



# **CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS**

*Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607, de 17/10/05, D.O.U. nº 202, de 20/10/2005*  
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Alex Ribeiro De Paula

## **ESTUDO DA APLICAÇÃO DE APARELHOS DE APOIO EM PONTES CASO DE PONTE FERNADO HENRIQUE CARDOSO - TO**

Palmas – TO

2018/2

Alex Ribeiro de Paula

**ESTUDO DA APLICAÇÃO DE APARELHOS DE APOIO EM PONTES  
CASO DE PONTE FERNADO HENRIQUE CARDOSO - TO**

Projeto de Pesquisa elaborado e apresentado como requisito parcial para aprovação na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA). Orientador: Prof. Especialista Daniel Iglesias de Carvalho.

Palmas – TO

2018/2

Alex Ribeiro De Paula

**ESTUDO DA APLICAÇÃO DE APARELHOS DE APOIO EM PONTES  
CASO DE PONTE FERNADO HENRIQUE CARDOSO - TO**

Projeto de Pesquisa elaborado e apresentado como requisito parcial para aprovação na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA). Orientador: Prof. Especialista Daniel Iglesias de Carvalho.

Aprovada em xxxxxxx de 2018.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. M.Sc. Daniel Iglesias de Carvalho  
Centro Universitário Luterano de Palmas

---

Prof. Esp. Denis Cardoso Parente  
Centro Universitário Luterano de Palmas

---

Prof. Esp. José Silvério de Oliveira Junior  
Centro Universitário Luterano de Palmas

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- junta de dilatação.....	13
Figura 2- Pêndulo de concreto .....	14
Figura 3- Sistema construtivo de uma articulação Freyssinet .....	15
Figura 4- Articulação Mesnager .....	16
Figura 5- Articulação de contato de superfície .....	16
Figura 6- Aparelhos de apoio metálico do tipo móvel .....	19
Figura 7- Aparelho de Apoio de rolo ou roletes.....	19
Figura 8- Aparelho de Apoio oscilante com contato pontual .....	20
Figura 9- Aparelho de Apoio oscilante com contato linear .....	20
Figura 10- Aparelhos de Apoio cilíndricos ou esféricos com PTFE.....	22
Figura 11- Características geométricas do neoprene fretado .....	23
Figura 12- Comportamento do neoprene fretado ao cisalhamento .....	24
Figura 13- Comportamento do neoprene fretado à compressão.....	24
Figura 14- Comportamento do neoprene fretado à rotação .....	24
Figura 15- Comportamento do neoprene fretado ao cisalhamento .....	25
Figura 16- Exemplo de uso .....	25
Figura 17- Aparelho de Apoio simples de Neoprene Cintado .....	26
Figura 18- aparelho de Apoio de neoprene cintado fixo.....	27
Figura 19- aparelho de Apoio de neoprene cintado fixo.....	28
Figura 20- Aparelho de Apoio com receptaculo tip pote ou panela.....	29
Figura 21- Aparelho de Apoio com receptaculo tip pote ou panela.....	29
Figura 22-Esquema representativo aparelho de apoio tipo pot.....	30
Figura 23- Ponte Fernando Henrique Cardoso .....	40
Figura 24- Ponte Fernando Henrique Cardoso .....	41

Figura 25-imagem de satélite da ponte Fernando Henrique Cardoso.....	42
Figura 26-Componentes dos aparelhos .....	45
Figura 27-cernoflon fixo.....	46
Figura 28-cernoflon unidirecional .....	46
Figura 29- Pórtico da Ponte .....	47
Figura 30-componentes dos aparelhos .....	48
Figura 31-vasoflon unidirecional .....	48
Figura 32-Aparelho com corrosão .....	49
Figura 33-impurezas próximo ao aparelho.....	50
Figura 34-Base irregular.....	50
Figura 35-umidade próximo aos aparelhos .....	51
Figura 36-raspador danificado .....	51
Figura 37- Trinca na base do aparelho .....	52
Figura 38- disposição dos aparelhos no bloco de concreto .....	53
Figura 39- disposição dos aparelhos no bloco de encontro .....	53
Figura 40- disposição dos aparelhos no bloco de concreto .....	54
Figura 41- ancoragem .....	54
Figura 42- ancoragem .....	55
Figura 43- ancoragem .....	55
Figura 44- ancoragem .....	56
Figura 45- aparelho do pórtico .....	56
Figura 46- PTFE.....	59
Figura 47- PTFE.....	59
Figura 48- Vasoflon Unidirecional .....	62
Figura 49- Vasoflon Unidirecional .....	62

