



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Matheus Oliveira Ramos

ESTUDO DA IMPLANTAÇÃO DE JUNTAS DE DILATAÇÃO EM PONTES E VIADUTOS

Palmas – TO

2017

Matheus Oliveira Ramos

ESTUDO DA IMPLANTAÇÃO DE JUNTAS DE DILATAÇÃO EM PONTES E
VIADUTOS

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II
elaborado e apresentado como requisito parcial
para obtenção do título de bacharel em Engenharia
Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas
(CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Msc. Daniel Iglesias de Carvalho

Palmas – TO
2017

Matheus Oliveira Ramos

ESTUDO DA IMPLANTAÇÃO DE JUNTAS DE DILATAÇÃO EM PONTES E
VIADUTOS

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II
elaborado e apresentado como requisito parcial
para obtenção do título de bacharel em Engenharia
Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas
(CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Msc. Daniel Iglesias de Carvalho

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Msc. Daniel Iglesias de Carvalho
Orientador
Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Prof. Msc. Roldão Pimentel de Araújo Junior
Avaliador
Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Prof. Esp. Rafael Alves Amorim
Avaliador
Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Palmas – TO
2017

Nada mais digno que dedicar esse trabalho de conclusão de curso aos meus pais, Romeu Ramos e Claudia Ramos, que desde o início até o fim estiveram ao meu lado, que mesmo com as dificuldades e desafios, através de seus esforços me proporcionaram estar formando.

AGRADECIMENTO

À Deus acima de tudo, que me deu vida e inteligência, e que me dá força para continuar a caminhada em busca dos meus objetivos.

Aos meus pais, no qual devo um especial agradecimento por todo apoio e esforço que realizaram para que conseguisse atingir todos meus desígnios. E também agradeço por toda minha família.

Agradeço também a todos meus amigos que compartilharam e me acompanharam ao longo de todo o percurso, nas boas e nas más ocasiões.

A todos professores que ao longo de 5 anos me tornaram um Engenheiro Civil, em especial meu orientador Prof. Msc. Daniel Iglesias pelo incentivo, aprendizado e confiança que a mim foi dado.

“A junta de dilatação é uma separação física entre duas partes de uma estrutura, para que estas partes possam se movimentar sem transmissão de esforço entre elas. As juntas de dilatação devem garantir a transição suave entre os acessos e a ponte e também entre os trechos por ela divididos”.
(NORMA DENIT 092/2006 – ES, p. 02)

RESUMO

RAMOS, M. O. **Estudo de Implantação de juntas de Dilatação em Pontes e Viadutos**. 2017. 52 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2017.

Pontes são obras de artes especiais de grande importância para mobilidade urbana, pois liga trechos separados por rios ou outros obstáculos. Dentre as estruturas de pontes, as juntas de dilatação têm grande importância por permitir a movimentação da estrutura sem que haja a transferência de esforços. O presente trabalho teve por finalidade estudar e caracterizar os tipos e o estado atual de conservação das juntas de dilatação da ponte Fernando Henrique Cardoso. Por de visita técnica e pesquisas bibliográficas foi possível descrever os tipos de juntas existentes na ponte, no qual são as de elastômeros com chapas metálicas e as de fitas neoprene, avaliou-se a situação das juntas, no qual muito das juntas em fitas neoprene encontram-se em péssimo estado provavelmente por falta e/ou ineficiência nas manutenções, necessitando ser substituídas para evitar possíveis danos a estrutura. Foi constatado que cerca de 35% das juntas de neoprene encontram-se classificadas como regular ou ruim nos parâmetros estruturais, e ainda cerca de 67% atingiram notas ruins quando levado em consideração parâmetros funcionais, enquanto que as juntas de elastômeros com chapas metálicas estão em perfeito estado, necessitando apenas de manutenções básicas, como limpeza. Foi elaborado também conceitos de duplicação da ponte, onde utilizou outro tipo de juntas, buscando ter menos necessidade de manutenção e maior durabilidade, visando essas características foi adotado a junta de bandas flexíveis de elastômeros, cujo são mais resistentes e ainda proporcionam maiores distâncias entre vãos podendo diminuir a quantidade de juntas de 180 unidades para 54, caso use estrutura mista e se utilizar apenas estrutura metálica reduz para 43 unidades.

Palavras chaves: juntas de dilatação, ponte, manutenções.

ABSTRACT

Bridges are works of special arts of great importance for urban mobility, as it connects sections separated by rivers or other obstacles. Among the structures of bridges, the expansion joints are of great importance because they allow the movement of the structure without the transfer of efforts. The purpose of this study was to study and characterize the types and the current state of conservation of the expansion joints of the Fernando Henrique Cardoso bridge. Through a technical visit and bibliographical research it was possible to describe the types of joints existing in the bridge, in which the elastomers with metal sheets and those of neoprene tapes, the joint situation was evaluated, in which much of the joints in neoprene tapes in bad condition probably due to lack and / or inefficiency in the maintenance, needing to be replaced to avoid possible damages to the structure. It was found that about 35% of the neoprene joints were classified as regular or poor in the structural parameters, and still about 67% reached bad grades when considering functional parameters, while the elastomeric joints with metal plates are in perfect condition, requiring only basic maintenance such as cleaning. It was also elaborated concepts of duplication of the bridge, where it used other types of joints, seeking to have less need for maintenance and greater durability, aiming at these characteristics was adopted the flexible rubber bands of elastometers, which are more resistant and still provide greater distances between spans it can reduce the number of joints from 180 units to 54, if it uses mixed structure and if only metal structure reduces to 43 units.

Key words: expansion joints, bridge, maintenance.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES E QUADROS

Figura 1: Ponte em arco	16
Figura 2: Ponte estaiada	17
Figura 3: Ponte pênsil	18
Figura 4: Ponte de balanços sucessivos	18
Figura 5: Aparelhos de apoios metálicos.....	20
Figura 6: Juntas de betume modificado.....	23
Figura 7: Juntas de Compressão	24
Figura 8: Juntas dentadas retangular e triangular.....	25
Figura 9: JBFE fixada em blocos de elastômero armado.....	26
Figura 10: JBFE fixada em perfil Metálico.....	26
Figura 11: Patologias em juntas de dilatação... ..	28
Figura 12: Ponte integral de Happy Hollow Creek, Tennessee, EUA.....	30
Figura 13: Imagem de satélite da ponte FHC.....	32
Figura 14 – Junta em fita neoprene da ponte FHC.....	36
Figura 15 – Junta em fita neoprene representativa.....	36
Figura 16 – Junta do tipo Transfex da ponte FHC.....	37
Figura 17 – Junta do tipo Transfex representativa.....	37
Figura 18 - Junta de dilatação rompida da ponte FHC.....	40
Figura 19- Junta de dilatação em fita neoprene da ponte FHC.....	41
Figura 20 – Junta de dilatação Transfex da ponte FHC.....	41
Figura 21: Planta Baixa das Comparações das Distâncias entre Vãos.....	46
Figura 22: Corte Transversal da Ponte.....	46
Quadro 1 – Classificação das juntas da ponte FHC segundo parâmetros estruturais.....	38
Quadro 2 – Classificação das juntas da ponte FHC segundo parâmetros funcionais.....	42
Quadro 3 - Quantitativo das Juntas.....	47

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVOS	13
1.3.1 Objetivo Geral	13
1.3.2 Objetivo Específico	13
2 REFERENCIAL TEORICO.....	15
2.1 TIPOS DE PONTES E VIADUTOS.....	15
2.1.1 Pontes em vigas.....	15
2.1.2 Vigas apoiadas sem balanço.....	15
2.1.3 Vigas apoiadas com balanço	15
2.1.4 Pontes de vãos contínuos.....	16
2.1.5 Pontes em arco.....	16
2.1.6 Pontes estaiadas.....	16
2.1.7 Pontes penseis.....	17
2.1.8 Pontes de balanços sucessivos.....	18
2.2 ELEMENTOS ESTRUTURAIS DE PONTES.....	19
2.2.1 Pilares.....	19
2.2.2 Vigas	19
2.2.3 Tabuleiros.....	19
2.2.4 Aparelhos de apoio.....	19
2.2.4.1 Aparelhos de apoios metálicos.....	20
2.2.4.2 Aparelhos de apoio de concreto.....	20
2.2.4.3 Aparelho de apoio com vinculação flexível.....	21
2.2.5 Juntas de dilatação.....	21
2.2.5.1 Juntas Abertas.....	22
2.2.5.2 Juntas Fechadas.....	22
2.2.5.3 Juntas Asfálticas.....	22
2.2.5.4 Juntas de Betume Modificado.....	23
2.2.5.5 Juntas de Compressão	23
2.2.5.6 Juntas em Fitas Neoprene.....	24
2.2.5.7 Juntas Elástica Expansível Nucleada Estrutural.....	24
2.2.5.8 Juntas de chapas deslizantes	25
2.2.5.9 Juntas dentadas.....	25

2.2.5.10 Junta de elastômero com chapas metálicas.....	26
2.2.5.11 Junta com Bandas Flexíveis de Elastômero (JBFE)	26
2.2.6 Patologias nas juntas de dilatação.....	27
2.2.7 Tipos de movimentações.....	28
2.2.7.1 Fluência.....	28
2.2.7.2 Retração	29
2.2.7.3 Efeitos da variação de temperatura.....	29
2.2.8 Pontes integrais e semi-integrais	29
2.2.9 Inspeção Especial	31
3. METODOLOGIA.....	32
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	32
3.2 CARACTERIZAÇÃO DAS JUNTAS EXISTENTES NA PONTE FHC.....	32
3.3 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA.....	33
3.4 DUPLICAÇÃO DA PONTE.....	33
3.5 DIRETIZES DE PROJETO.....	34
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
4.1 CARACTERIZAÇÃO DAS JUNTAS DA PONTE FHC.....	35
4.2 AVALIAÇÃO DAS JUNTAS.....	37
4.3 DUPLICAÇÃO DA PONTE FHC.....	44
5 CONCLUSÃO.....	48
6. REFERÊNCIAS.....	49

1 INTRODUÇÃO

Juntas de dilatação em pontes e viadutos são elementos que foram concebidos para garantir movimentação entre duas estruturas contínuas, sem que haja transferência de esforços entre elas, de maneira a resistir os movimentos causados pela variação de temperatura, retração e fluência da estrutura, além de garantir a estanqueidade da superestrutura, promovendo desta maneira a segurança rodoviária, ferroviária. (DNIT 091 – ES, 2006)

Ao se construir uma ponte, a junta de dilatação com um tempo pode se tornar um problema de patologia, pelo fato de sua vida útil ser menor do que a estrutura das obras de arte, necessitando de reparos em menores intervalos de tempo, elevando desta maneira o custo de manutenção das pontes e viadutos, uma vez que estão sujeitas ao desgaste contínuo e a fortes impactos de repetidas cargas móveis. De acordo com Mistry (2005), as juntas de dilatação podem ter um impacto significativo sobre o custo e desempenho da ponte ao longo de sua vida em serviço.

