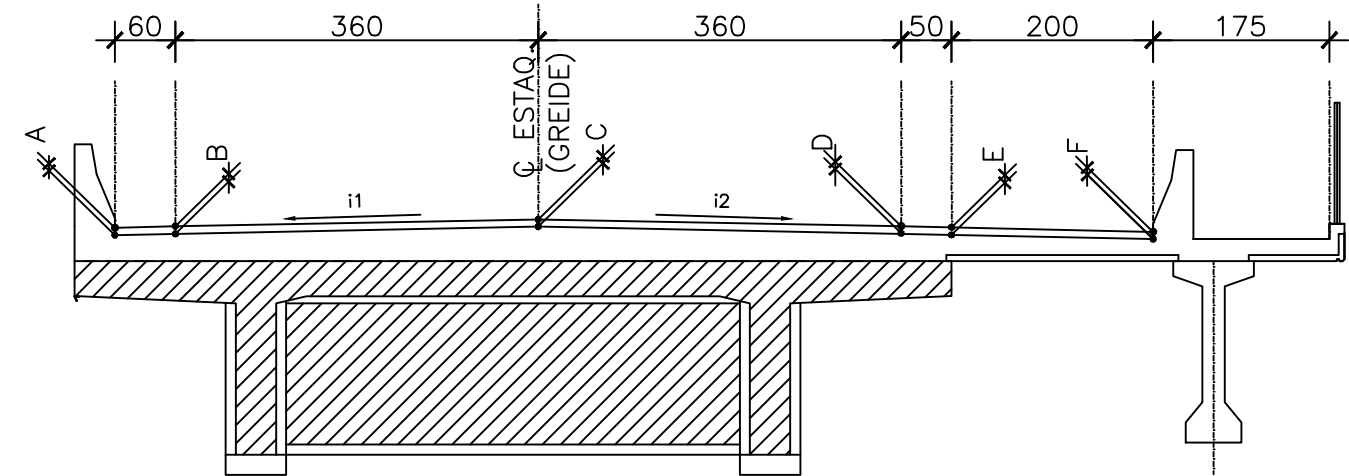
- 1 - MEDIDAS EM CENTÍMETRO, ELEVACOES E COORDENADAS EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
- 2 - CONCRETO ESTRUTURAL: CLASSE DE AGRESSIVIDADE II; ESTACAS $f_{ck}=20,0\text{MPa}$; $E_{cs} \geq 21,3\text{ GPa}$, FATOR $A/C \leq 0,60$ e CONSUMO MÍNIMO DE CIMENTO = 600 kg/m³; INFRAESTRUTURA (BLOCOS) $f_{ck} \geq 25,0\text{MPa}$; $E_{cs} \geq 24,2\text{GPa}$, FATOR $A/C \leq 0,60$ e CONSUMO MÍNIMO DE CIMENTO = 280 kg/m³; MESOESTRUTURA $f_{ck} \geq 30,0\text{MPa}$; $E_{cs} \geq 26,8\text{GPa}$, FATOR $A/C \leq 0,55$ e CONSUMO MÍNIMO DE CIMENTO = 320 kg/m³; SUPERESTRUTURA $f_{ck} \geq 35,0\text{MPa}$; $E_{cs} \geq 29,4\text{GPa}$, FATOR $A/C \leq 0,50$ e CONSUMO MÍNIMO DE CIMENTO = 360 kg/m³; CONCRETO DE REGULARIZAÇÃO $f_{ck} > 9,0\text{MPa}$.
- 3 - CARGAS MOVEIS CONFORME TREM TIPO TB-450 CONFORME NBR 7188:2013.
- 4 - A LOCAÇÃO DA OBRA E A PROFUNDIDADE DAS FUNDAÇÕES DEVERÃO SER VERIFICADAS E APROVADAS PELA FISCALIZAÇÃO.
- 5 - CAPACIDADE DE CARGA DAS ESTACAS DEVERÁ SER GARANTIDA POR PROVAS DE ESTÁTICAS OU DINÂMICAS CONFORME NBR6122:2019.
- 6 - MÓDULO DE ELASTICIDADE TRANSVERSAL DO APARELHO DE APOIO = 0,9MPa. TENSÃO ADMISSÍVEL NOS APARELHOS DE APOIO = 15,0MPa.
- 7 - PREVER CAPTAÇÃO ADEQUADA DAS ÁGUAS PLUVIAIS PROVENIENTE DOS DRENOS AO LONGO DE TODA A ESTRUTURA.
- 8 - TODAS AS DIMENSÕES DEVERÃO SER CONFIRMADAS NO CAMPO.
- 9 - AS REDES DE UTILIDADE PÚBLICA, NÃO IDENTIFICADAS NA FASE DE CADASTRO, PORVENTURA INTERFERENTES COM O PROJETO, DEVERÃO SER REMANEJADAS, A CRITÉRIO DA FISCALIZAÇÃO.
- 10- AS SOLUÇÕES ESTRUTURAIS FORAM INSERIDAS EM RELAÇÃO AO PROJETO GEOMÉTRICO.
- 11- ESPECIAL CUIDADO DEVERÁ SER ADOTADO NO PREPARO, CONTROLE, RECEBIMENTO, TRANSPORTE, LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E CURA DO CONCRETO.
- 12- A SEGURANÇA NAS ESCAVAÇÕES E EXECUÇÕES DAS CONTENÇÕES DEVERÃO SER ACOMPANHADAS NO CAMPO POR ESPECIALISTA GEOTÉCNICO E SEGURANÇA DO TRABALHO.
- 13- O ATERRO NA CABECEIRA DA OAE DEVERÁ SER EXECUTADO APÓS O POSICIONAMENTO DAS VIGAS E SIMULTANEAMENTE EM AMBAS EXTREMIDADES.
- 14- CARGA MÁXIMA ATUANTE NA CABEÇA DAS ESTACAS RAIZ = 110,0 tf.

IMPLANTAÇÃO
ESC.1:250

LEGENDA

- CONCRETO CONVENCIONAL
- CONCRETO EXISTENTE
- A DEMOLIR
- CONCRETO DE GROUT
- CONCRETO DE PROJETADO
- TERRENO A SER ESCAVADO E RECOMPOSTO

		Espessura do pavimento (cm)							
km		A	B	i1	C (greide)	i2	D	E	
156	+	861.720	7.00	7.00	2.00%	7.00	-0.80%	17.08	17.08
156	+	865.000	7.00	7.00	2.00%	7.00	-0.50%	16.00	16.00
156	+	870.000	7.00	7.00	2.00%	7.00	-0.10%	14.56	14.56
156	+	871.498	7.00	7.00	2.00%	7.00	0.00%	14.20	14.20
156	+	875.000	7.00	7.00	2.00%	7.00	0.30%	13.12	13.12
156	+	880.000	7.00	7.00	2.00%	7.00	0.70%	11.68	11.68
156	+	885.000	7.00	7.00	2.00%	7.00	1.10%	10.24	10.24
156	+	890.000	7.00	7.00	2.00%	7.00	1.50%	8.80	8.80
156	+	895.000	7.00	7.00	2.00%	7.00	1.90%	7.36	7.36
156	+	900.000	7.00	7.00	2.00%	7.00	2.00%	7.00	7.00
156	+	984.020	7.00	7.00	2.00%	7.00	2.00%	7.00	7.00



SEÇÃO TRANSVERSAL ESQUEMÁTICA
S./ESC.