Figura 50- Localização do Vasoflon .....	63
--	----

## **LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfico 01- Resultados.....	57
Gráfico 02- Resultados.....	57
Gráfico 03- Resultados.....	58
Gráfico 04- Resultados.....	60
Gráfico 05- Resultados.....	59
Gráfico 06- Resultados.....	64
Gráfico 07- Resultados.....	64
Gráfico 08- Resultados.....	64

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1- Danos vs Métodos de Reparação .....	18
Quadro 2- Aparelhos de apoio oscilantes .....	21
Quadro 3- aparelhos de apoio esféricos e cilíndricos.....	22
Quadro 4- Caracterização dos diferentes tipos de Aparelhos de Apoio .....	31
Quadro 5- Orientação para a seleção de Aparelhos de Apoio em Pontes .....	31

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>7</b>
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA .....	9
1.2 OBJETIVOS.....	9
1.2.1 <i>Objetivo Geral</i> .....	9
1.2.2 <i>Objetivos Específicos</i> .....	9
1.3 JUSTIFICATIVA .....	10
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>11</b>
2.1 HISTÓRICO .....	11
2.2 JUNTAS DE DILATAÇÃO .....	12
2.3 CLASSIFICAÇÃO DOS APARELHOS DE APOIO.....	13
2.4 ARTICULAÇÃO DE CHUMBO .....	14
2.5 ARTICULAÇÃO DE CONCRETO .....	14
2.5.1 <i>Articulações Freyssinet</i> .....	14
2.5.2 <i>Articulações mesnager</i> .....	15
2.5.3 <i>Articulações de contato de superfícies cilíndricas</i> .....	16
2.6 ARTICULAÇÕES METÁLICAS .....	17
2.6.1 <i>Aparelhos de apoios fixos e moveis</i> .....	18
2.6.2 <i>Aparelhos de apoio de rolo ou roletes</i> .....	18
2.6.3 <i>Aparelhos de apoio oscilante tipo pêndulo</i> .....	19
2.6.4 <i>Aparelhos de Apoio Esféricos e Cilíndricos</i> .....	21
2.6.5 <i>Aparelhos de Apoio neoprene</i> .....	23
2.6.6 <i>Aparelhos de Apoio com receptaculo tip pote ou panela</i> .....	28
2.7 TRIAGEM DO APARELHO.....	30
2.7.1 <i>Causa dos movimentos na estrutura</i> .....	32
2.7.2 <i>Vida útil do aparelho de apoio</i> .....	33
2.8 PRODUÇÃO, TRANSPORTE, ARMAZENAMENTO, APLICAÇÃO DOS APARELHOS DE APOIO, FUNCIONAMENTO E MANUTENÇÃO.....	34
2.8.1 <i>Produção</i> .....	34
2.8.2 <i>Transporte</i> .....	34
2.8.3 <i>Armazenamento</i> .....	34
2.8.4 <i>Aplicação dos aparelhos de apoio</i> .....	34
2.8.5 <i>Funcionamento</i> .....	36

2.8.6 Manutenção.....	36
2.9 PROCEDIMENTO DE SUBSTITUIÇÃO .....	37
2.9.1 Manutenção com o erguimento do tabuleiro .....	37
<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>39</b>
3.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA.....	39
3.2 OBJETO DE ESTUDO .....	39
3.3 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA .....	39
3.4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	42
3.5 LEVANTAMENTO DE DADOS .....	43
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>44</b>
4.1 DEFINIÇÃO E ETAPAS.....	44
4.2 ANÁLISE DOS APARELHOS DE APOIOS .....	49
4.3 CROQUI DOS APARELHOS.....	52
4.4 ANCORAGEM DESTES APARELHOS .....	54
4.5 CERNOFLON UNIDIRECIONAL.....	56
4.6 CERNOFLON FIXO .....	59
4.7 VASOFLON UNIDIRECIONAL.....	61
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>65</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>67</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>69</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Com o avanço tecnológico dos últimos séculos observamos como as pontes evoluíram, com a premência de suportar cargas que no decorrer dos séculos foram aumentando, tornou-se necessário o uso de aparelhos de apoio para atender as necessidades de movimentação da estrutura. Conforme Eggert e Kauschke (apud VIEIRA, 2013, p.13) “Os aparelhos de apoio são elementos estruturais dispostos entre as partes das estruturas de suporte para executar as condições a que chegaram os cálculos estruturais”, ou seja, são dispositivos que suportam as cargas e repassam os efeitos gerados.