Sabendo dessas características das juntas de dilatação, o presente trabalho tem por finalidade estudar métodos a fim de reduzir tais problemas, seja utilizando outros tipos de juntas de dilatação e também realizar estudo buscando maneiras de reduzir as juntas.

Conforme as juntas de dilatação comecem a danificar podem causar um perigo eminente para os usuários, causando certos desconfortos ao tráfego pelo contato com o pneu, por muitas vezes serem executadas desniveladas com o pavimento. Desde então são desenvolvidas uma variedade de juntas, de forma que resistam à estanqueidade e esforços solicitados, com uma maior durabilidade.

Por esse motivo o trabalho tem importância pelo fato de adquirir maior conhecimento na necessidade da utilização de juntas de dilatação. No qual ocasiona manutenções e restaurações mais constantes, podendo gerar desconforto nos usuários pelas diversas patologias, como por exemplo trincas e buracos ao entorno, desnível em relação ao pavimento gerando impacto ao pneu do veículo, além da necessidade da interdição de algumas faixas de rolamento para necessidade de manutenção quando necessário, nesse sentido o presente trabalho torna-se importante para a sociedade, pois busca novas maneiras de projetos, visando a economia, durabilidade, além do conforto social.

Outra forma que vem sendo estudada é a construção de pontes e viadutos sem a necessidade das juntas de dilatação, com objetivo de diminuir certos desconfortos, no qual são chamadas de pontes integrais ou semi-integrais. Nessas pontes e viadutos, o tabuleiro é construído de forma contínua e integrado aos encontros, formando uma estrutura rígida. Nesse princípio, a variação de temperatura torna-se uma ação determinante no projeto, pois gera esforços de grande magnitude nas extremidades da ponte, na região do início e fim da estrutura com o terreno natural e nos pilares das extremidades. Devido as vantagens funcionais e aumento da durabilidade, atualmente em diversos países, pontes integrais tem se tornado uma boa alternativa. Soares (2011)

Sendo assim este estudo é de grande importância para engenheiros, pois possibilita obter maiores informações e diretrizes de projetos em estruturas de pontes e viadutos utilizando menos juntas de dilatação ou até mesmo sem a necessidade de utiliza-las, garantindo maior comodidade a quem trafega no local por não ter em nenhum momento diferença de níveis ou interrupções, pois são utilizadas lajes contínuas, que ainda tem possibilidade de garantir com mais eficiência a estanqueidade da estrutura, que muitas vezes pode ser comprometida quando utilizado juntas de dilatação. Procurando desta maneira proporcionar maior durabilidade sem necessidade de reparos ou manutenções.

Dessa forma, no seguinte trabalho será analisado uma possível duplicação da ponte Fernando Henrique Cardoso – TO, buscando diretrizes de projeto cujo tem por finalidade a redução de juntas de dilatação.

1.3 OBJETIVO

1.3.1 Objetivo Geral

Avaliar a necessidade atual de elaboração de projetos utilizando juntas de dilatação em ponte: caso da ponte FHC no Tocantins.

1.3.2 Objetivos Específicos

Vistoria e análise das juntas de dilatação da ponte Fernando Henrique Cardoso de acordo com a NBR9452/2016

Levantar os tipos de juntas de dilatação utilizados atualmente;

Elaborar pesquisa bibliográfica de autores sobre a necessidade das juntas de dilatação;

Apresentar diretrizes da duplicação da ponte FHC – TO buscando diminuir a quantidade de juntas de dilatação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Pontes e viadutos são também conhecidos como obras de artes especiais, construções que permitem interligar dois pontos não acessíveis separados por rios, vales ou outros obstáculos, possibilitando a passagem de automóveis, pessoas, canalizações, etc. Quando construída sobre rios seu tabuleiro é calculado de forma a permitir a passagem de embarcações, quando construído em meio seco costuma-se chamar de viadutos, comumente encontrados em grandes cidades por possibilitar mais mobilidade do no transito.

2.1 TIPOS DE PONTES E VIADUTOS

2.1.1 Pontes em vigas

De acordo Debs et al (2007) com se caracterizam por serem estruturas isostáticas, por apresentarem vinculações que não transmitem momentos fletores da superestrutura para infraestrutura. São divididas em dois grupos, vigas apoiadas sem balanço e vigas apoiadas com balanço.

2.1.2 Vigas apoiadas sem balanço

Segundo Cláudio (2010) pontes com vigas apoiadas em balanço podem ser projetadas por um único bloco ou uma sucessão de blocos, normalmente são empregados em estruturas cometidas com vigas pré-moldadas. São consideradas um tipo estrutural relativamente pobre, pois adequado um vão, existem poucas possibilidades de projetos para melhorar a distribuição de esforços. Por esse motivo dificilmente atendem vãos maiores que 50 metros.

2.1.3 Vigas apoiadas com balanço

Ainda segundo Debs et al (2007) nesse sistema de estrutura existem momentos positivos e negativos, possibilitando uma melhor distribuição de esforços solicitantes, pois ao introduzir momentos negativos, haverá uma diminuição de momentos positivos no meio do vão. Outra vantagem desse tipo de pontes, é que possibilita a eliminação do encontro com o solo. Porem recomenda-se que seja evitado balanços muito grande, para evitar vibrações excessivas nas extremidades.

2.1.4 Pontes de vãos contínuos

De acordo com Ishii (2006) as pontes de vãos contínuos, no qual não possuem juntas de dilatação, são habituais para vencer grandes vãos. Caso não haja restrição, recomenda-se fazer os vãos extremos cerca de 20% menores que os vãos internos, para assim os momentos fletores sejam aproximadamente iguais, proporcionando melhor distribuição das solicitações.

2.1.5 Pontes em arco

Sousa (2012), afirma que a estrutura em arco (figura 1) é resistente, cujo forma faz com que esteja submetida maioritariamente a esforços de compressão. No qual os arcos suportam grande parte das ações aplicadas nas estruturas e transmite para as fundações. Pontes em arco, por ter efeito da flexão reduzido, consegue vencer grandes vãos mesmo com uma estrutura esbelta, sendo construídas com vãos de até 300 metros

Figura 1: Ponte em arco



Fonte: <http://gigantesdomundo.blogspot.com.br/2012/04/ponte-em-arco-mais-alta-do-mundo.html>

2.1.6 Pontes estaiadas

Pontes estaiadas como pode ser representada na figura 2, consiste em pontes no qual são apoiadas por vigas que consequentemente são apoiadas por estais que trabalham em compressão, segundo Cláudio (2010, pq 7),

pontes estaiadas consistem basicamente na suspensão do tabuleiro de uma ponte através de cabos ancorados ao topo de torres ou ao longo destas. Este tipo de ponte possui um elevado grau de hiperestaticidade, podendo-se comparar o tabuleiro a uma viga apoiada em apoios elásticos. Este tipo de solução é capaz de vencer vãos da ordem de várias centenas

de metros com seções de tabuleiro muito esbeltas, sendo elevado o número de combinações de seus elementos, visto que estes possuem várias possibilidades de geometrias, formas e disposições.

Figura 2: Ponte estaiada



Fonte: CLAUDIO, 2010, pg 51

2.1.7 Pontes penseis

Também conhecidas como pontes suspensas por serem sustentadas por vários cabos metálicos atirantados, ligados a cabos maiores ou barras articuladas, no qual são tracionados, apoiados nas torres de sustentação sofrendo compressão e ancorados nas extremidades. Possibilitam grande vãos como pode-se analisar na figura 3, por isso quando sujeita a grandes cargas de vento, apresenta movimentos nos tabuleiros que pode tornar o tráfego desconfortável ou até mesmo perigoso, necessitando projetar tabuleiros com elevada rigidez à torção para minimizar tais efeitos. Lobato (2014)

Figura 3: Ponte pênsil



Fonte: <http://www.grupoorguel.com.br/blog/maiores-pontes-penseis-mundo/>

2.1.8 Pontes de balanços sucessivos

Como o próprio nome já diz, são pontes com dois balanços sucessivos, de acordo com Tarracata (2009), a ponte deve conter ao menos dois pilares, no qual a estrutura é concretada em etapas a parti dos pilares de cada lado, até se encontrarem no meio do vão. São construídas em aduelas geralmente de 3 a 6 metros, que podem ser pré-moldadas ou moldadas in loco, sendo interligadas entre si por meio de protensão. São pontes utilizadas para vencer grandes vãos, substituir quando há a necessidade de utilizar pilares altos e quando há dificuldade de escoramento, tem por objeto eliminar os cimbramentos. (Figura 4)

Figura 4: Ponte de balanços sucessivos



Fonte: Rondoniagora, 2010, pg 2

2.2 ELEMENTOS ESTRUTURAIS DE PONTES

Segundo Silva (2003), os elementos estruturais de pontes e viadutos são estruturas responsáveis por atender as necessidades de requisitos em segurança, utilização, corrosão e fadiga. Garantindo o perfeito funcionamento da obra durante sua vida útil.

2.2.1 Pilares

É um elemento estrutural, normalmente construído na vertical, por receber esforços nessa direção. Faz parte da mesoestrutura de uma ponte e é responsável de transmitir os esforços da superestrutura através dos aparelhos de apoio para as fundações. As formas geométricas mais comuns são retangulares, quadrados ou circulares. Santos (2014)

2.2.2 Vigas

De acordo com Debs et al (2007), no tabuleiro de uma ponte de vigas, identifica-se dois tipos, vigas longitudinais (também identificadas de longarinas ou principais), e vigas transversais (também identificadas com transversinas). É um componente horizontal que resiste a cargas verticais sobre sua extensão provindas das lajes e posteriormente transmitido aos pilares verticais sobre sua extensão.

2.2.3 Tabuleiros

Segundo Ishii (2006), tabuleiro é parte da superestrutura da ponte, é o pavimento, responsável por transmitir os esforços de circulação das cargas moveis para a mesoestrutura. Geralmente são feitas em concreto armado ou concreto protendido. Quando os tabuleiros são muitos largos, os momentos fletores transversais e torçores podem superar os momentos fletores longitudinais, causados principalmente pela assimetria das cargas moveis. Deve-se levar em consideração projetos de tabuleiros com grande resistência e rigidez à torção.

2.2.4 Aparelhos de apoio

De acordo com o catálogo da Rudloff (2015), aparelhos de apoio são elementos fundamentais para a movimentação natural existente em estruturas de pontes e viadutos, devidos a retração e dilatação da estrutura, responsáveis por transmitir esforços entre superestrutura a mesoestrutura. São necessários para atender as condições de estabilidade e movimentação prevista em projetos ao longo de toda a

vida útil da estrutura. Devido sua relevância, estes aparelhos são peças que requerem cuidados especiais para garantir correto funcionamento e durabilidade.