NOTAS:



TRENA
TERRAPLENAGEM E CONSTRUÇÕES S.A.



IDENTIFICAÇÃO: 02-0897-V2-DES-OAE-001-B

RESPONSÁVEL TÉCNICO:

Guilherme Souza Reis
GUILHERME SOUZA REIS - CREA 1169888/D

ESCALA:

INDICADA

DNIT

SRE - RN

DESENHO

PROJETO BÁSICO E EXECUTIVO DE ENGENHARIA E EXECUÇÃO DAS OBRAS E DEMAIS OPERAÇÕES NECESSÁRIAS E SUFICIENTES PARA A REABILITAÇÃO DE CINCO OBRAS DE ARTE ESPECIAIS, LOCALIZADAS NAS RODOVIAS BR-226-RN E BR-304/RN, NO ÂMBITO DO PROARTE.

TÍTULO*:

PROJETO EXECUTIVO OAE
REFORÇO E ALARGAMENTO - PONTE SOBRE O RIACHO DO ARVOREDO (RIO FERNANDO PEDROZA) - IMPLANTAÇÃO - FORMA

Nº:

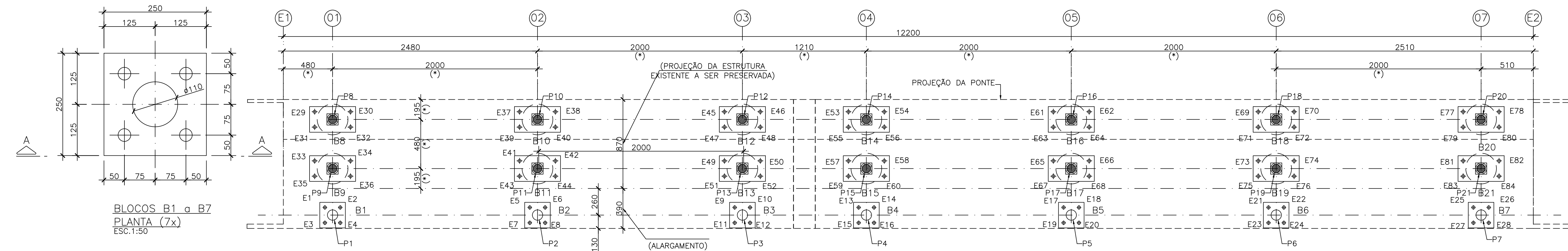
DE-BR.304.RN-041-747-000-200=B

REV.:

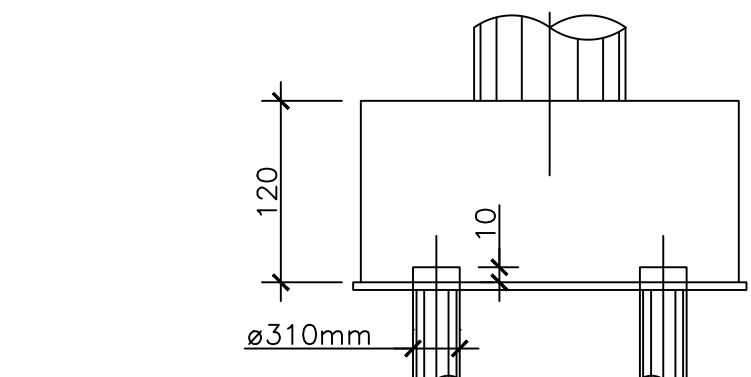
B

FOLHA:

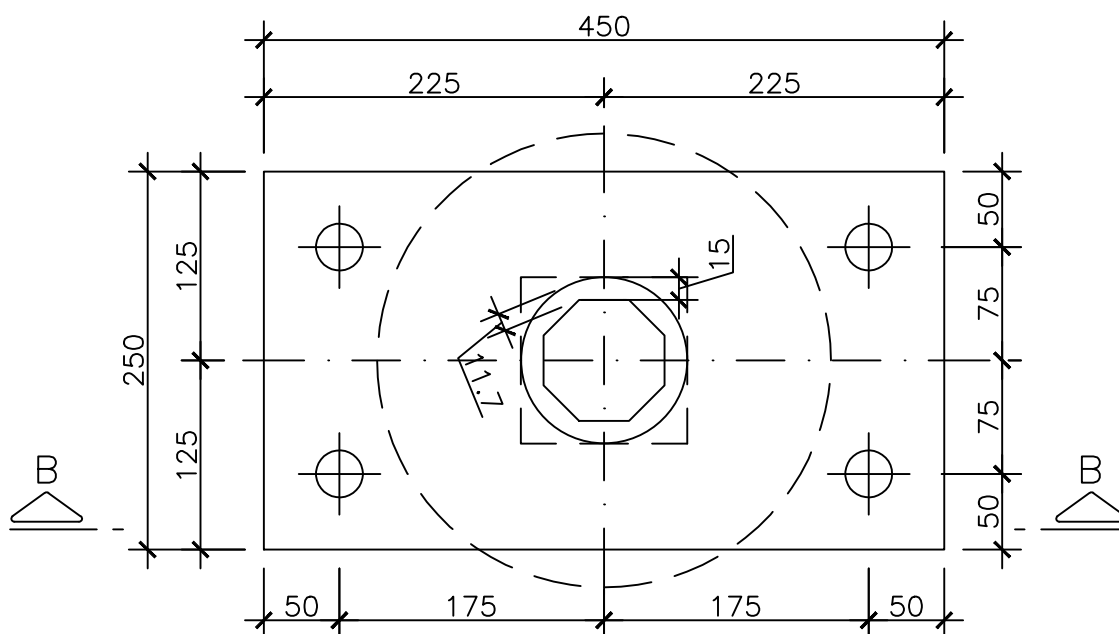
001 DE 032



BLOCOS B1 a B7
PLANTA (7x)
ESC.1:50



CORTE A-A
ESC.1:50

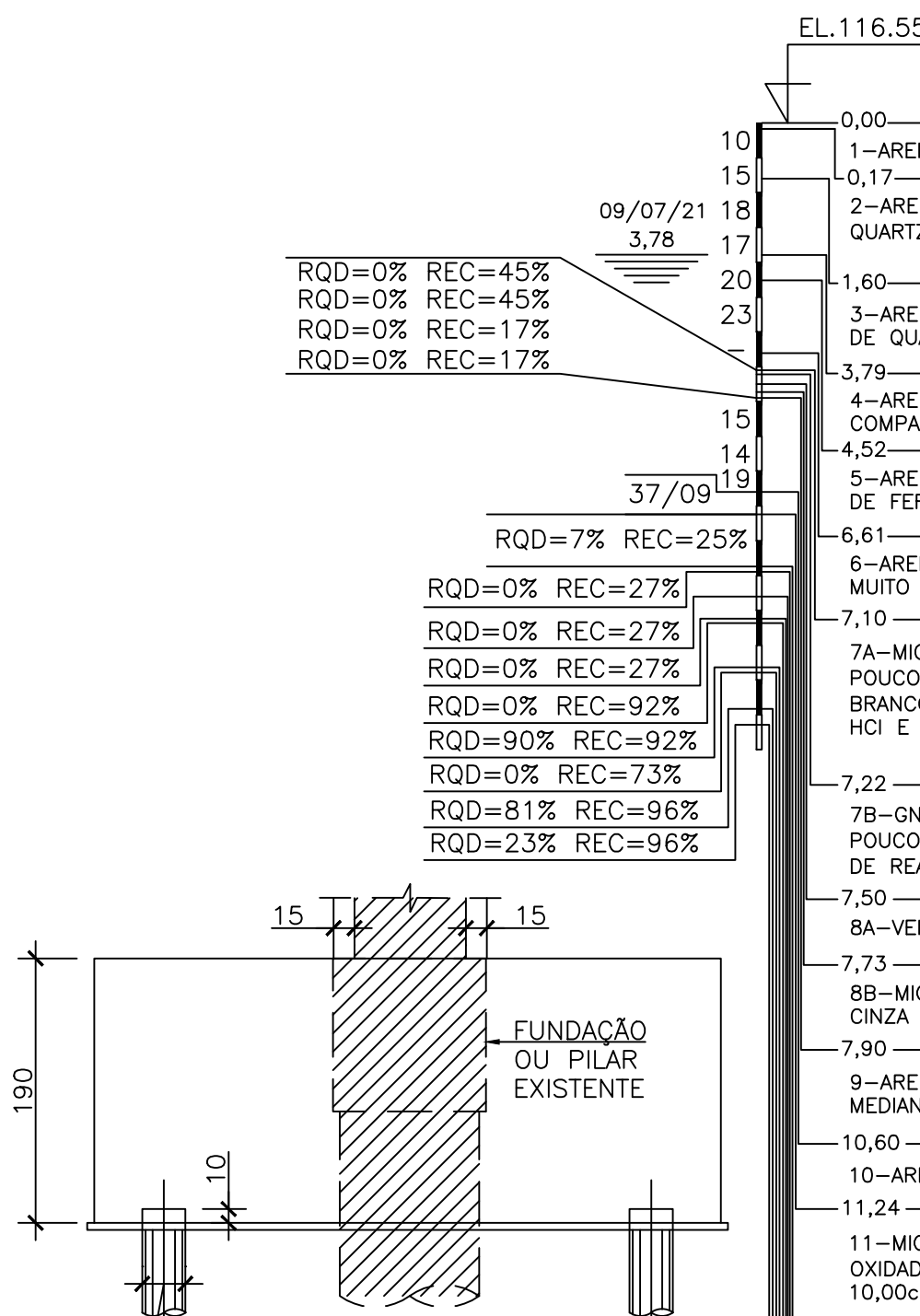


BLOCOS B8 a B21
PLANTA (14x)
ESC.1:50

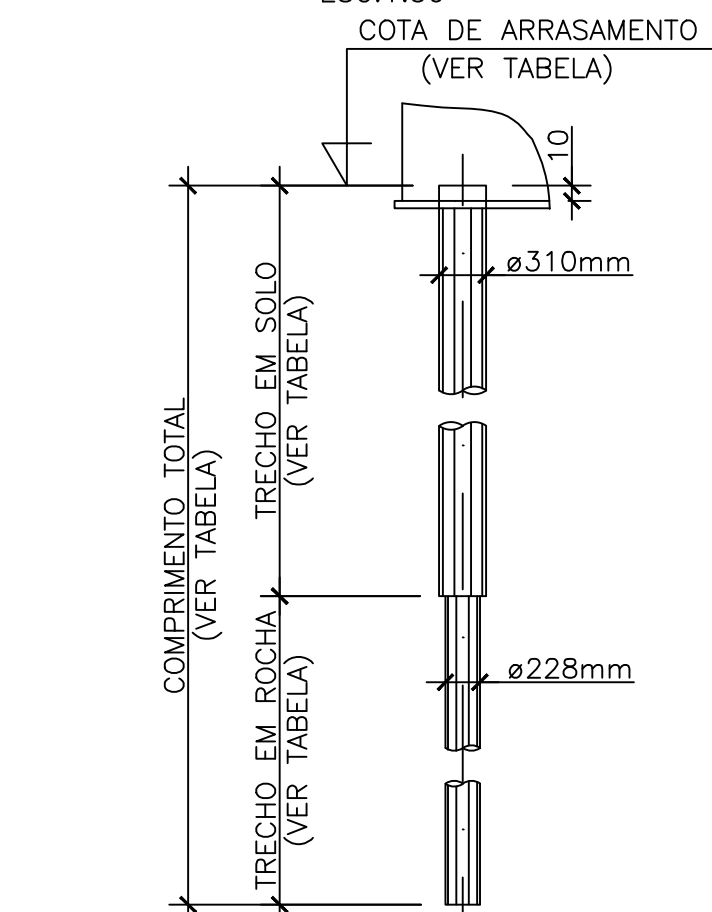
TABELA DAS ESTACAS				
ESTACA	TRECHO EM SOLO (ESTIMADO)	TRECHO EM ROCHA (MÍNIMO)	COMPRIMENTO TOTAL	COTA ARRASAMENTO
E1/E2/E3/E4	700	400	1100	EL.116.235
E5/E6/E7/E8	1000	550	1550	EL.114.876
E9/E10/E11/E12	1100	—	1100	EL.114.970
E13/E14/E15/E16	435	800	1235	EL.114.680
E17/E18/E19/E20	500	400	900	EL.113.895
E21/E22/E23/E24	300	400	700	EL.113.012
E25/E26/E27/E28	500	400	900	EL.116.282
E29/E30/E31/E32	700	400	1100	EL.115.659
E33/E34/E35/E36	700	400	1100	EL.115.659
E37/E38/E39/E40	900	550	1450	EL.114.138
E41/E42/E43/E44	900	550	1450	EL.114.138
E45/E46/E47/E48	900	—	900	EL.114.156
E49/E50/E51/E52	900	—	900	EL.114.156
E53/E54/E55/E56	380	800	1180	EL.114.151
E57/E58/E59/E60	380	800	1180	EL.114.151
E61/E62/E63/E64	400	400	800	EL.112.784
E65/E66/E67/E68	400	400	800	EL.112.784
E69/E70/E71/E72	200	400	600	EL.112.213
E73/E74/E75/E76	200	400	600	EL.112.213
E77/E78/E79/E80	400	400	800	EL.114.934
E81/E82/E83/E84	400	400	800	EL.114.934