Os aparelhos de apoios aplicados em pontes são dispositivos destinados a transmitir reações atuantes na superestrutura para a mesoestrutura que, por fim, transfere para a infraestrutura, a necessidade ocorre quando elas se apoiam ficando sujeitas ao movimento de translação e rotação que nem sempre pode ser absorvido por uma das peças, tornando assim necessário o uso dos aparelhos de apoios respeitando as condições de estabilidade (LOBATO).

No entanto, é importante conhecer os diversos tipos de aparelhos de apoios relacionados a materiais e movimentos liberados que cada um proporciona, é essencial um conhecimento prévio antes da sua escolha para a utilização e aplicação nas pontes.

As primeiras gerações dos aparelhos de apoio foram construídas de madeira em pequenas dimensões, com a função de disseminar as cargas uniformemente e admitir as flexões na estrutura. Com o desenvolvimento das ferrovias as aplicações de cargas nas pontes tornaram-se consideráveis, com isso veio à revolução no processo de construção com surgimento do aço como material, trazendo consigo a segunda geração de aparelhos de apoio que tiveram a necessidade de se adequar para suportar as cargas aplicadas.

Os primeiros a surgirem eram simples de chapas que compartilhavam uma área plana de contato direto, de acordo com Vieira (2013, p.14) “É aproximadamente nesta era que são introduzidos produtos da engenharia mecânica no âmbito da construção de pontes, tais como parafusos, roletes, chumbadores, entre outros” com as ações das intempéries, o material construtivo sofria adulterações em seus volumes, ouve-se então uma preocupação com as mudanças físicas provocadas pelo clima.

Com esta movimentação vem em questão o caso dos aparelhos de apoio serem moveis, liberando movimentos para evitar danos na estrutura, a aplicação de rolos para diminuir os atritos entre as chapas, trouxe consigo mais uma evolução nos aparelhos de apoio, por serem constituídos com dois rolos e uma placa oscilante permitindo oscilar sobre um ponto central.

Nos dias atuais os aparelhos de apoio evoluíram com imensa complexidade devido ao grande crescimento de cargas aplicadas, e a necessidade de superar vãos maiores. Segundo Vieira (2013, p.16) “Pode-se assumir então, que a origem destes aparelhos nas Obras de Arte, prende-se a questões relacionadas com problemas de transmissão de esforços entre peças estruturais” tendo em vista esta importância, este trabalho trata-se em realizar estudos bibliográficos sobre os aparelhos de apoio em relação a sua aplicação, características e executar uma avaliação dos aparelhos aplicados na ponte Fernando Henrique Cardoso em Palmas Capital do Tocantins quanto as suas condições atuais.

## 1.1 Problema de Pesquisa

Como é a aplicação dos aparelhos de apoio em pontes e procedimentos para detectar indícios de patologias e manutenções preventivas no caso específico da ponte Fernando Henrique Cardoso?

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 *Objetivo Geral*

Verificar as particularidades dos aparelhos de apoios em pontes com ênfase nas condições atuais da Ponte Fernando Henrique Cardoso.

### 1.2.2 *Objetivos Específicos*

- Realizar estudos bibliográficos sobre os tipos e características dos aparelhos de apoios utilizados em pontes.
- Fazer um levantamento dos aparelhos de apoio aplicados na ponte Fernando Henrique Cardoso, quanto à tipologia, quantidades e características de movimentos liberados.
- Estudar as condições atuais de uso e verificar se há patologias que prejudiquem a funcionalidade dos aparelhos de apoios aplicados na ponte Fernando Henrique Cardoso.

### 1.3 Justificativa

A relevância deste trabalho trata-se em estudar e preparar um levantamento dos aparelhos de apoio aplicados na vazante principal da ponte Fernando Henrique Cardoso, que faz a ligação entre as cidades de Palmas e Paraíso do Tocantins constituída de três pontes e quatro aterros e foi inaugurada no ano de 2002. Portanto, a averiguação das condições dos aparelhos em relação as suas conjunturas atuais, é de grande importância, por estarem submetidos aos esforços naturais, dinâmicos e como também pelas intempéries, que podem provocar possíveis danos na estrutura diminuindo assim a vida útil dos aparelhos de apoio e conseqüentemente da obra.