Cordeiro (2014, pg 5), descreve que os aparelhos de apoio, mesmo com a tecnologia atual ainda tem pendências com a vida útil,

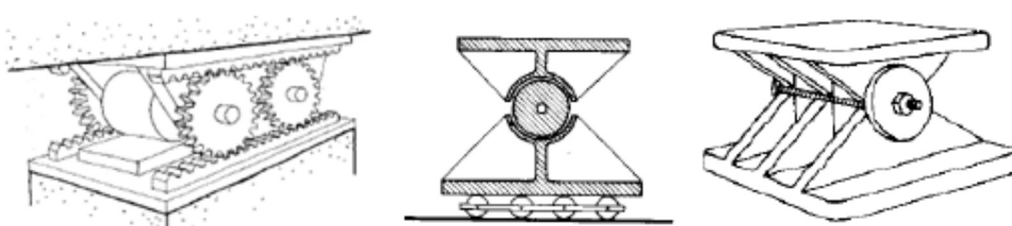
o movimento é um elemento inevitável quando se aborda o tema das estruturas, principalmente em pontes. De modo a suportar os movimentos e assegurar a transmissão de cargas foram implementados os Aparelhos de Apoio (AA). Apesar do avanço tecnológico que estes sistemas têm sofrido, a sua vida útil é ainda inferior à vida útil das pontes.

2.2.4.1 Aparelhos de apoios metálicos

São apoios que podem ser obtidos através da combinação de chapas e roletes metálicos. Necessitam de manutenção periódica, pois a sujeira e a corrosão do metal podem prejudicar o seu funcionamento correto. Em casos que há articulações fixas, as chapas apresentam cavidades usinadas e lubrificadas onde se encaixa o rolete. Outro caso em que pode se adotar apoios metálicos é combinando duas chapas, uma de superfície plana e outra com superfície curva e convexa. (CHIMUAGA, 2015)

Outro tipo de aparelho de apoio metálico e o de esferas ou cilíndricos, segundo Cordeiro (2014), permitem movimentação tridimensional pois são projetados para cargas verticais, horizontais e laterais muito altas, e também para grandes deslocamentos de rotação. São formados por uma chapa côncava e outra convexa, instaladas sobre superfícies de deslizamento planas que permitem a movimentação da superfície convexa sobre a côncava. O sistema considera atrito desprezível nas superfícies de deslizamento e esféricas no qual permite a rotação.

Figura 5: Aparelhos de apoios metálicos



Fonte: CORDEIRO, 2014, pg 17

2.2.4.2 Aparelhos de apoio de concreto

Segundo Machado (2010), são aparelhos que tem uma vantagem dentre os demais pelo fato que são construídos junto com a própria estrutura, dessa maneira, utilizando os mesmos materiais. Suportam grandes solicitações, até mesmo maiores

que os demais tipos de apoio. Porém vem cada vez mais caindo em desuso, pelos diversos cuidados a ser tomar.

De acordo com a Norma DNIT 091– ES (2006, pg 4), aparelho de apoio em concreto apresenta algumas desvantagens e deve-se tomar certos cuidados para permitir seu perfeito funcionamento. Informa que

a articulação, permite uma reduzida rotação da superestrutura, deve ser mantida limpa e desimpedida de detritos; a articulação, se convenientemente executada, não se degrada, mas pode provocar fissuras, trincas e quebras de cantos de suportes mal dimensionados e com fretagem deficiente.

2.2.4.3 Aparelho de apoio com vinculação flexível

Segundo o Ministério de Transporte - MT, aparelhos de apoio flexíveis são de materiais elastoméricos, materiais de borracha natural ou sintética, o mais usual é o neoprene, por apresentar boas características. É um material que não necessita de tantas manutenções, porém necessitar ter cuidados no assentamento na instalação para não ocorrer cargas concentradas em certos pontos.

Para garantir que o material utilizado seja resistente suficiente para suportar os esforços de cargas do projeto, Cordeiro (2014, pg 25) diz que os materiais

são submetidas a operação através da qual são criadas ligações entre as macromoléculas de um elastômero. Desta forma o elastômero, que à partida se apresenta como uma massa fraca, muito plástica e sem propriedades mecânicas, é transformado num produto forte, resistente e com boas características elásticas.

2.2.5 Juntas de dilatação

Segundo a norma do DNIT 092/2006 – ES, junta de dilatação é um afastamento físico entre dois membros de uma estrutura, no qual o afastamento possibilita a movimentação dos membros através da dilatação e retração sem transmissão de esforços entre eles. Além disso, precisam garantir a transição suave entre os membros da estrutura e também entre a ponte ou viaduto e o acesso.

Campos (2016, pg 1), define junta de dilatação como,

um dos elementos que compõem a superestrutura das pontes e viadutos rodoviários, esta apresenta espaço a ser ou não preenchido por material elástico, que possui a função de absorver os movimentos provocados por dilatações e retrações dos materiais envolventes. São aplicadas em diversas obras da construção civil.

De acordo com a empresa especializada em juntas de dilatação, a Uniontech informa que as juntas de dilatação em obras de arte estão em constante trabalho, em fator da retração e dilatação da estrutura. Justamente por isso, os materiais utilizados

nas aplicações das juntas necessitam ser de boa elasticidade. Comumente quando utilizado matérias de borracha nas juntas em pontes e viadutos são de materiais do tipo neoperene, EPDM (borracha de etileno-propileno-dieno) e nitrílica.

2.2.5.1 Juntas Abertas

De acordo com Ferreira (2013), o não preenchimento do vão entre duas vigas em estrutura, são chamados de juntas abertas, onde permitem a livre passagem de detritos e água. Comprometem a durabilidade dos apoios pelo fato dos constantes impactos das rodas dos veículos com os cantos das juntas, reduzindo a vida útil. As faces são em betão e podem ou não ter proteção. Tais juntas tem reforço nas bordas da estrutura, onde advém de instalação de guardas-cantos, em perfis metálicos de cantoneira ancorados ao betão e de uma armadura adicional.

Ainda segundo Ferreira (2013), quando surge patologias nas juntas abertas sem proteção, a recuperação pode ser feita com argamassa poliméricas de alta resistência, sendo necessário interditar o tráfego até a cura da argamassa. Já a reabilitação das juntas com proteção, passa por demolição e reconstrução de um certo trecho da laje de concreto e a instalação de novas cantoneiras amarradas com novos parafusos, onde devem ser utilizados comprimentos menores que 2,00 metros. Assim como nas juntas sem proteção deve-se atentar para o tempo necessário de cura.

2.2.5.2 Juntas Fechadas

A norma do DNIT 092/2006 – ES, informa que existem vários tipos de juntas de dilatação fechadas, por serem mecanismos de grande importância, pois possibilitam a vedação das estruturas impedindo infiltração de água e detritos. Há também variáveis tipos, pois a cada momento procura-se melhorias, buscando principalmente vida útil maior, consequentemente menos manutenção. Dentre todas, será apresentado alguns mais relevantes.

2.2.5.3 Juntas Asfálticas

Para Lima (2009), juntas asfálticas eram muito utilizadas outrora, onde sua utilização hoje é bem reduzida. Empregada geralmente para tabuleiros de pequenas dimensões, pois permitem movimentações somente de até 10 mm. Consistem em placas metálicas apoiadas diretamente entre dois trechos da superestrutura, com cerca de 30 cm de largura e espessura igual à do pavimento. Por se contrair e dilatar constantemente o material flexível com o tempo pode apresentar fissuras no

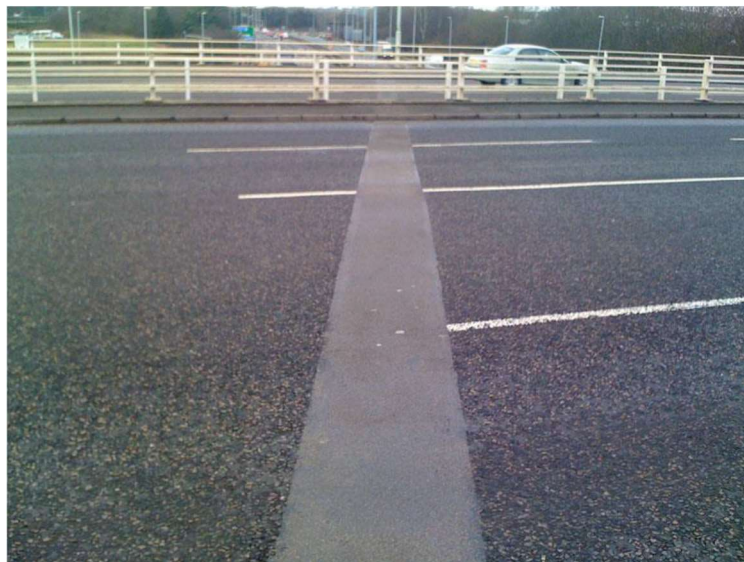
pavimento, podendo danificar a estrutura com o passar do tempo. Para evitar tal acontecimento é recomendado incluir mantas de geotêxtil na execução.

2.2.5.4 Juntas de Betume Modificado

De acordo com Lima e Brito (2009), nas juntas de betume modificado (figura 6), são acrescentados materiais no asfalto (betume), tais como elastômeros e agregados siliciosos ou basálticos, aplicados em uma mistura a quente com cerca de 25% disposta no torço do pavimento. Dessa forma características como flexibilidade, elasticidade e ductilidade, no qual são essenciais para manter em boa performance as juntas é mais facilmente atendida e prolongada sua vida útil. Utilizadas em estruturas de pequenas dimensões, por não exceder 25mm de amplitude.

Segundo Ferreira (2013), é geralmente executada com larguras de 300 mm a 750 mm, variando de acordo o projeto como pode-se visualizar na figura 6. E após escolher a projeto mais adequado, instala uma chapa metálica para melhor distribuir as tensões e deformações na mistura betuminosa aplicada no torço do asfalto, no qual deve ser preenchido por camadas e no final realizar compactação e selagem superficial. Com objetivo de garantir uma certa rugosidade, é espalhado areia siliciosa gerando mais aderência do pavimento com o pneu do automóvel.

Figura 6: Juntas de betume modificado



Fonte: FERREIRA, 2013, pg 17

2.2.5.5 Juntas de Compressão

Junta de dilatação a compressão consiste em um perfil contínuo e alveolar de borracha natural ou neoprene, presos em cantoneiras de metal ou blocos íntegros de

concreto que protegem os cantos das juntas. É utilizada em variados tipos de estruturas, no qual permite movimentações entre 15 a 50 mm. (PINHO, 2011)

Além disso, Pinho (2011) informa que o perfil alveolar do bloco de borracha natural ou neoprene é aplicado entre duas estruturas da obra de arte especiais (figura 7), permitindo movimentações causadas por diversos esforços, trabalhando sempre sobre compressão independentemente dos movimentos causados, podendo voltar ao seu estado original. Ao verificar a perda da sua elasticidade ou deslocamento devem ser trocados, para garantir a integridade da estrutura.