(*) - DIMENSÕES LEVANTADAS EM CAMPO, DEVERÃO SER CONFIRMADAS E AJUSTADAS

SM-05



CORTE B-B
ESC.1:50



DETALHE DAS ESTACAS E1 a E84
ELEVÇÃO (84x)
ESC.1:50

0,00	1-AREIA FINA, COM MATÉRIA ORGÂNICA, MARROM, DE COMPACIDADE VARIADA.
0,17	2-AREIA DE TEXTURA VARIADA, POUCO ARGILOSA, COM PEDREGULHOS DE QUARTZO E MATÉRIA ORGÂNICA, MARROM ESCURO, MEDIANAMENTE COMPACTA.
1,60	3-AREIA DE TEXTURA VARIADA, POUCO ARGILOSA, COM RAROS PEDREGULHOS DE QUARTZO, CINZA, MEDIANAMENTE COMPACTA.
3,79	4-AREIA DE TEXTURA VARIADA, POUCO ARGILOSA, CINZA, MEDIANAMENTE COMPACTA.
4,52	5-AREIA DE TEXTURA VARIADA, ARGILOSA, COM RAROS NÚDULOS DE ÓXIDO DE FERRO CINZA-ESVERDEADA, COMPACTA.
6,61	6-AREIA DE TEXTURA VARIADA, COM FRAGMENTOS DE QUARTZO, CREME, MUITO COMPACTA.
7,10	7A-MIGMATITO, COM TEXTURA E ESTRUTURA MILONITICA, SEM POROSIDADE, POUCO OXIDADA, DE COR VARIADA (LARANJA, AMARILHO FLUORESCENTE, BRANCO), RICO EM MINERAL, DE COLORAÇÃO AMARELA, NÃO REAGENTE NO HCl E COM DUREZA MAIOR QUE 5. A1-K1-F1-C1-D8-I3.
7,22	7B-GNAISSE, COM TEXTURA E ESTRUTURA MILONITICA, POUCO POROSA, POUCO OXIDADA, DE COR VARIADA (BRANCA, PRETA E ALARANJADA), BORDA DE REAÇÃO. A1-K1-F1-C1-D8-I3.
7,50	8A-VEIO DE QUARTZO. A0-K1-F1-C2-D8-I3.
7,73	8B-MIGMATITO (PALEOSSOMA), POUCO POROSO, NÃO OXIDADO, PRETO A CINZA CLARO. A3-K1-F5-C4-D8-I2.
7,90	9-AREIA DE TEXTURA VARIADA, POUCO SILTOSA, CREME, DE MEDIANAMENTE COMPACTA A COMPACTA.
10,60	10-AREIA FINA, SILTOSA, CINZA-MARROM, MUITO COMPACTA.
11,24	11-MIGMATITO (PALEOSSOMA), ESTRUTURA MILONITICA, POUCO POROSO, NÃO OXIDADO, CINZA ESCURO, COM PORÇÃO NEOSSOMA. TARUGA CILINDRICO: 10,00cm. A2-K1-F1-F3-C4-D8-I2.
12,74	12A-MIGMATITO (PALEOSSOMA), ESTRUTURA MILONITICA, POUCO POROSO, NÃO OXIDADO, CINZA ESCURO. A2-K1-F1-F4-C9-D9-I2.
12,89	12B-MIGMATITO (NEOSSOMA), ESTRUTURA CATACLÁSTICA, POUCO POROSO, POUCO OXIDADO, DE COR VARIADA (CREME CLARO CINZA ESCURO). A1-K1-F2-C1-D9-I3.
13,60	12C-GNAISSE BANDADO, POUCO POROSO, POUCO OXIDADO, DE COR VARIADA (BANDAS CREMES E BANDAS CINZA ESCURAS). A2-K1-F1-C2-D9-I2.
14,24	13A-MIGMATITO (PALEOSSOMA), ESTRUTURA MILONITICA, POUCO POROSO, NÃO OXIDADO, DE COR VARIADA (CINZA ESCURO COM PORÇÕES CREME) E PRESENÇA DE NEOSSOMA. TARUGOS CILINDRICOS: 82,00cm;32,00cm. A1-K1-F1-C1-D8-I3.
14,37	13B-MIGMATITO (PALEOSSOMA), ESTRUTURA MILONITICA, POUCO POROSO, NÃO OXIDADO, DE COR VARIADA (CINZA ESCURO COM PORÇÕES CREME) E PRESENÇA DE NEOSSOMA. TARUGOS CILINDRICOS: 82,00cm;32,00cm. A1-K1-F1-C1-D9-I2.
15,64	14-MIGMATITO (PALEOSSOMA), ESTRUTURA MILONITICA, POUCO POROSO, NÃO OXIDADO, DE COR VARIADA (CINZA ESCURO COM PORÇÕES CREME) E PRESENÇA DE NEOSSOMA. A1-K1-F1-C1-D9-I1.
15,79	15A-MIGMATITO (NEOSSOMA), TEXTURA MILONITICA, POUCO POROSO, NÃO OXIDADO, DE COR VARIADA (PORÇÕES PRETAS E PORÇÕES BRANCAS), MINERAL VERMELHO (GRANADA). TARUGOS CILINDRICOS: 10,00cm;10,00cm;10,00cm;51,00cm. A1-K4-F2-C2-D9-I2.
16,83	15B-MIGMATITO (PALEOSSOMA), ESTRUTURA MILONITICA, BANDAS COMPOSICIONAIS (FÉLICAS E MÁFICAS), DE COR VARIADA (CAMADAS PRETAS E CAMADAS BRANCAS), PORÇÕES DE NEOSSOMA, POUCO POROSA E NÃO OXIDADA. TARUGO CILINDRICO: 10,50cm. A1-K1-F3-C3-C3-D8-I2.
17,29	

—SONDAGEM PARALISADA PELO O CONTRATANTE.