Os aparelhos de apoio aplicados na ponte Fernando Henrique Cardoso são metálicos e exige mais atenção por que são dependentes de manutenções e podem ter sua funcionalidade comprometida.

Com esta investigação podemos identificar e verificar se há algum grau de risco ou manifestações patológicas para um possível caso de manutenção. Este estudo será de grande valia para futura pesquisa em relação à vida útil e ao tempo de utilização dos aparelhos de apoio aplicados na ponte Fernando Henrique Cardoso, como também analisar as melhores condições e as conservações necessárias para a durabilidade do mesmo e da obra, servindo de base de estudos para uma futura duplicação desta ponte.

Este estudo é importante, pois leva em consideração o tempo como fator comprometedor destes aparelhos de apoio, pois a ponte de Palmas possui quatorze anos e pode conter inícios ou patologias avançadas.

A análise visual auxiliará na inquirição inicial para uma conjuntura dos aparelhos de apoio que estão suscetíveis a corrosões ou outra manifestação patológica, procedendo dessa análise de vistoria, pode-se obter a atenção dos órgãos públicos para uma tomada de decisão e assim efetuar uma fiscalização mais criteriosa com possíveis manutenções preventivas evitando transtornos e gastos desnecessários.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Histórico

As pontes têm como destino dar uma continuidade às vias, sendo ela rodoviária ou ferroviária, em um aceno histórico pode-se observar a necessidade do desenvolvimento para suportar cargas maiores que nos tempos primórdios não eram aplicadas sobre elas, com esta necessidade de suportar as forças aplicadas, surge também à capacidade de se obter vãos maiores para uma eventual passagem de embarcações de tamanhos consideráveis (VIEIRA, 2013).

De uma forma resumida podemos observar as evoluções das pontes conforme os materiais aplicados, o uso da madeira conforme Debs e Takeya (2007, p.7) “Destaca-se que com este material chegou-se a construir pontes com vãos consideráveis, como o de uma ponte construída em 1758, sobre o rio Reno, com 118 metros de vão” podemos observar também que as pedras eram usadas antigamente conforme a madeira, e com o início das ferrovias que exerciam um esforço maior nas pontes, ouve-se uma necessidade do desenvolvimento delas, então tornou-se necessária a aplicação de algo mais resistente como o aço para suportar as cargas aplicadas.

Anos depois começaram a usar o concreto armado segundo Debs e Takeya (2007, p.7) “Foi a partir de 1912 que começaram a ser construídas as pontes de viga e de pórtico em concreto armado, com vãos de até 30 metros” as consequências da devastação da Segunda Guerra Mundial teve-se por necessidade a reconstrução de varias pontes em concreto protendido pela rapidez em sua construção. Da madeira ao concreto protendido podemos observar a evolução das pontes pelos anos por eventos e desenvolvimentos necessários.

Nos dias atuais temos vários tipos de pontes e comportamentos diferentes que cada uma proporciona, com esta evolução tornou-se necessário à utilização dos aparelhos de apoios que são indispensáveis e consistem em transferir todas essas cargas para infraestrutura.

[...] 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 requiera soluções adequadas às novas exigências (VIEIRA, 2013, p.13).

A importância do bom funcionamento da estrutura é necessária para a segurança e durabilidade da obra, cada aparelho de apoio tem suas características tornando assim necessário um estudo prévio de sua utilização, no qual se adéqua melhor nas diversas tipologias de pontes.

## **2.2 Juntas de dilatação**

Nas pontes feitas de pedras ou madeiras antigamente não necessitavam do uso de aparelhos adicionais ou juntas de dilatação, pois a oscilação entre os elementos eram mínimos e as primeiras aplicações foram em pontes ferroviárias de aço, com a evolução e o aumento de tráfego surge à necessidade de segurança. Hoje em dia na construção de uma obra de arte especial sendo ela viadutos ou pontes, em sua execução são previstos movimentos para o efeito mecânico da estrutura, ocasionadas pela dinâmica do fator tempo e suas variações conhecido como intempéries, que causam na superestrutura de uma ponte tração e contração que são movimentos que precisam ser livres e repassados para a infraestrutura (FERREIRA, 2013).

É necessário que se leve em consideração a movimentação causada por veículos que pela aceleração ou frenagem exacerbam estes movimentos, os intervalos na extensão do tabuleiro da ponte são preenchidos com juntas de dilatação que deve ser corretamente aplicadas para o bom funcionamento da estrutura “as juntas de dilatação devem garantir a transição suave entre os acessos e a ponte e também entre os trechos por ela divididos” (DNIT 091-ES, 2006,p.2) o nivelamento da junta com a faixa de rolamento devem garantir essas condições citadas pela norma.