Figura 7: Juntas de Compressão



Fonte: LIMA, 2009, pg 39

2.2.5.6 Juntas em Fitas Neoprene

Segundo a norma do DNIT 092/2006 – ES, estas juntas são apoiadas em dois blocos de concreto de alta resistência, fixados nas extremidades da superestrutura, com acabamentos adequados para encaixar a fita de neoprene continuamente sobre a junta. Ainda que sejam instaladas com um nível inferior ao pavimento, para não serem atingidas diretamente por impactos causados pelas rodas dos veículos, são de vida útil reduzidas e devem ter manutenções preventivas.

“Constatada a ruptura da fita de neoprene, ela deve ser substituída por outra igual; se a manutenção continuar sendo precária deve ser estudado outro tipo de junta, mais durável.” (NORMA do DNIT 092/2006 – ES)

2.2.5.7 Juntas Elástica Expansível Nucleada Estrutural

Conhecida como JEENE, é uma técnica complexa, mas de simples instalação, um caso especial de junta de compressão formada por três elementos: perfil elastomérico, adesivo e pressurização. Na camada elástica utiliza-se comumente policloropreno ou neoprene, tem características de dureza e alongamento que pode ser dimensionada segundo a necessidade de cada caso. O adesivo é de natureza epóxi de alto desempenho para assegurar a ligação da câmara elástica nas bordas

da junta. Posteriormente na instalação é executado a partir de ar comprimido e válvulas a pressurização, comprimindo o adesivo para proporcionar boa aderência. (FERREIRA, 2013)

2.2.5.8 Juntas de chapas deslizantes

Segundo Pinho (2011), são juntas constituídas por duas chapas metálicas fixadas em cantoneiras presas na superestrutura que deslizam uma sobre a outra, ou podem ser dentadas deslizando ao mesmo nível, constituída por pentes metálicos. Nas placas metálicas sobrepostas deve levar em consideração que a placa superior necessita ser a primeira a ter contato com o pneu, para evitar patologias. Para ser considerada junta fecha é necessária fita de neoprene para captar água que penetra pela abertura.

2.2.5.9 Juntas dentadas

Conhecidas também como “finger joint”, são juntas constituídas por chapas metálicas fixadas em lados distintos, funcionando em consola. Na outra extremidade das chapas, encontra-se saliências intercaladas e se encaixam de acordo com a retração e dilatação da superestrutura. É indicado para pontes e viadutos com tráfego pesado e extensas, com grandes distancias entre juntas, por proporcionar boa resistência e movimento horizontais de até 500 mm. As juntas dentadas trabalham em balanço e são construídas em forma geométrica, retangular ou triangular como pode observar na figura 8, e assim como as juntas de chapas metálicas deslizantes necessita de dispositivos afim de coletar água que penetre por dentre os dentes. (PINHO, 2011)

Figura 8: Juntas dentadas retangular e triangular



Fonte: LIMA, 2009, pg 37

2.2.5.10 Junta de elastômero com chapas metálicas

Segundo Pinho (2011, pg 18), é

conhecida como juntas do tipo Transflex, são constituídas por módulos elastômero e chapas de aço dispostas em planos horizontais. Esses módulos têm recortes a que permitam a deformação da junta. As chapas metálicas (fretagens) conferem a junta a rigidez e a resistência necessárias a transmissão das cargas do tráfego.

De acordo com a norma do DNIT 092/2006 – ES são juntas de alto custo, devendo ser utilizadas apenas quando houver necessidade de grandes movimentações, mas por outro lado, tem vida útil maior quando comparado com as demais e também como são fabricadas em módulos de 1 m cada, possibilita quando necessário, trocar apenas a peça danificada.

2.2.5.11 Junta com Bandas Flexíveis de Elastômero (JBFE)

As juntas com bandas flexíveis de elastômero, resumem-se a fixar uma banda de elastômero nos bordos laterais da junta, através de elementos rígidos constituídos por blocos de elastômero armado (Figura 9), ou perfis metálicos de aço/alumínio (Figura 10).

Figura 9: JBFE fixada em blocos de elastômero armado

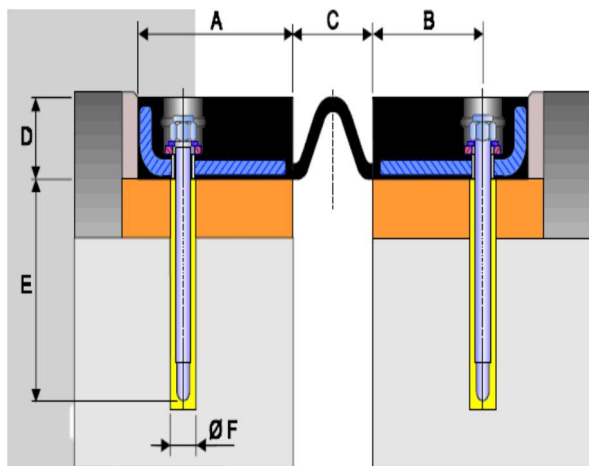
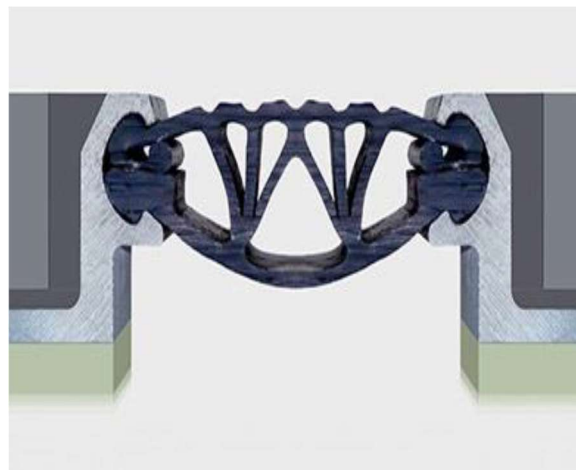


Figura 10: JBFE fixada em perfil Metálico



Fonte: FERREIRA, 2013, pg 24

Segundo Ferreira (2013), os blocos de elastômero armado são um elemento único, constituído pelos blocos e bandas de elastômero fixados à estrutura subjacente, através de pernos de ancoragem, sendo que a continuidade do pavimento é assegurada através de bandas de transição de argamassa.

Ainda de acordo com Ferreira (2013), o comprimento de influência para perfis metálicos, prevê-se ser para estruturas de betão armado pré-esforçado até 60 m, para estruturas mistas até 100 m e para estruturas metálicas até 125 m. Relativamente aos blocos de elastómero armado, prevê-se para estruturas de betão armado pré-esforçado até 90 m, para estruturas mistas até 140 m e para estruturas metálicas até 175 m.

Tavares (2013) afirma que as bandas de elastómero são muito sensíveis e de curta duração. Como tal, é necessária uma manutenção frequente e cuidadosa. Quando constatado a ruptura da banda, deve proceder-se à sua substituição. No entanto, se a ruptura passar a ser frequente, deve ser estudado outro tipo de junta que ofereça melhores garantias

2.2.6 Patologias nas juntas de dilatação

Segundo Helene (2003), patologia pode ser definida como a parte da engenharia que estuda os sintomas, os mecanismos, as causas e as origens dos danos das obras civis, visando o diagnóstico do problema

De acordo com Tejedor (2013), as juntas de uma ponte podem ser afetadas por dimensionamento incorreto das juntas, não prevendo adequadamente possíveis expansões ou retrações do concreto, pode ser afetada também por impactos de veículos pesados, ou até mesmo pelo desgaste ou ausência do material da junta, originados pelo uso ou por uma má conservação.

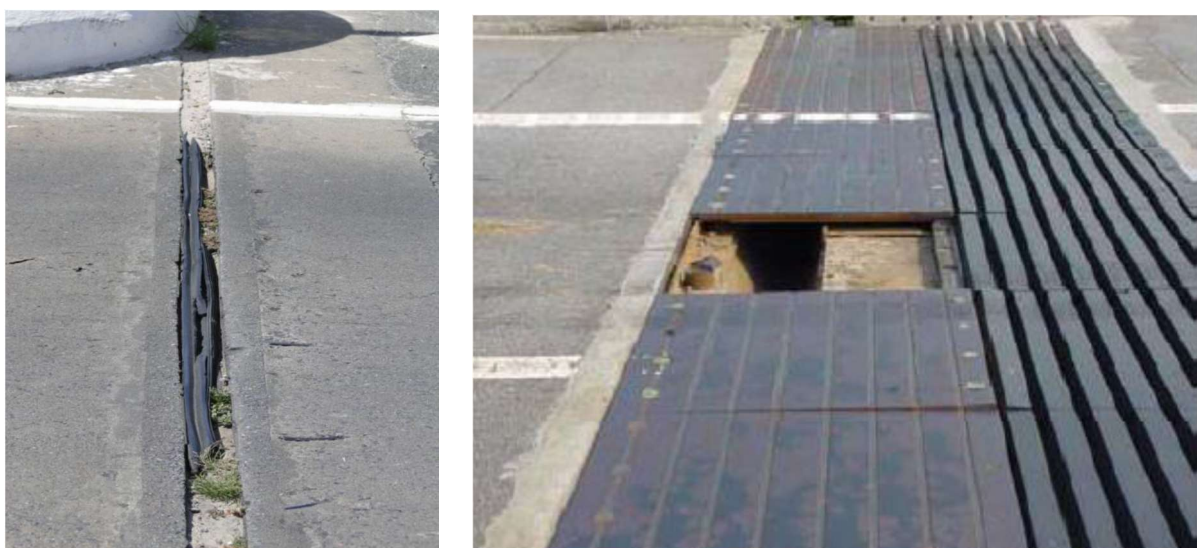
Segundo Baltimore (2005) as patologias mais constantes em juntas, constitui-se no problema de corrosão, por ter problemas encontrados na estanqueidade da estrutura. Onde as juntas e vedações quando com defeito permitem o escoamento de águas de superfície para atacar as extremidades da viga, rolamentos e suporte de concreto armado da superestrutura. Tal problema é decorrente muitas vezes por falha na instalação e também na ausência de manutenções preventivas.

De acordo com Oesterle (2014), ao longo dos anos, muitos tipos de juntas, foram utilizadas em pontes rodoviárias para acomodar movimentos. As características desejáveis de uma junta de dilatação além de absover alongamentos são a estanquidade, facilidade de condução, baixo nível de ruído, resistência ao desgaste e resistência aos danos causados pelas lâminas de neve. Porém os desempenhos reais de muitos sistemas, no entanto, são decepcionantes quando submetido ao tráfego,

tipicamente falham em um ou mais aspectos importantes, notadamente estanqueidade.

Baltimore (2005) diz que juntas é um dos aspectos mais importantes do projeto, podem afetar a vida da estrutura, elevar custos de instalação e manutenção. Afirma que as corrosões são comumente encontradas nas juntas (figura 11), problema que envolve vazamento por permitem água da superfície da estrada infiltrar as extremidades da viga, rolamentos e subestruturas de betão armado e articulações. As estruturas ficam cheias de sujeiras, pedras e lixo, e por fim deixam de funcionar caso não haja manutenção, que por muitas vezes são negligenciadas.