LOCAÇÃO DA FUNDAÇÃO — PLANTA
ESC.1:200

0,00	1-AREIA MÉDIA, COM MATÉRIA ORGÂNICA, MARROM CLARA, FOFA.
0,26	2-AREIA FINA E MÉDIA, ARGILOSA, DE COR VARIADA (CINZA E MARROM ESCURA). (AMOSTRA DE CALHA)
0,45	3-QUARTZO-MONZONITO, LEUCOCRÁTICO, ISÓTROPO, EQUIGRANULAR, FANERÍTICO, CRISTAIS DE GRANULOMETRIA MÉDIA, DE COR VARIADA (ROSEA, PRETA E CREME), NÃO OXIDADA E NÃO POROSA. TARUGO CILINDRICO: 16,00cm. A0-K1-F1-C1-D9-I2.
1,10	4A-CONTATO ENTRE QUARTZO MONZONITO E GRANITO. A1-K1-F3-C1-D9-I1.
1,10	4B-ANDESITO, ROCHA VULCÂNICA INTERMEDIÁRIA, MELANOCRÁTICA, TEXTURA PORFIRÍTICA, ISÓTROPA, COM PRESENÇA DE VESÍCULAS DE ESCAPE DE GÁS, DE COR VARIADA (PRETA E BRANCA), NÃO OXIDADA E DE BOA POROSIDADE. A0-K1-F4-C2-D9-I3.
1,80	5A-AREIA GROSSA, MARROM-AVERMELHADA, DE MEDIANAMENTE COMPACTA A COMPACTA.
3,97	5B-AREIA GROSSA, CREME-AMARRONADA, COMPACTA.
5,45	6-QUARTZO-MONZONITO, AFANÍTICO, CRISTAIS DE TEXTURA FINA, ISÓTROPO, MESOCRÁTICO, INEQUIGRANULAR, DE COR VARIADA (ROSEA, BRANCA E PRETA), POUCO OXIDADA E POUCO POROSA. A1-K1-F1-C1-D9-I3.
6,50	7-ARGILA ARENOSA, GRANULOMETRIA DE AREIA MUITO FINA A FINA, DE COR VARIADA (CREME E PRETA). (AMOSTRA DE CALHA).
8,00	8A-GRANITO, MESOCRÁTICO, ISÓTROPO, FANERÍTICO, EQUIGRANULAR, COM GRãos DE TEXTURA MÉDIA, NÃO OXIDADA E SEM POROSIDADE, CINZA CLARO. TAGURO CILINDRICO: 16,00cm. A0-K2-F1-C2-D9-I3.
8,60	8B-BIOTITA XISTO, TEXTURA XISTOSA, POUCO OXIDADA, POUCO POROSA, PRETA, COM BANDOS FÉLICOS E PRESENÇA DE XENOLITOS DE GRANITO, ESTRUTURA BOUNDINADAS, SOMBRAS DE PRESSÃO E AUGEN. A1-K1-F3-C3-D8-I3.
9,50	9A-BIOTITA XISTO, TEXTURA XISTOSA, POUCO OXIDADA, POUCO POROSA, PRETA, COM BANDOS FÉLICOS E PRESENÇA DE XENOLITOS DE GRANITO, ESTRUTURA BOUNDINADAS, SOMBRAS DE PRESSÃO E AUGEN. A1-K1-F3-C3-D8-I3.
9,90	9B-GRANITO, MESOCRÁTICO, ISÓTROPO, FANERÍTICO, EQUIGRANULAR, COM GRãos DE TEXTURA MÉDIA, NÃO OXIDADA E SEM POROSIDADE, CINZA CLARO. TAGUGOS CILINDROS: 20,00cm;26,00cm;10,00cm. A1-K3-F2-C2-D9-I3.
11,00	10-GRANITO, MESOCRÁTICO, ISÓTROPO, FANERÍTICO, EQUIGRANULAR, COM GRãos DE TEXTURA MÉDIA, NÃO OXIDADA E SEM POROSIDADE, CINZA CLARO. TAGUGOS CILINDRICOS: 16,00cm;14,00. A1-K1-F5-C2-D9-I3.
12,50	11-GRANITO, MESOCRÁTICO, ISÓTROPO, FANERÍTICO, EQUIGRANULAR, COM GRãos DE TEXTURA MÉDIA, NÃO OXIDADA E SEM POROSIDADE, CINZA CLARO. A1-K1-F3-C2-D9-I2.
13,50	

—SONDAGEM PARALISADA PELO O CONTRATANTE.

0,00	1-AREIA GROSSA A MUITO GROSSA, COM SEIXO DE QUARTZO, DE COR VARIADA (MARROM, LARANJA E TRANSPARENTE), DE COMPACIDADE VARIADA.
0,90	2-AREIA FINA A MUITO GROSSA, ARGILOSA, COM SEIXO DE QUARTZO, DE COR VARIADA (TRANSPARENTE, CINZA, ALARANJADA E BRANCA), MUITO COMPACTA.
1,10	3-ALCALI-FELDSPATO-GRANITO, HOLOCISTALINO, FANERÍTICA, DE MÉDIA A GROSSA, CRISTAIS SUBMICROS, INEQUIGRANULAR, LEUCOCRÁTICOS, OXIDADO, POUCO POROSO, BRANCO E ALARANJADO. A2-K1-F4-C2-D9-I2.
1,80	4-AREIA MUITO FINA A MÉDIA, ARGILOSA, CINZA ESCURA. (AMOSTRA DE CALHA)
2,55	5-AREIA MUITO FINA A MÉDIA, ARGILOSA, CINZA ESCURA. (AMOSTRA CALHA).
3,30	6-BIOTITA XISTO, ESTRUTURA XISTOSA, TEXTURA LEPIDOBLÁSTICA, POUCO OXIDADA, POUCO POROSA, CINZA ESCURA, COM FRAGMENTOS DE VEIO DE QUARTZO. A2-K1-F4-C2-D8-I4.
4,05	7A-BIOTITA XISTO, COM ESTRUTURA XISTOSA SUBVERTICAL, TEXTURA LEPIDOBLÁSTICA, POUCO OXIDADA, POUCO POROSA, CINZA ESCURA, COM CAMADAS FÉLICAS DOBRADAS E BOUNDINADAS. A2-K1-F4-C3-D8-I3.
4,51	7B-METAGRANITO, HOLOCISTALINO, FANERÍTICO, CRISTAIS SUBMICROS E ANÉDRICOS, INEQUIGRANULAR, POUCO OXIDADO, POUCO POROSO, DE COR VARIADA (BRANCO E PRETO). A1-K1-F1-C1-D9-I3.
4,59	7C-BIOTITA XISTO, COM ESTRUTURA XISTOSA SUBVERTICAL, TEXTURA LEPIDOBLÁSTICA, POUCO OXIDADA, POUCO POROSA, CINZA ESCURA, COM CAMADAS FÉLICAS DOBRADAS E BOUNDINADAS. TARUGO CILINDRICO: 34,00cm. A2-K2-F5-C2-D9-I3.
5,48	7D-METAGRANITO, HOLOCISTALINO, FANERÍTICO, CRISTAIS SUBMICROS E ANÉDRICOS, INEQUIGRANULAR, POUCO OXIDADO, POUCO POROSO, DE COR VARIADA (CINZA, BRANCO E VERMELHO). TARUGOS CILINDRICOS: 13,00cm;10,00cm;22,00cm. A1-K2-F4-C2-D9-I2.
5,55	8A-CONTATO METAGRANITO COM BIOTITA XISTO. A1-K1-F1-C2-D9-I3.
5,62	8B-BIOTITA XISTO, COM ESTRUTURA XISTOSA SUBVERTICAL, TEXTURA LEPIDOBLÁSTICA, POUCO OXIDADA, POUCO POROSA, CINZA ESCURA, COM CAMADAS FÉLICAS DOBRADAS E XENOLITO DO METAGRANITO. A1-K1-F2-C3-D9-I2.
5,82	8C-METAGRANITO, HOLOCISTALINO, FANERÍTICO, CRISTAIS SUBMICROS E ANÉDRICOS, INEQUIGRANULAR, POUCO OXIDADO, POUCO POROSO, DE COR VARIADA (CINZA, BRANCO E VERMELHO). TARUGOS CILINDRICOS: 13,00cm;10,00cm;22,00cm. A1-K2-F4-C2-D9-I2.
7,05	9A-METAGRANITO, HOLOCISTALINO, FANERÍTICO, CRISTAIS SUBMICROS E ANÉDRICOS, INEQUIGRANULAR, POUCO OXIDADO, POUCO POROSO, DE COR VARIADA (CINZA, VERMELHO BRANCO). TARUGOS CILINDRICOS: 52,00cm;12,00cm. A1-K5-F1-C2-D9-I2.
7,70	9B-XISTO, COM ESTRUTURA XISTOSA, TEXTURA LEPIDOBLÁSTICA, OXIDADA, POROSA, CINZA, COM CAMADAS FÉLICAS DOBRADAS E XENOLITO DO METAGRANITO. A2-K1-F5-C3-D9-I3.
8,05	10A-BIOTITA XISTO, COM ESTRUTURA XISTOSA, TEXTURA LEPIDOBLÁSTICA, POUCO OXIDADA, POUCO POROSA, CINZA ESCURA, COM CAMADAS FÉLICAS E XENOLITO DO METAGRANITO. A2-K1-F1-C3-D9-I3.
8,18	10B-METAGRANITO, HOLOCISTALINO, FANERÍTICO, CRISTAIS SUBMICROS E ANÉDRICOS, INEQUIGRANULAR, POUCO OXIDADO, POUCO POROSO, BRANCO E PRETO, TEXTURA DE FLUIDO MAGMÁTICO. TARUGO CILINDRICO: 36,00cm. A1-K5-F1-C2-D9-I3.
8,57	10C-BIOTITA GNAISSE BANDADO, ESTRUTURA LEPIDOBLÁSTICA E PORFÉRITICA, TEXTURA XISTOSA, OXIDADA, POUCO POROSA, BRANCA, PRETA E CINZA ESCURA. A2-K1-F2-C3-D9-I3.
8,85	10D-METAGRANITO, HOLOCISTALINO, FANERÍTICO, CRISTAIS SUBMICROS E ANÉDRICOS, INEQUIGRANULAR, POUCO OXIDADO, POUCO POROSO, DE COR VARIADA (BRANCO, CINZA ESCURO E ALARANJADO). A2-K1-F1-C2-D9-I3.
9,05	