A má execução da aplicação das juntas pode ter sua vida útil reduzida podendo ser desconfortáveis e perigosas para o tráfego, há duas categorias principais de juntas de dilatação as abertas, que permitem a livre passagem de água e detritos, e as fechadas, projetadas para ser estanques. Suas manutenções ou recuperações são serviços especializados dependentes de orientações sendo necessária a presença de um engenheiro capacitado (DNIT 091-ES, 2006)

Segundo Ferreira (2013, p.2) “concepção das juntas de dilatação depende da natureza dos materiais utilizados, os quais poderão permitir resistir a estas agressões e conferir-lhes uma durabilidade extraordinária” é importante o bom

funcionamento das juntas de dilatação para que toda ações aplicadas no tabuleiro sendo elas naturais, dinâmicas ou acidentais sejam repassadas para os aparelhos de apoio que por consequência passara para a infraestrutura tendo por consequência o bom funcionamento mecânico da estrutura (figura 1).

Figura 1- junta de dilatação



Fonte: <http://www.maxasphalt.com/wp-content/uploads/2014/03/Visita-rumanos-12-10-11-11.jpg>

### 2.3 Classificação dos aparelhos de apoio

Conforme Vieira (2013, p.33) “São possíveis seis graus de liberdade em qualquer apoio, três dos quais são translações nas direções x, y e z, sendo os restantes as rotações em torno desses três eixos” isso é de acordo com o material que constitui estes aparelhos de apoios.

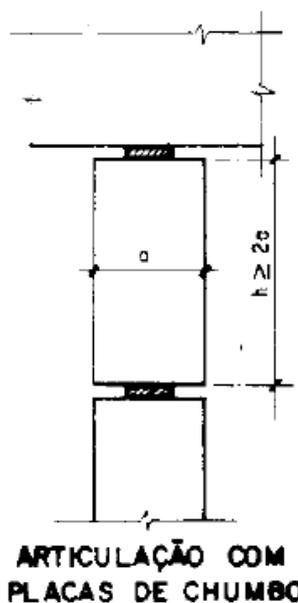
[...] a nível internacional é feita a classificação dos aparelhos de apoio estruturais a norma europeia aplicável para os aparelhos de apoio, EM 1337, estabelece uma classificação tendo em conta a forma como eles acomodam os movimentos. A nível nacional não se encontra atualmente nenhuma regulamentação aplicável no sentido de classificar claramente os diferentes tipos de aparelhos de apoio, sendo utilizada a norma europeia em vigor (VIEIRA, 2013, p.33-34).

Os aparelhos de apoio podem ser classificados em dois tipos: articulações fixas, articulações móveis conforme veremos abaixo.

## 2.4 Articulação de chumbo

É um tipo de articulação fixa e é referido apenas pelo seu valor histórico “o material escoava, permitindo que sua forma geométrica inicial, bem definida, se transformasse em uma lâmina delgada de contorno irregular” (DNIT 091-ES, 2006, p.4) eram bastante empregados antes das articulações de concreto e neoprene mas com a evolução dos aparelhos tornou-se menos empregada por sua incapacidade de ser recuperada e de suportar cargas inferiores aos demais conforme (figura 2).

Figura 2- Pêndulo de concreto



Fonte: El Debs e Takeya (2009)

## 2.5 Articulação de concreto

### 2.5.1 Articulações Freyssinet

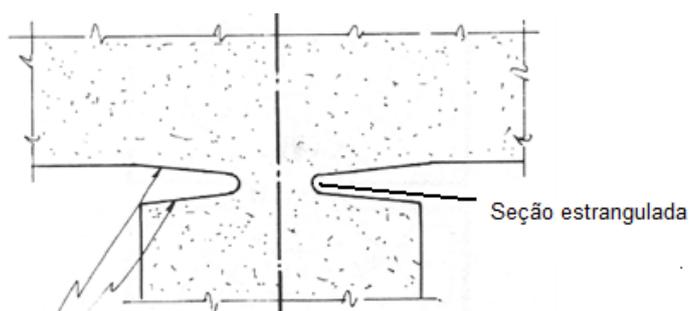
Consiste em uma articulação fixa de concreto com possibilidade de suportar solicitações maiores em relação a articulação de chumbo, com um encurtamento da seção estrangulada, deve trabalhar com tensões elevadas pois é resistida apenas pelo concreto do trecho estrangulado “A articulação, que permite uma reduzida

rotação da superestrutura, deve ser mantida limpa e desimpedida de detritos” (DNIT 091-ES, 2006)