Figura 11: Patologias em juntas de dilatação



Fonte: FERREIRA, 2013, pg 55

2.2.7 Tipos de movimentações

2.2.7.1 Fluência

Para Metha et al (2008), fluência é o fenômeno onde ocorre o aumento gradual da deformação de uma estrutura de concreto quando está submetido a um estado de tensões constante ao longo do tempo. O crescimento da deformação da estrutura por fluência é elevado nos períodos iniciais, imediatamente posterior a aplicação de carregamentos, diminuindo com o passar do tempo, até o momento de se estabilizar com deformação máxima.

Segundo Sousa (2014), a fluência é um elemento complexo, e existem possíveis causas desse fenômeno. Dentre elas, a perda de água adsorvida pelo cimento, que devido à tensão de confinamento provocada pela carga aplicada, parte

da água é expulsa da mistura de cimento. Outra forma é pela deformação do agregado, no qual a carga imposta ao concreto é transferida gradativamente para o agregado, e a medida que o agregado é pressionado, este se deforma elasticamente, provocando deformações na estrutura.

2.2.7.2 Retração

De acordo com Pinho (2011), retração é definida como a diminuição do volume de um elemento de concreto ao longo do tempo sem a ação de um carregamento e a temperatura constante, que se deve à perda de água que não foi consumida na hidratação do cimento. Essa redução de volume está associada a processos físico-químicos relacionado com a variação de umidade interna ou externa.

Segundo Sousa apud Gilbert (2011), é possível segmentar a deformação por retração em quatro componentes: plástica, química, térmica e por secagem. A retração plástica ocorre quando a mistura de concreto ainda está viscosa. A retração química ocorre com primeiros dias a parti do lançamento do concreto devido às reações químicas no concreto, influenciada pelo grau de hidratação. A retração térmica ocorre nas primeiras horas, durante a dissipação do calor provocado pela reação exotérmica na pasta de cimento. E a retração por secagem representa a diminuição de volume devido à perda de água.

2.2.7.3 Efeitos da variação de temperatura

De acordo com Soares (2011), a variação de temperatura é um fator determinante em projeto, pois gera esforços de grandes magnitudes nas extremidades da ponte. Devendo-se assim necessário uma análise da estrutura e considerando a interação solo-estrutura. A variação de temperatura é diária e entre estações anuais, no que resulta em imposição de descolamentos horizontais nos tabuleiros contínuos de pontes. Quanto maior for o comprimento entre vãos de uma ponte, maiores são os movimentos cíclicos induzidos pela variação de temperatura.

2.2.8 Pontes integrais e semi-integrais

Segundo Onsa et al (2015), O conceito de ponte integral foi desenvolvido pelo menos desde 1930 para resolver problemas estruturais de longo prazo que podem ocorrer com projetos de pontes convencionais. Devido à limitação das fontes de financiamento para a manutenção de pontes, é desejável que seja estabelecido

eliminação das juntas de dilatação o máximo possível e convertendo pontes com articulações problemáticas para o projeto sem juntas, tornando-as integrais.

De acordo com DNER – Manual de Projetos de Obras de Arte Especiais (1996), pelo fato das juntas de dilatação apresentarem vida útil limitada e de substituição difícil e por muitas vezes adiada no qual apresentam várias patologias, devem ser evitadas sempre que possível em pontes e viadutos, ou pelo menos, limitadas o máximo possível para evitar tais problemas.

Ainda segundo DNER – Manual de Projetos de Obras de Arte Especiais (1996, p. 63),

as juntas de dilatação têm alguns inconvenientes sérios, entre os quais estão a criação de cantos vivos que se danificam com o tráfego pesado, a quebra da continuidade da pavimentação, a obrigatoriedade de manutenção especial para remoção de detritos que tendem a se acumular nas juntas e a possibilidade de infiltração de águas pluviais contaminadas, que apressam a deterioração dos aparelhos de apoio e dos topos dos pilares.

Oesterle (2014), diz que pontes sem juntas têm vantagens de melhorar a qualidade da rigidez, cargas de impacto, e continuidade estrutural para carga viva e resistência sísmica. Em estruturas de obra de arte especiais sem juntas de dilatação, no entanto, são necessárias considerações especiais para esforços de movimento e/ou retenção. De deformação, retração e tensões térmicas na concepção e detalhamento das lajes, pilares e lajes de aproximação. A filosofia de projeto geral é criar flexibilidade nas estruturas de suporte para na medida do possível, fornecer esforços suficientes para as forças de retenção que não podem ser completamente eliminadas. (Figura 12)

Figura 12: Ponte integral de Happy Hollow Creek, Tennessee, EUA



Fonte: BURKE, 2009, pg 38

Segundo DNER (1996), em estruturas de pontes contínuas, deve-se considerar aparelhos de apoio especiais, no qual permitem grandes movimentos, possibilitando a eliminação das juntas de dilatação em muitas construções de grande comprimento. Em pontes integrais ou semi-integrais, construídas em vigas pré-moldadas a utilização das lajes elásticas permitem uma redução substancial de juntas. Quando houver necessidade de juntas, deverão ser escolhidas em função da movimentação prevista em projeto.

2.2.9 Inspeção Especial

A inspeção especial deve ser pormenorizada e contemplar mapeamento gráfico e quantitativo das anomalias de todos os elementos aparentes e/ou acessíveis da OAE, com o intuito de formular o diagnóstico e prognóstico da estrutura. Pode ser necessária a utilização de equipamentos especiais para acesso a todos os componentes da estrutura, lateralmente e sob a obra e, se for o caso, internamente, no caso de estruturas celulares. A inspeção especial deve ter uma periodicidade de cinco anos, podendo ser postergada para até oito anos.

A inspeção especial segue um passo a passo para ser realizada, no qual consiste em:

- Relatório I: consiste em descrever a localização e o tipo de obra, assim como o meio agressivo que está inserida. Deve-se informar a data, realizar documentação fotográfica, mapeamento de anomalias, entre outros, além de realizar croqui.
- Relatório II: realizar diagnóstico: análise de cada anomalia, identificando sua provável origem (como falhas de execução, desgastes decorrentes do uso), procedendo a uma análise crítica da estrutura de forma a obter-se um diagnóstico final;
- Relatório técnico complementar: A inspeção especial deve apontar a necessidade de relatórios técnicos complementares por especialista, bem como as justificativas para tais serviços. Esses relatórios complementares podem conter análises estruturais com memória de cálculo, estudos hidráulico-hidrológicos, instrumentações específicas para monitoramento da estrutura, entre outros.
- Ficha resumo: deve-se ser elaborada a ficha resumo de acordo com a norma ABNT NBR 9452:2016 – Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto – Procedimento.

3. METODOLOGIA

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado na ponte FHC, que é uma obra rodoviária, localizada no estado do Tocantins, na TO - 080 sobre o rio Tocantins, assim como mostra na figura 13, mais precisamente sobre o lago formado pela usina hidrelétrica de Lajeado. Liga o município de Palmas ao distrito de Luzimangues em Porto Nacional além de Paraíso, é também uma alternativa de trajeto para a BR – 253. A obra é constituída por quatro aterros e três pontes, no qual a ponte mais extensa tem um quilometro de comprimento e possibilita a passagem de grandes embarcações, as demais tem cem metros cada. De acordo com coordenada geométrica se localiza a 10°11'06,4" S e 48°24'08,5" W.

Figura 13 – Imagem da ponte FHC



3.2 CARACTERIZAÇÃO DAS JUNTAS EXISTENTES NA PONTE FHC

Para a caracterização das juntas, foi realizado uma visita técnica na Ponte FHC – TO, procedendo-se de tal forma a uma análise do comprimento total da ponte, largura, e foi descrito os tipos de juntas de dilatação adotadas na estrutura, verificou o estado de conservação atual de cada uma delas, conforme a norma ABNT NBR 9452:2016 Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto - Procedimento. Constituiu também em quantificar e medir o espaçamento dos vãos entre cada junta,

buscando avaliar a necessidade da utilização de juntas de dilatação nessa ponte, com intuito da realização de novos projetos buscando a redução das juntas.

A visita foi composta por três pessoas para melhor atender os objetivos e proporcionar maior precisão nas medições, no qual foi medido por trena aberta de 100 m para medidas de trechos menores como largura da via de rolamento automotor, largura total da ponte, largura e afastamento entre as juntas, e para maiores extensões como comprimento de cada ponte e cada aterro utilizou-se GPS.

Constituiu também em um relatório fotográfico, no qual as fotos de cada elemento da estrutura foram descritas e enumeradas, visando com ênfase as juntas de dilatação constituintes da superestrutura. Além do relatório fotográfico e das medições, foi elaborado em campo um croqui da ponte, para poder representar melhor os dados coletados.

3.3 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

Buscando reduzir a quantidade de juntas em uma estrutura de pontes e viadutos pelos diversos problemas já citado, esse trabalho foi baseado em uma vasta pesquisa bibliográfica, através de publicações de trabalhos de conclusão de curso, mestrado e doutorado, em artigos, livros e catálogos de empresas especializadas na área, incluindo referências bibliográficas nacionais e também do exterior, para aprimorar o estudo, pelo fato de que no Brasil ainda é pouco difundida a ideia de pontes integrais ou semi-integrais.

Em casos que seja imprescindível a utilização de juntas, estas deverão possibilitar maior mobilidade horizontal para poder acomodar tais esforços. Para tanto será feito um levantamento bibliográfico em busca dos tipos das juntas de dilatação comerciais existentes através de dados técnicos, buscando compreender as especialidades, funcionamento e características de cada modelo, para poder chegar a conclusão na qual seria mais viável quando não for possível o projeto de pontes e viadutos integrais.

3.4 DUPLICAÇÃO DA PONTE

Devido à crescente demanda, para proporcionar maior mobilidade no tráfego na ponte FHC tem-se como possibilidade a duplicação da mesma. Para tanto, deverá ser realizado um projeto diferente do já existente, por não proporcionar mais a possibilidade de ter aterros ao longo de seu comprimento, o que implicaria em uma

grande estrutura de obra de arte especial. No qual o trabalho apresenta proposta para o projeto.

3.5 PROPOSTAS DE PROJETO

Para apresentar diretrizes de projeto pensando na duplicação da ponte FHC, que por se tratar de uma ponte com extensão de aproximadamente oito quilômetros, não há a possibilidade de ser integral, porém o trabalho apresentara opções para reduzir a quantidade de juntas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERIZAÇÃO DAS JUNTAS DA PONTE FHC

Após a visita técnica realizada em loco na ponte FHC, foi possível observar e avaliar alguns dos elementos estruturais mais importantes, com ênfase nas juntas de dilatação.

A ponte é composta por dois tipos de vigas, de aço e concreto armado, no qual as vigas em aço estão presente em 18 vãos da ponte, sendo dois deles com comprimentos de 42,60 metros localizados nas extremidades em contato com o aterro e 16 vãos com 43,00 metros. A viga em estrutura de concreto armado está presente em apenas um vão com comprimento de 269,00 metros, sendo este o vão intermediário que possibilita a passagem de embarcações de grande porte.