—SONDAGEM PARALISADA PELO O CONTRATANTE.

NOTAS:
1 - MEDIDAS EM CENTÍMETROS, ELEVÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2 - PARA DEMAIS NOTAS, VER FOLHA 001.



IDENTIFICAÇÃO: 02-0897-V2-DES-OAE-002-B
RESPONSÁVEL TÉCNICO: *Guilherme Souza Reis*
GUILHERME SOUZA REIS — CREIA 1169888/D

ESCALA:
INDICADA

DNIT
SRE - RN

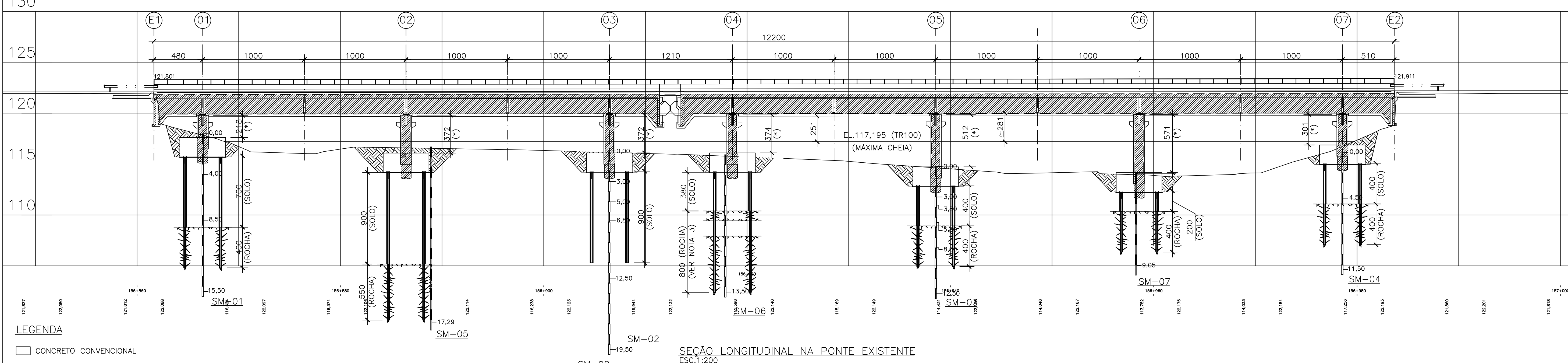
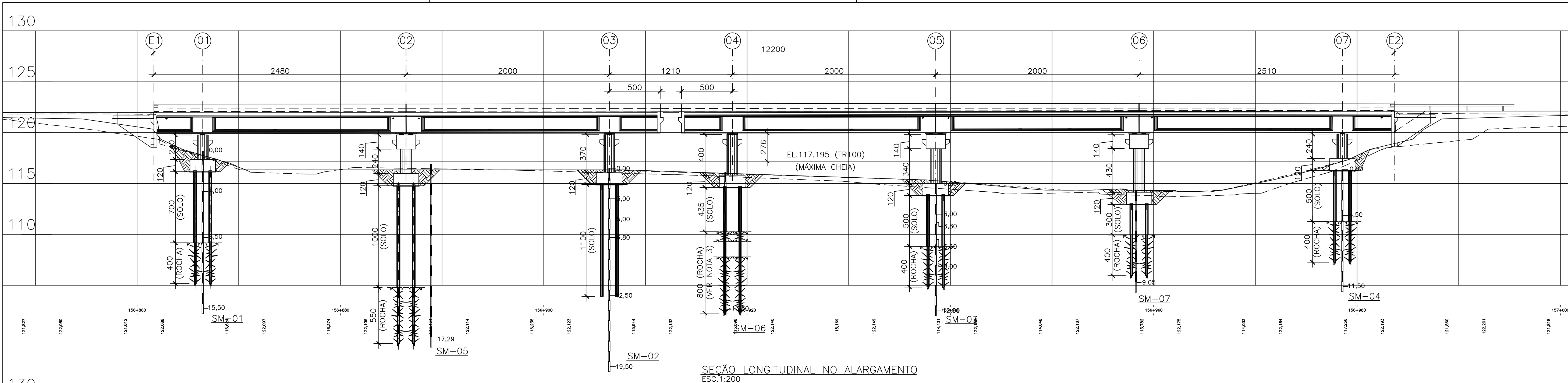
DESENHO

PROJETO BÁSICO E EXECUTIVO DE ENGENHARIA E EXECUÇÃO DAS OBRAS E DEMAIS OPERAÇÕES NECESSÁRIAS E SUFICIENTES PARA A REABILITAÇÃO DE CINCO OBRAS DE ARTE ESPECIAIS, LOCALIZADAS NAS RODOVIAS BR-228-RN E BR-304/RN, NO ÂMBITO DO PROARTE.