[...] 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. Se a articulação ocupar, na sua maior dimensão, todo o apoio, é muito provável haver quebras de cantos dos apoios; se a fretagem for insuficiente, é certo o aparecimento de fissuras e trincas nos apoios. A recuperação dos apoios deve ser feita com a retirada de detritos que possam impedir as rotações, o tratamento das eventuais quebras de cantos e de trincas e fissuras e o reforço da fretagem com encamisamentos e cintamentos (DNIT 091-ES, 2006, p.4).

Podemos observar suas características conforme a (figura 3).

Figura 3- Sistema construtivo de uma articulação Freyssinet

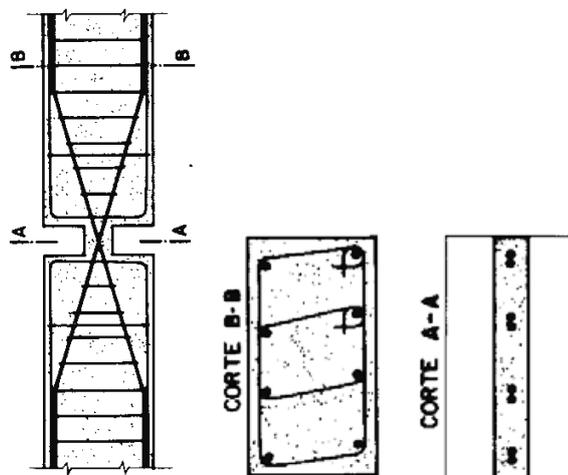


Fonte: El Debs e Takeya (2009)

### 2.5.2 Articulações mesnager

A articulação mesnager apesar de ser semelhante por ambas terem seção estrangulada não pode ser confundida com a articulação freyssinet, pois o trecho estrangulado de concreto tem como finalidade proteger a armadura que conduz o esforço por aderência por barras cruzadas e ancoradas nos blocos. Que transfere as reações que são manifestadas (DNIT 091-ES, 2006) sempre é necessário para a manutenção a limpeza do tirando os resíduos que impendem a movimentação esperada pelo aparelho de apoio e efetuar os tratamentos necessários para prolongar a vida útil da obra (figura 4).

Figura 4- Articulação Mesnager

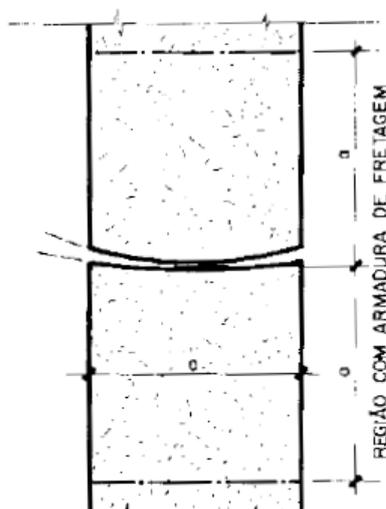


Fonte: El Debs e Takeya (2009)

### 2.5.3 Articulações de contato de superfícies cilíndricas

É composto por duas superfícies cilíndricas de concreto sendo uma côncava e outra convexa, estas faces cilíndricas solicitam um acabamento acautelado para uma distribuição apropriada das tensões tendo também, como possibilidade de revestir estas superfícies cilíndricas com chapas finas de aço ou de chumbo. “em virtude de serem dimensionadas com tensões de compressão elevadas o concreto destas articulações deve ser de alta qualidade” (DNIT 091-ES, 2006,p.4) conforme (figura 5).

Figura 5- Articulação de contato de superfície



Fonte: El Debs e Takeya (2009)

O processo de manutenção ou tratamento da articulação de contato de superfície sucede pela retirada de resíduos que atrapalhem os movimentos gerados pelos esforços atuantes e são raras evidenciáveis trincas e fissuras na peça (DNIT 091-ES, 2006).

## **2.6 Articulações metálicas**

A primeira geração de aparelhos de apoio era de madeira e serviam não só para distribuir o carregamento uniforme, mas também permitiam a flexão da estrutura, e com a evolução destes processos construtivos houve uma introdução do ferro como principal material para construções de pontes e ferrovias.