Totalizando a ponte FHC tem 1042,20 metros de extensão, no qual é composta com duas faixas de rolamentos em sentidos contrário, cada uma com 3,50m de largura, mais um metro de acostamento em cada faixa, além de duas passarelas de pedestres em cada extremidade da estrutura, separadas por guarda rodas, uma sendo de 1,24m e outra de 2,25m, totalizando uma largura de 13,07m.

Existem dois tipos de juntas de dilatação na ponte Fernando Henrique Cardoso, uma delas é a de fita neoprene, que na ponte tem um total de 18 unidades, onde foram distribuídas de forma a atender distância dos vãos de 43 metros.

As juntas de dilatação em fitas neoprene consiste em uma borracha de neoprene apoiadas em dois blocos de concreto de alta resistência ou estrutura metálica, fixados nas extremidades da superestrutura, com reentrâncias adequadas para receber a fita de neoprene continuamente sobre a junta, como pode ser observado nas figuras 14 e 15.

Figura 14 – Junta em fita neoprene da ponte FHC



Fonte: Autor

Figura 15 – Junta em fita neoprene representativa



Fonte: Costa (2015)

Ainda que sejam instaladas com nível inferior a pista de rolagem, para não serem atingidas diretamente por impactos causados pelas rodas dos veículos, são de vida útil reduzidas por serem bastante sensíveis, necessitando de manutenção frequente e cuidadosa para evitar o acúmulo de detritos que acabarão por colocar a fita de neoprene em contato direto com as rodas dos veículos.

Quando constatado a ruptura da fita, deve proceder-se à sua substituição, porém, caso a ruptura passe a ser frequente deverá ser substituída por outro tipo de junta que lhe ofereça melhores garantias. São juntas que permitem pouca movimentação, no máximo de 50mm, não sendo recomendada para instalação em obras de artes especial de grandes vãos.

O outro tipo de junta de dilatação existente na obra de arte especial em questão é a de elastômeros com chapas metálicas, que na ponte existem apenas duas delas, no qual são localizadas no ponto intermediário e atendem a distância de vão igual a 269 metros.

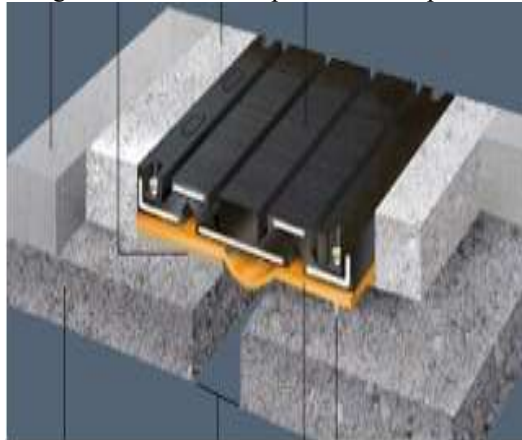
As juntas de elastômero com chapas metálicas são também conhecidas como juntas do tipo transfex, constituídas por monobloco de composto elastômeros estruturados internamente por chapas de aço fretantes dispostas em planos horizontais, (Figura 16 e 17). As movimentações destas juntas são facilitadas por reentrâncias existente nas faces superior e inferior da junta, devendo as faces superiores permanecer mantidas livres de detritos, para não prejudicar a movimentação e garantir a vida útil estabelecida em projeto.

Figura 16 – Junta do tipo Transfex da ponte FHC



Fonte: Autor

Figura 17 – Junta do tipo Transfex representativa



Fonte: Gomez (2014)

As chapas metálicas conferem a junta a rigidez e a resistência necessárias a transmissão das cargas do tráfego. As juntas são fixadas por parafusos em berços de concreto, no qual devem ser bem dimensionadas, bem assentadas e deve ter manutenções adequadas, para poder oferecer utilização durável e de boa qualidade.

São juntas de alto custo devendo ser utilizadas apenas quando houver necessidade de grandes movimentações, pois permitem grandes movimentações e vida útil maior ao comparar com as demais. São fabricadas em módulos de 1,00 metros de comprimento, permitindo recuperações parciais.

Mesmo sendo de alta resistência e grande durabilidade, existem manifestações patológicas corriqueiras. As mais comuns são trincas e fraturas nos berços, parafusos defeituosos ou desapertados, desgaste excessivo, rasgos e vazamentos.

4.2 AVALIAÇÃO DAS JUNTAS

Posteriormente a visita realizada na ponte sobre o rio Tocantins e com a utilização de parâmetros da norma ABNT NBR 9452:2016 como referência, foi possível classificar os critérios estrutural e funcional das juntas de dilatação existentes, além da gravidade dos problemas detectados, de acordo com a inspeção especial.

A classificação da obra de arte especial consiste da atribuição de avaliação de sua condição, que pode ser excelente, boa, regular, ruim ou crítica, associando notas aos preceitos estrutural, funcional e de durabilidade, no qual essas notas de avaliação

devem variar de 1 a 5, refletindo a maior ou menor gravidade dos problemas detectados.

Vale ressaltar que a inspeção especial realizada tem caráter apenas visual, todas manifestações patológicas das juntas foram avaliadas e descritas somente com as possíveis causas do problema através da análise da sintomatologia de cada caso, necessitando de teste laboratoriais mais específicos para melhor afirmar cada tese.

A seguir, o quadro 1 demonstra a análise classificatória realizada segundo parâmetros estruturais da ponte FHC.

Quadro 1 – Classificação das juntas da ponte FHC

Nº	TIPO	Condição verificada na inspeção especial, segundo parâmetros estruturais	Classificação
1	Fitas Neoprene	Impossibilitado de inspecionar por ter camada de asfalto por cima da junta	NA
2	Fitas Neoprene	Juntas de dilatação obstruídas, com contribuição para o quadro patológico com formação de fissuras em vigas longarinas e lajes	3
3	Fitas Neoprene	Juntas de dilatação obstruídas, com contribuição para o quadro patológico com formação de fissuras em vigas longarinas e lajes	3
4	Fitas Neoprene	Juntas de dilatação obstruídas, causando restrições à movimentação dos tabuleiros	4
5	Fitas Neoprene	Juntas de dilatação obstruídas, causando restrições à movimentação dos tabuleiros	4
6	Fitas Neoprene	Juntas de dilatação parcialmente obstruídas sem causar restrições à movimentação dos tabuleiros	5
7	Fitas Neoprene	Juntas de dilatação obstruídas, causando graves danos à superestrutura (esmagamento do concreto de vigas e lajes, formação de quadro de fissuração e esforços não previstos na meso e infraestrutura)	2
8	Fitas Neoprene	Juntas de dilatação obstruídas, causando restrições à movimentação dos tabuleiros	4
9	Fitas Neoprene	Juntas de dilatação parcialmente obstruídas sem causar restrições à movimentação dos tabuleiros	5
10	Elastômero em chapas metálicas	Juntas de dilatação parcialmente obstruídas sem causar restrições à movimentação dos tabuleiros	5

11	Elastômero em chapas metálicas	Juntas de dilatação parcialmente obstruídas sem causar restrições à movimentação dos tabuleiros	5
12	Fitas Neoprene	Juntas de dilatação parcialmente obstruídas sem causar restrições à movimentação dos tabuleiros	5
13	Fitas Neoprene	Juntas de dilatação obstruídas, com contribuição para o quadro patológico com formação de fissuras em vigas longarinas e lajes	3
14	Fitas Neoprene	Juntas de dilatação parcialmente obstruídas sem causar restrições à movimentação dos tabuleiros	5
15	Fitas Neoprene	Juntas de dilatação obstruídas, causando restrições à movimentação dos tabuleiros	4
16	Fitas Neoprene	Juntas de dilatação parcialmente obstruídas sem causar restrições à movimentação dos tabuleiros	5
17	Fitas Neoprene	Juntas de dilatação parcialmente obstruídas sem causar restrições à movimentação dos tabuleiros	5
18	Fitas Neoprene	Juntas de dilatação obstruídas, com contribuição para o quadro patológico com formação de fissuras em vigas longarinas e lajes	3
19	Fitas Neoprene	Juntas de dilatação obstruídas, com contribuição para o quadro patológico com formação de fissuras em vigas longarinas e lajes	3
20	Fitas Neoprene	Impossibilitado de inspecionar por ter camada de asfalto por cima da junta	NA

Após a classificação das juntas da obra de artes especial seguindo o parâmetro estrutural da norma ABNT NBR 9452/2016, pode-se observar que as juntas de dilatação em fita neoprene são menos resistentes quando comparadas as juntas de elastômeros com chapas metálicas no critério estrutural.

Das dezoito juntas de fita neoprene presentes na ponte, observou-se que seis delas estão classificadas como regular ou ruim, totalizando cerca de 35%. Por se tratar de uma análise de parâmetros estruturais, o resultado obtido é insatisfatório, deveriam estar em perfeito funcionamento ou ao menos ser classificadas como “boa” referente a nota 4.

Por mais que as juntas de dilatação sejam aparentemente um elemento sem grandes esforços estruturais, é de imprescindível que estejam funcionando em perfeita qualidade. Como se observou em algumas juntas na OAE, algumas delas encontram-se rompidas e em certos trechos já nem existem mais.

A partir do momento que é rompido a fita neoprene, a junta de dilatação perde uma de suas principais finalidades, a estanqueidade (figura 3). Com isso permite a livre passagem de fluidos podendo gerar no concreto da viga, laje e do pilar manifestações patológicas geradas pela infiltração de água na estrutura, possibilitando o carreamento de elementos do cimento podendo causar lixiviações e ataques por sulfato. Diminuindo com o passar do tempo a resistência do concreto afetando diretamente a durabilidade da estrutura.

Figura 18 - Junta de dilatação rompida da ponte FHC



Fonte: Autor

Além da passagem dos fluidos, quando a junta de dilatação está danificada permiti também o alojamento de detritos entre duas estruturas (figura 4), como areia e pedras, desta forma o espaço que seria para acolher a movimentação da estrutura de forma a evitar transferência de esforço entre dois elementos é obstruído, perdendo dessa forma sua principal funcionalidade.

Figura 19- Junta de dilatação em fita neoprene da ponte FHC

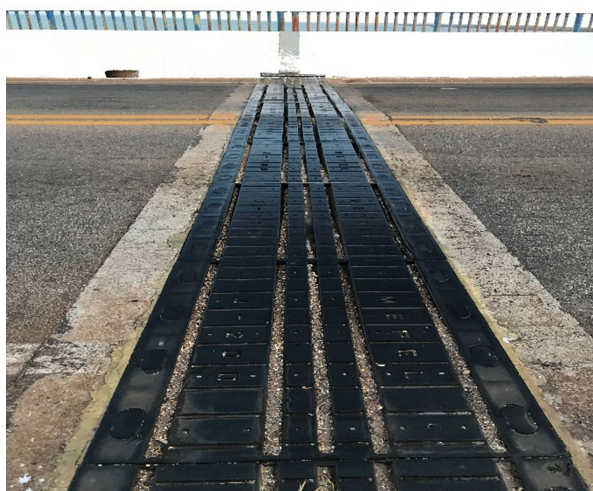


Fonte: Autor

Com a obstrução das juntas de dilatação, pode ter contribuição para o quadro patológico com formação de fissuras em vigas e longarinas, e em casos mais graves, as juntas obstruídas podem gerar grandes danos na superestrutura, como por exemplo o esmagamento de vigas e lajes e esforços não previsto em projeto na mesoestrutura e na infraestrutura.