TÍTULO*: PROJETO EXECUTIVO OAE
REFORÇO E ALARGAMENTO — PONTE SOBRE O RIACHO DO ARVOREDO (RIO FERNANDO PEDROZA) — LOCAÇÃO E DETALHES DA FUNDAÇÃO — FORMA

Nº: DE-BR.304.RN-041-747-000-200=B
REV.: B

FOLHA:
002 DE 032

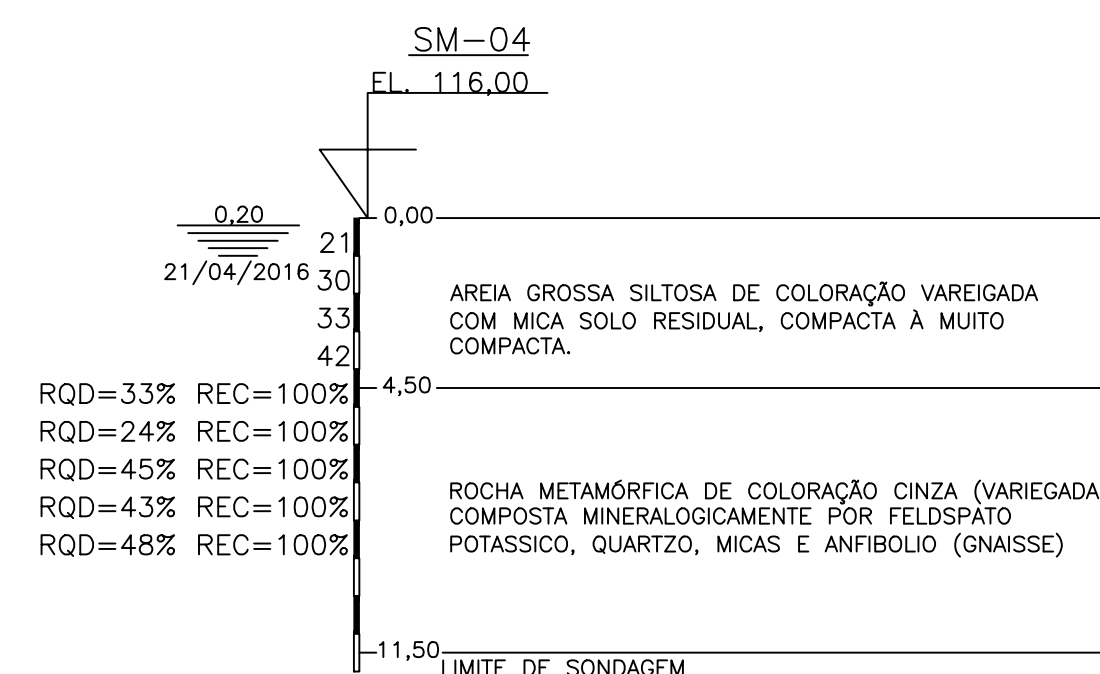
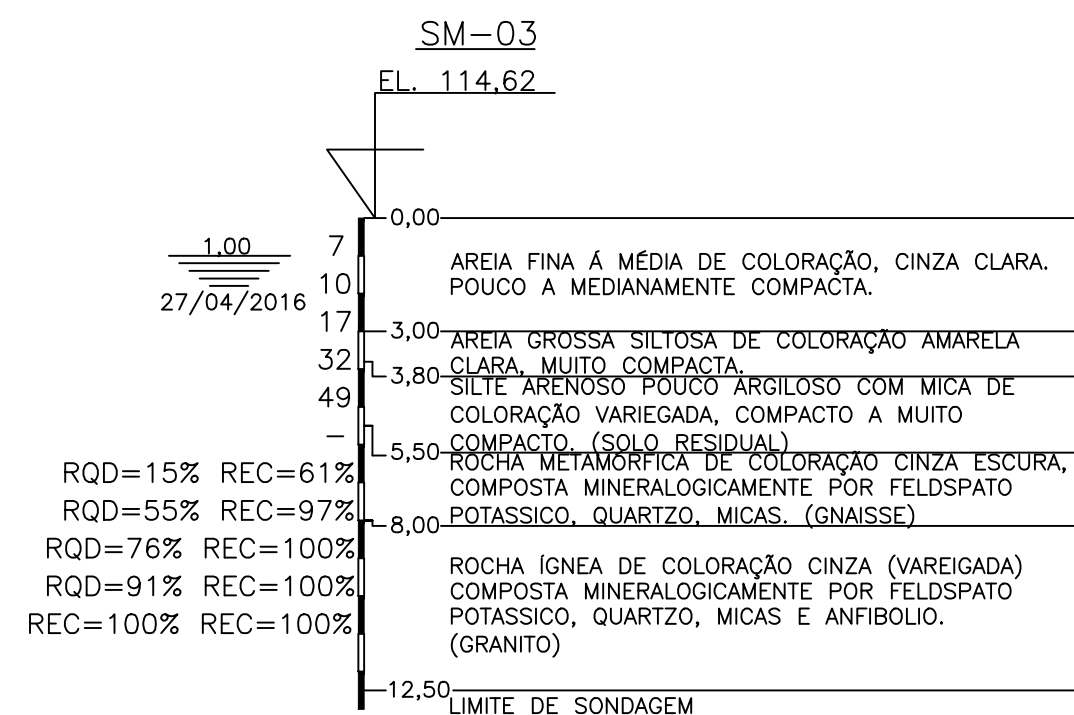
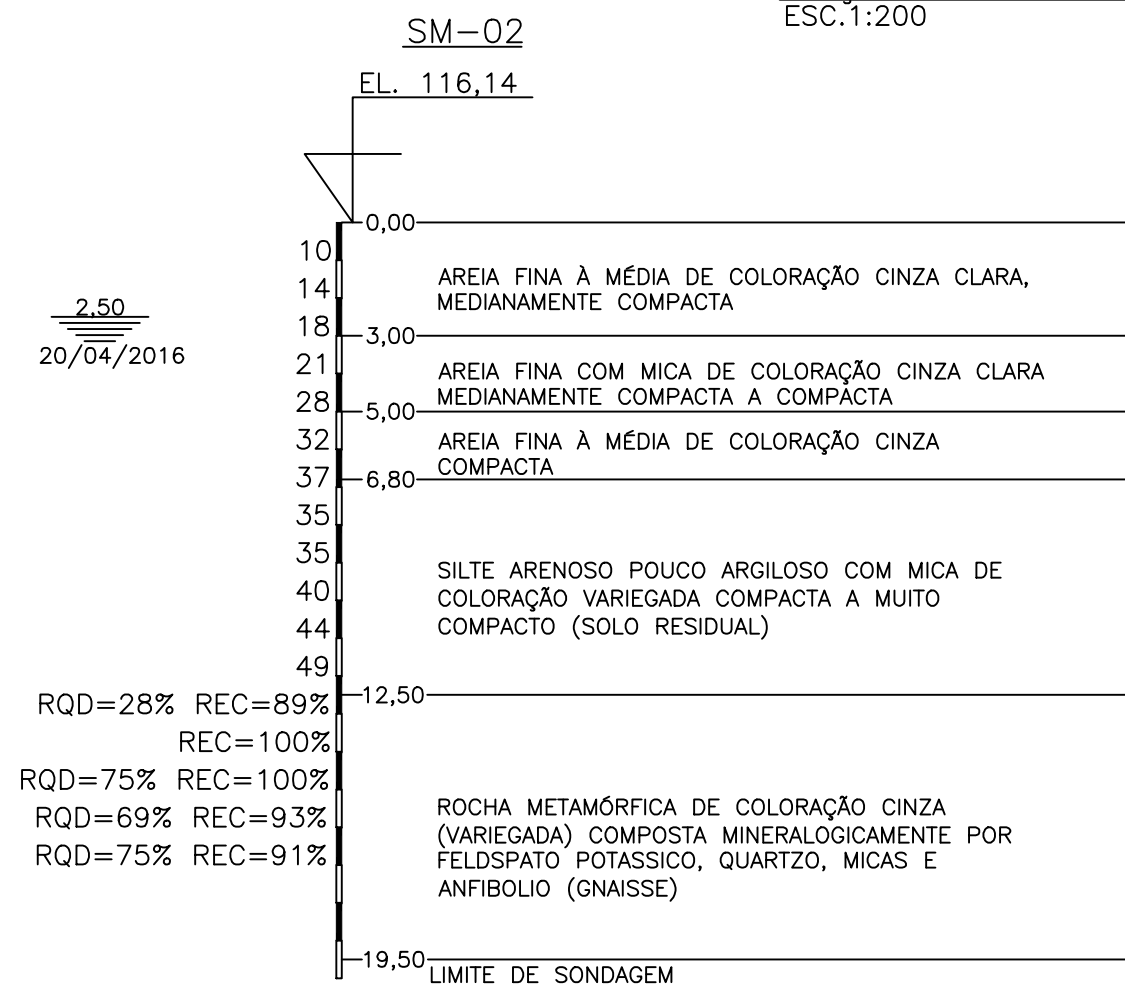
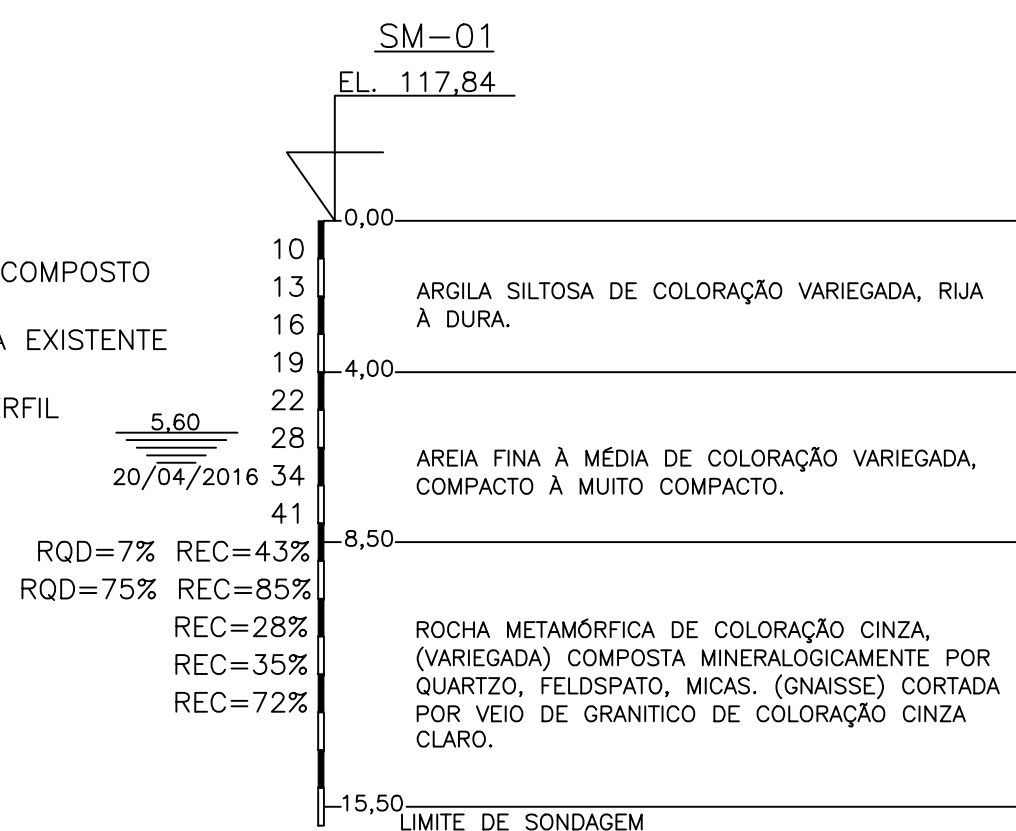