As articulações mais antigas se baseavam num cilindro metálico para liberar rotações, a ligação entre as peças metálicas é perfeitamente conseguida através de soldadura, união, vulcanização e ligações aparafusadas. Os aparelhos de apoio metálicos podem ser obtidos combinando-se adequadamente chapas e roletes metálicos. No caso das articulações fixas as chapas possuem cavidades usinadas e lubrificadas onde se encaixa o rolete. Pode ser obtida também em duas chapas metálicas, uma com a superfície plana e a outra com a superfície curva e convexa (MACHADO e SARTORTI, 2010).

É de grande questão o uso das articulações metálicas, pois são inteiramente condicionadas de manutenção permanente e cuidadosa para a conservação do aparelho de apoio, para que não sejam danificadas e obstruam o funcionamento pelo bloqueio de detritos e pela corrosão, que muitas das vezes torna a peça insatisfatória, podendo até chegar à inutilidade do aparelho (MACHADO e SARTORTI, 2010). Os processos corrosivos são considerados reações químicas heterogêneas nos metais, que ocorrem geralmente na superfície se não houver uma manutenção para combater essa corrosão levando a uma falência da estrutura (GENTIL, 2003).

No quadro abaixo observaremos danos causados e métodos de reparos (Quadro 1).

Quadro 1- Danos vs Métodos de Reparação

Danos nos AA	Métodos de Reparação
AA colado/congestionado	Controlo da Temperatura, limpeza e lubrificação
Corrosão, presença de poeiras, água da chuva e sais	Limpeza e pintura com tintas de proteção. Selagem da água da chuva/água salgada. Proteção das atividades de animais. Controlo da humidade.
Más conexões e ancoragens	Substituição de componentes desgastadas. Retrofitting* Se necessário substituição dos AA
Corrosão massiva, levando à perda de secções	Substituição do AA
Deslocamento do AA, desalinhamento e perda de componentes	Substituição de componentes desgastadas
Deterioração do Neoprene em AA elastoméricos, delaminação <sup>1</sup> do aço, desgaste de PTFE.	Substituição do AA
Inclinação excessiva do AA por cargas elevadas	Reparação da inclinação do AA Retrofitting Substituição do AA
Deterioração do AA por cargas Sísmicas	Substituição do AA por um com dispositivo sísmico (Retrofitting)
Más condições de funcionamentos (Deslizamento e rolamento)	Limpeza e lubrificação das superfícies
Fragmentação do betão de apoio dos AA	Remoção do betão e recolocação de betão armado na zona de assentamento.
Fissuras	Controlo e monitoração das fissuras. Selagem das fissuras existentes. Substituição do AA
Alta fricção ou restrição de movimentos. Perda de atrito ou movimentos descontrolados	Lubrificação. Substituição das partes deslizantes. Controlo da Fricção

Fonte: (CORDEIRO, 2014)

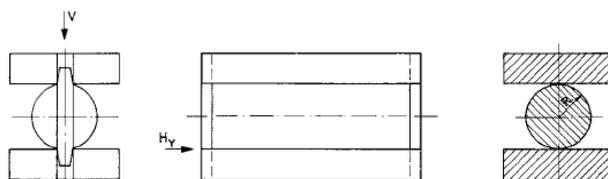
### 2.6.1 *Aparelhos de apoios fixos e moveis*

- Aparelhos de apoio de rolo ou rolete
- Aparelhos de apoio oscilantes ou do tipo pêndulo
- Aparelhos de apoio esférico ou cilíndrico

### 2.6.2 *Aparelhos de apoio de rolo ou roletes*

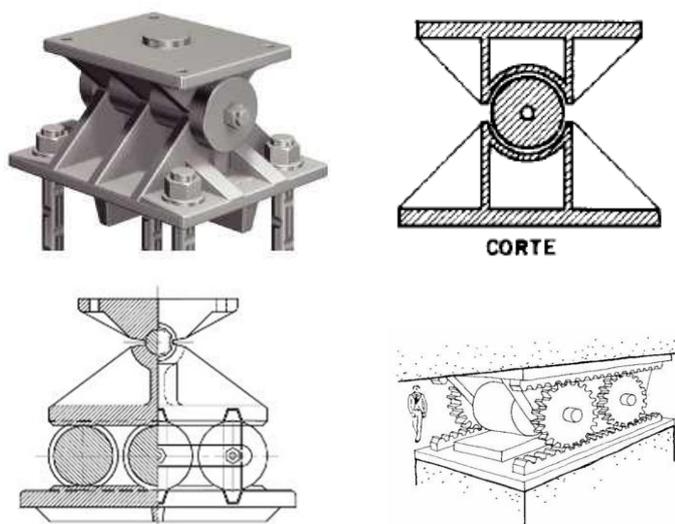
São combinados com chapas e é composto por um conjunto de rolos ou apenas por um deles que rodam por uma superfície plana, de acordo com Vieira (2013, p.41) “os movimentos relativos admitidos são apenas os deslocamentos, isto é, os movimentos de translação, considerando-se que as rotações existentes são diminutas” conforme (figuras 6 e 7).