As juntas de elastômeros com chapas metálicas inspecionadas na OAE encontram-se com parâmetro estrutural excelente de acordo com a inspeção especial. Ambas as juntas estão parcialmente obstruídas por areia e pedras, mas sem causar restrições à movimentação dos tabuleiros, porém necessitam de manutenções preventivas principalmente de limpeza para evitar maiores problemas futuramente. (Figura 5)

Figura 20 – Junta de dilatação Transfex da ponte FHC



Fonte: Autor

A seguir, o quadro 2 demonstra a análise classificatória realizada segundo parâmetros funcionais da ponte FHC.

Quadro 2 – Classificação das juntas da ponte FHC

Nº	TIPO	Condição verificada na inspeção especial, segundo parâmetros funcionais	Classificação
1	Fitas Neoprene	Desníveis no pavimento, na transição terrapleno x tabuleiro e juntas de dilatação, causando solavancos	3
2	Fitas Neoprene	Berço danificado nas juntas de dilatação, gerando pequeno desconforto ao usuário	3
3	Fitas Neoprene	Berço danificado nas juntas de dilatação, gerando pequeno desconforto ao usuário	3
4	Fitas Neoprene	Berço danificado nas juntas de dilatação, gerando pequeno desconforto ao usuário	3
5	Fitas Neoprene	Desníveis no pavimento, na transição terrapleno x tabuleiro e juntas de dilatação, causando solavancos	3
6	Fitas Neoprene	Berço danificado nas juntas de dilatação, gerando pequeno desconforto ao usuário	3
7	Fitas Neoprene	Berço danificado nas juntas de dilatação, gerando pequeno desconforto ao usuário	3
8	Fitas Neoprene	Pontos danificados nas juntas de dilatação sem causar desconforto ao usuário	4
9	Fitas Neoprene	Pontos danificados nas juntas de dilatação sem causar desconforto ao usuário	4
10	Elastômero em chapas metálicas	Junta sem defeitos funcionais	5
11	Elastômero em chapas metálicas	Junta sem defeitos funcionais	5
12	Fitas Neoprene	Berço danificado nas juntas de dilatação, gerando pequeno desconforto ao usuário	3
13	Fitas Neoprene	Berço danificado nas juntas de dilatação, gerando pequeno desconforto ao usuário	3
14	Fitas Neoprene	Junta sem defeitos funcionais	5
15	Fitas Neoprene	Pontos danificados nas juntas de dilatação sem causar desconforto ao usuário	4
16	Fitas Neoprene	Pontos danificados nas juntas de dilatação sem causar desconforto ao usuário	4
17	Fitas Neoprene	Junta sem defeitos funcionais	5
18	Fitas Neoprene	Berço danificado nas juntas de dilatação, gerando pequeno desconforto ao usuário	3

19	Fitas Neoprene	Berço danificado nas juntas de dilatação, gerando pequeno desconforto ao usuário	3
20	Fitas Neoprene	Desníveis no pavimento, na transição terrapleno x tabuleiro e juntas de dilatação, causando solavancos	3

Como pode-se observar no quadro a cima, percebe-se que não somente conforme os parâmetros estruturais, mas também de acordo com os parâmetros funcionais da norma, a junta de dilatação transfex é de melhor qualidade quando comparada com a junta de fitas neoprene.

Das 18 juntas de dilatação em fitas neoprene existentes na ponte FHC, aproximadamente 67% delas adquiriram nota 3, classificada como razoável, sendo um total de 12 juntas. Observando esses dados levantados é perceptível que as situações das juntas estão num estado insatisfatório, necessitando de reparos instantâneos afim de voltar a atender com qualidade os requisitos esperados por uma junta.

Os maiores problemas encontrados foram nos berços das juntas, uns danificados e outros inexistentes gerando desconforto aos usuários. Além de considerar um risco eminente de acidente, principalmente para condutores de motocicletas. Pois foi constatado que ao romper, os berços das juntas que são de concreto de alta resistência, ficam jogados pela pista de rolamento, tomando formas equiparadas a pedras, podendo se tornar motivos de desequilíbrios para os motociclistas.

De acordo com as análises estrutural e funcional das juntas de dilatação da OAE observou-se que cerca de 45% das juntas em fitas neoprene necessitam ser substituídas, pois já estão em estados críticos. Os dados apontam também que das 18 juntas neoprene 35% estão em estados que podem ser recuperadas com manutenções e apenas 20% estão em ótimo estado sem causar nenhum dano.

E quanto as juntas de elastômeros com chapas metálicas aparentemente ambas estão em perfeito funcionamento, necessitando apenas de limpeza para evitar acúmulos de detritos, pois futuramente pode vir a causar problemas estruturais e funcionais.

4.3 DUPLICAÇÃO DA PONTE FHC

Devido ao setor de Luzimangues situado no município de Porto Nacional estar em crescimento constante, e a ponte FHC ser o itinerário que liga a Palmas, o presente trabalho tem por finalidade propor simulações da duplicação da ponte.

Visto que os maiores problemas apresentados na ponte Fernando Henrique Cardoso se encontram nas juntas de dilatação, a proposta de duplicação buscou utilizar outro tipo de junta de dilatação, cujo tem propriedades parecida com as juntas em fitas de elastômero e que proporcione maior resistência e durabilidade além de acomodar maiores movimentações da estrutura, diminuindo dessa forma a quantidade de juntas.

O motivo pelo qual se buscou outro tipo de junta de dilatação para implantar nos projetos de simulações da duplicação da ponte é principalmente pela falta e/ou ineficácia de manutenções nas juntas, que foi comprovada quando feito a visita técnica na ponte FHC, onde observou-se que muitas já estão em péssimo estado, necessitando ser trocadas imediatamente para não danificar as mesoestrutura.

A junta de dilatação adotada foi a de bandas flexíveis de elastômero, cujo tem 20 anos de vida útil, necessitando de inspeção a cada 6 anos até o termino da vida útil e ultrapassado esse tempo deve-se ter inspeção de 2 em 2 anos. Enquanto as juntas de neoprene presentes na ponte tem apenas 14 anos de vida útil, necessitando de inspeções de 4 em 4 anos.

Além dessas características, a junta de bandas flexíveis de elastômeros suporta distância entre vãos de até 140 metros, correspondendo mais que o triplo de distância de vãos suportados pela junta em neoprene presente na ponte FHC, em casos de estrutura mista assim como o tipo de estrutura presente na ponte em questão.

Foi realizado duas propostas de duplicação, sendo que ambas seguem o mesmo parâmetro arquitetônico, contendo duas faixas de rolamento em sentidos contrários e duas passarelas de pedestres e ciclistas. Uma das propostas consiste em utilizar estrutura mista, variando da ponte já existente apenas a juntas de dilatação, consequentemente variando a distância entre as juntas de dilatação, no qual passarão a ser de 140 metros. A outra proposta consiste em utilizar estrutura metálica, podendo dessa forma atender distância entre vãos de até 175 metros.

A seguir, é possível a visualização através da planta baixa realizada a disposição quantitativa das juntas de dilatação. No qual a primeira representação tem

vãos entre as juntas de 43 metros, igualmente na ponte FHC, a segunda e terceira representação consiste em juntas de bandas flexíveis de elastômero, a diferença é que na segunda propôs estrutura mista e a distância entre as juntas é de 140 metros, enquanto na terceira propôs estrutura metálica e a distância dos vãos é de 175 metros.

Figura 21: Planta Baixa das Comparações das Distâncias entre Vãos

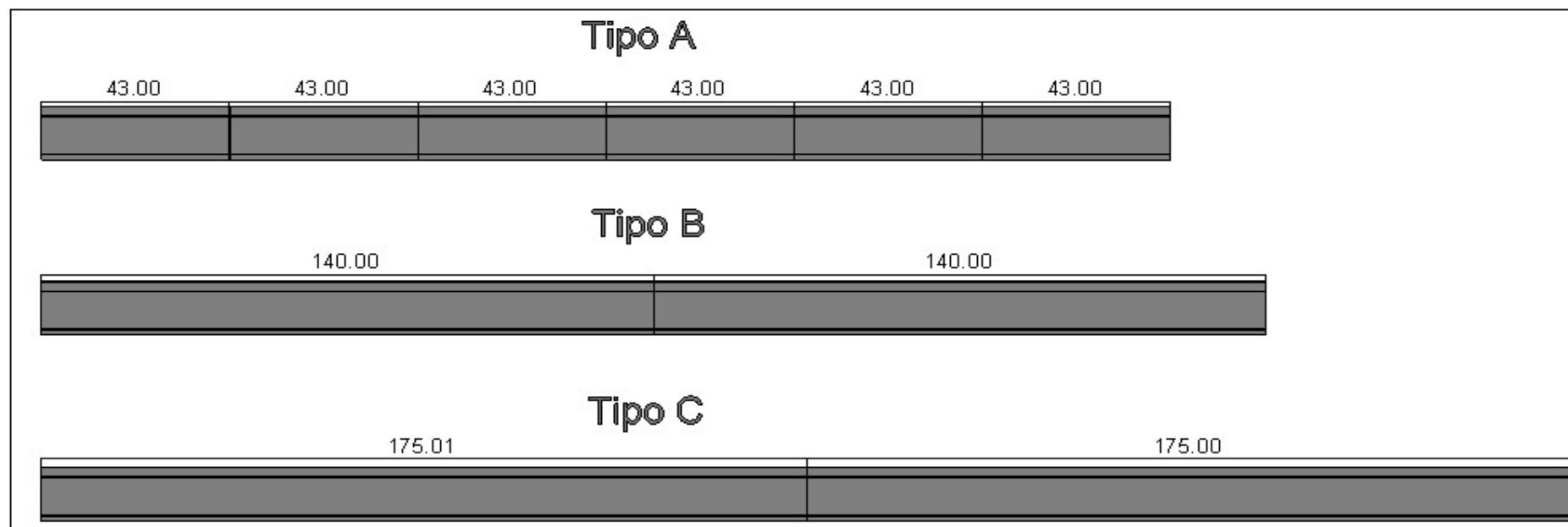
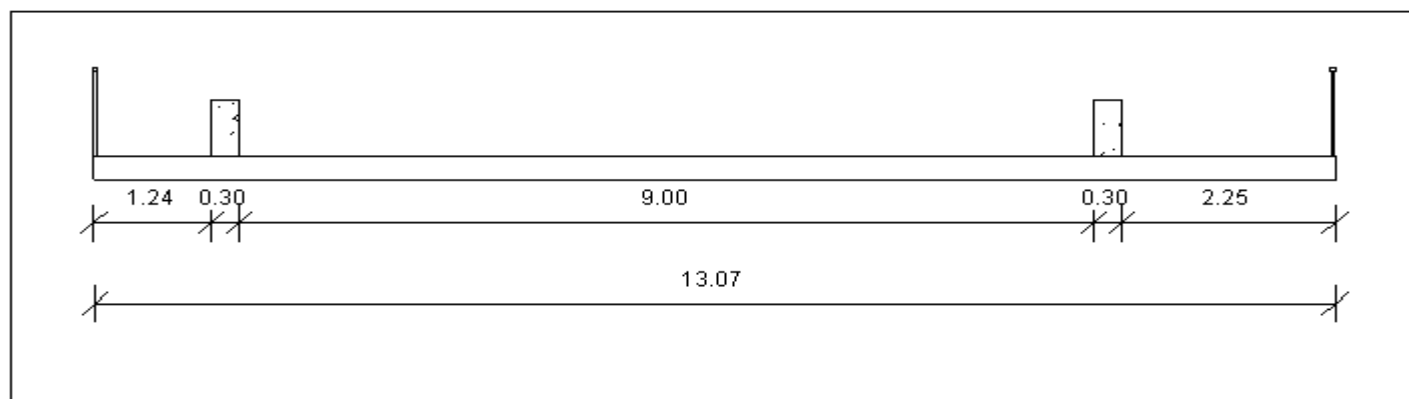