LEGENDA

- CONCRETO CONVENCIONAL
- CONCRETO EXISTENTE
- A DEMOLIR
- CONCRETO DE GROUT
- CONCRETO DE PROJETO
- TERRENO A SER ESCAVADO E RECOMPOSTO

* COTAS APROXIMADAS DA ESTRUTURA EXISTENTE

* ELEVAÇÕES APROXIMADAS PELO PERFIL DO TERRENO



- NOTAS:
- MEDIDAS EM CENTÍMETROS, ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
 - PARA DEMAIS NOTAS, VER FOLHA 001.
 - NAS ESTACAS E13 a E16 e E53 a E60, DOS 8,0m DA REGIÃO COM $\phi 228\text{mm}$, 6,5m ESTÃO EM CONTATO COM A ROCHA.



IDENTIFICAÇÃO: 02-0897-V2-DES-OAE-003-B
RESPONSÁVEL TÉCNICO: *Guilherme Souza Reis*
GUILHERME SOUZA REIS - CREA 1169888/D

ESCALA: INDICADA

DNIT
SRE - RN

DESENHO

PROJETO BÁSICO E EXECUTIVO DE ENGENHARIA E EXECUÇÃO DAS OBRAS E DEMAIS OPERAÇÕES NECESSÁRIAS E SUFICIENTES PARA A REABILITAÇÃO DE CINCO OBRAS DE ARTE ESPECIAIS, LOCALIZADAS NAS RODOVIAS BR-226-RN E BR-304/RN, NO ÂMBITO DO PROARTE.

TÍTULO:

PROJETO EXECUTIVO OAE

REFORÇO E ALARGAMENTO - PONTE SOBRE O RIACHO DO ARVOREDO (RIO FERNANDO PEDROZA) - SEÇÃO LONGITUDINAL - FORMA

Nº: DE-BR.304.RN-041-747-000-200=B

REV.: B

FOLHA: 003 DE 032

AS INFORMAÇÕES DESTE DOCUMENTO SÃO PROPRIEDADE DO DNIT, SENDO PROIBIDA A UTILIZAÇÃO FORA DA SUA FINALIDADE.