Figura 22: Corte Transversal da Ponte



Através da representação gráfica é possível verificar que ao realizar um projeto de ponte utilizando juntas de dilatação que tem o potencial de absorver maiores movimentações estruturais, diminuem significativamente a quantidade de juntas na estrutura.

A possível duplicação da ponte FCH terá um trecho de 8,1 km, desta forma, buscando proporcionar maior segurança e durabilidade para a estrutura e também maior vida útil, além de conforto aos usuários, o conceito de duplicação optou por escolher a junta de bandas flexíveis de elastômeros.

Levando em consideração a utilização das juntas de dilatação e as distâncias dos vãos existente na ponte para o projeto de duplicação, ao longo do seu trecho teria um total de 180 juntas. Enquanto que ao utilizar juntas de banda flexíveis de elastômero considerando estrutura mista o número de juntas seria reduzido para 54, e ao considera o mesmo tipo de junta porem a ponte sendo de estrutura metálica poderia reduzir para 43 juntas.

Quadro3 Quantitativo das Juntas

Tipo das Juntas	Tipo de Estrutura	Distância entre vãos (m)	Quant. de Juntas
Fitas Neoprene	mista	43	180
Banda flexíveis de elastômero	mista	140	54
Banda flexíveis de elastômero	metálica	175	43

5. CONCLUSÃO

Após a realização do presente trabalho foi possível verificar, avaliar e caracterizar as condições das juntas de dilatação da ponte FHC. No qual foi possível constatar que muito das juntas estão em péssimo estado, necessitando serem trocadas para evitar possíveis problemas estruturais no futuro.

Cerca de 67% das juntas apresentam classificação baixa quanto ao conceito funcional, prejudicando o conforto dos usuários. E aproximadamente 35% apresentam defeitos estruturais e estão rompidas, perdendo a estanqueidade da estrutura e permitindo também o acúmulo de detritos, podendo dificultar ou até mesmo impossibilitando a movimentação das lajes.

Tais problemas que foram verificados nas juntas de dilatação da ponte possivelmente estão nessas condições pela falta ou ineficiência de manutenções preventivas e corretivas, pois as autoridades competentes não dão a importância necessária, desta forma, buscando amenizar esses problemas, o estudo apresentou uma possível duplicação da ponte utilizando outro tipo de junta de dilatação.

A junta de dilatação que foi levado em consideração no estudo é a de bandas flexíveis de elastômero, foi escolhida por ser mais resistente e necessitar de menos manutenções ao longo da sua vida útil, além de proporcionar maiores distâncias entre vãos, diminuindo desta forma a quantidade de juntas. Constatou-se que ao utilizar as juntas de bandas flexíveis na duplicação da ponte FHC, reduziu de 180 para 54 unidades se utilizar estrutura mista, assim como a existente na ponte. E caso utilize apenas estrutura metálica na duplicação esse valor cairia para 43 juntas.

Os piores problemas detectados na ponte foram nas juntas, por terem vida útil menor ao comparar com o restante da estrutura, dessa forma, o conceito de duplicação que foi criado buscou diminuir ao máximo a quantidade de juntas, no qual a junta de bandas flexíveis de elastômero suporta mais movimentações podendo ter distância entre vãos maiores.

6 REFERÊNCIA

- _____. **DNER** - Manual de Projeto de Obras-de-Arte Especiais. 1996
- _____. **NBR 6118**: Projeto de estrutura de concreto – procedimento. 2003. 69-87 p.
- _____. **NBR 7187**: Projeto de pontes de concreto armado e de concreto protendido - Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.
- _____. **NBR 7188**: Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas. Rio de Janeiro, 2013.
- _____. **NBR 9452**: Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto – Procedimento, 2016.
- _____. **NORMA DNIT 091**: Tratamento de aparelhos de apoio: concreto, neoprene e metálicos – Especificação de Serviço. Espírito Santo 2006. 6 p.
- _____. **NORMA DNIT 092**: Juntas de dilatação – Especificação de serviço. Espírito Santo. 2006. 5 p.
- BALTIMORE, Maryland. **Integral Abutment and Jointless Bridges. Fhwa conference**, 2005. 132-147 p.
- CHIMUAGA, Líticia Purificação da Benigna. Estudo do Comportamento Estrutural dos Aparelhos de apoio da Ponte Rio-Niterói. Niterói, 2015.
- CLAUDIO, Renato Gadêlha. **Tipologia das pontes estaiadas com tabuleiro de concreto**. Fortaleza, 2010. 112 p.
- CORDEIRO, João Gonçalo Paulo. **Aparelhos de Apoio em Pontes, 2014**.
- DEBS, Mounir Khalil El. **Introdução as pontes de concreto**. São Carlos, 2007. 56 p.
- ET-DE-C00/005**: JUNTAS DE DILATAÇÃO PARA OBRAS DE ARTE ESPECIAIS. 2006. 27 p.
- Equipe SH. **O que é o método Balanço Sucessivo?** Disponível EM: <http://www.sh.com.br/blog/2015/o-que-e-o-metodo-balanco-sucessivo/>. Acesso em 23 de março de 2017.
- FERREIRA, Carlos Manuel Sebastião. **Tipologia, instalação, funcionamento e manutenção de diversos tipos de juntas de dilatação em Obras de Arte**. Instituto superior de engenharia de Lisboa, 2013. 82-91 p.
- HELENE, Paulo R. L. Corrosão em armaduras para concreto armado. 1º Edição - São Paulo: PINI, 2003.
- ISHII, Marcio. **Sistemas Estruturais de Pontes Extradorso**. São Paulo, 2006.

JESUS, Joao Carrazedo de. **Caraterização Geométrico-Estrutural de Pontes em Arco de Alvenaria na Região de Bragança.** Instituto Politécnico de Bragança, 2013. 68-79 p.

LIMA, João Marques; BRITO, Jorge de. **Classificação das juntas de dilatação em obras de arte rodoviárias Portuguesas.** n.14, p.31-41, Outubro, 2009.

LOBATO, Felipe Araújo. **Estrutura de Pontes em Concreto Armado.** p. 46-49, Setembro, 2014.

MARCHETTI, Osvaldemar. **Pontes de concreto armado.** São Paulo: Blucher, 2008.

MILLER, C. P., Barbosa, L. R., Pessanha, M. C. R., Dimensionamento Estrutural de uma Ponte em Concreto Armado, Monografia, UENF, 2005;

MINISTERIO DE TRANSPORTE – MT. Departamento nacional de Infraestrutura de Transportes. Volume 4, Mato Grosso, 2014.

MONTEIRO, Quitéria Andreia Brás. **Avaliação da necessidade de juntas de dilatação em estruturas porticadas de betão armado.** Universidade de Porto, 2008. 53 p.

NACIF, A., MOTA, M. G., **Dimensionamento Estrutural de uma Ponte em Concreto Armado.** Monografia, UENF, 2004.

OESTERLE, Ralph G.; TABATABAI, Habib. **Design Considerations for Integral Abutment/ Jointless Bridges in the USA.** Civil and Environmental Engineering, 2014. 65 p.

ONSA, Eltayeb Hassan; AHMED, Anwar Adam; MAHMOUD, Ahmed Gasim. **Effect of Temperature Variation and Type of Embankment Soil on Integral Abutment Bridges in Sudan.** Volume 15 Issue 3 Version 1.0 Year 2015. 23 p.

PINHO, Mauricio Fernando. **Pontes integrais, aspectos de projeto e construção.** Recife, 2011. 132-178 p.

Rudloff, Catálogo de Concreto Protendido. Disponível em: http://www.dcc.ufpr.br/mediawiki/images/1/16/Catalogo_concreto_protendido-Rudloff.pdf. Acesso em 14 de outubro de 2017.

SANTOS, Paulo Reiser, **Análise e Cálculo de Elementos estruturais em concreto Armado de um Edifício Residencial.** Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina, 2014.

SILVA, R.C. **Vigas de concreto armado com telas soldadas: análise teórica e experimental da resistência à força cortante e do controle da fissuração.** Tese (Doutorado), São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos, USP, Departamento de Engenharia de Estruturas, 2003, 328p.

SOARES, Rachel Wysard. **Efeito da variação de temperatura em pontes integrais de concreto com fundações em estacas de aço.** Rio de Janeiro, 2011. 29 p.

SOUSA, M. L. M. **Estudo da fluência e retração na análise de um tabuleiro em vigas múltiplas de uma ponte rodoviária**. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10010749.pdf>>. Acesso em 23 de março de 2017.

TARRACATA, **Tiago João de Sousa**, **Construção de pontes com Aduelas Pré-Fabricadas**, Universidade de Porto, 2009.

TAVARES, Miguel Afonso Oliveira. **Identificação Modal e Motorização Dinâmica de uma Ponte em Arco**. Porto, Universidade do Porto, Agosto, 2013.

TEJEDOR, C. M. **Patologias, Recuperação e Reforço com Protensão Externa em Estruturas de Pontes**. 2013. 129p. Projeto de Graduação em Engenharia Civil da Escola Politécnica - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

Uniontech, Catálogo Tecnologia de juntas. Disponível em: http://www.uniontech.com.br/pdf/catalogo_uniontech_2016.pdf. Acesso em 11 de outubro de 2017.

Vida Útil e Procedimentos de Substituição. Instituto superior de engenharia de Lisboa, 2014. 78 p.