Figura 6- Aparelhos de apoio metálico do tipo móvel



Fonte: El Debs e Takeya (2009)

Figura 7- Aparelho de Apoio de rolo ou roletes



Fonte: (VIEIRA, 2013)

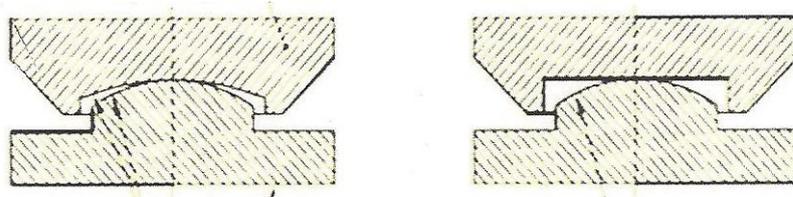
### 2.6.3 Aparelhos de apoio oscilante tipo pêndulo

Os primeiros aparelhos de apoio metálicos eram oscilantes do tipo pendulo, segundo Vieira (2013, p.15) alguns engenheiros desenvolviam gradualmente a consciência de que eram necessários aparelhos de apoio moveis que de fato teria que ultrapassar o atrito ao deslizamento com a movimentação da ponte com isso a aplicação dos rolos atenuaram o atrito existente.

Dois principais tipos de aparelhos oscilantes são estabelecidos sobre uma superfície superior esférica convexa e por uma superfície inferior plana ou esférica côncava de raio elevado um com contato pontual e outro com contato linear, conforme Vieira (2013, p.42) “dependendo de cada caso em particular pode ser considerada a hipótese de instalação invertida” o aparelho de apoio oscilante com

contato linear é composto por uma superfície cilíndrica que rotaciona sobre uma placa plana conforme as (figuras 8 e 9)

Figura 8- Aparelho de Apoio oscilante com contato pontual



Fonte: (VIEIRA, 2013)

Figura 9- Aparelho de Apoio oscilante com contato linear



Fonte: (VIEIRA, 2013)

Os aparelhos oferecem vantagens de comportar rotações elevadas em contorno dos três eixos, mais atualmente devido a algumas particularidades desfavoráveis quando comparadas com outros tipos de aparelhos como material do aparelho o custo de fabricação ou ate mesmo de movimentos que cada um libera, de forma sintetizada segue os deslocamentos admitidos pelos aparelhos de apoio oscilantes (quadro 2).

Quadro 2- Aparelhos de apoio oscilantes

<b>Aparelhos de Apoio Oscilantes</b>		
<b>Fixos</b>	<b>Unidireccionais</b>	<b>Multidireccionais</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não permite deslocamentos segundo a direcção longitudinal e transversal</li> <li>• Deslocamentos verticais diminutos</li> <li>• Rotações e deformações em torno dos três eixos (x,y,z)</li> <li>• Transmissão de esforços normais na vertical e de esforços horizontais no sentido longitudinal e transversal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deslocamentos horizontais apenas no sentido longitudinal</li> <li>• Rotações e deformações sobre os três eixos</li> <li>• Transmitem as forças verticais e horizontais segundo a direcção transversal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deslocamentos horizontais segundo a direcção longitudinal e transversal</li> <li>• Rotações e deformações sobre os três eixos</li> <li>• Transmite apenas o esforço normal segundo o eixo vertical z</li> </ul>

Fonte: (VIEIRA, 2013)

#### 2.6.4 *Aparelhos de Apoio Esféricos e Cilíndricos*

De acordo com Vieira (2013, p.43) “A constituição desta tipologia de aparelhos de apoio é uma superfície superior esférica ou cilíndrica convexa” elas são revestidas por uma camada de politetrafluoretileno (PTFE) quando está em contato com o aço, desenvolve um atrito extremamente baixo e apresenta uma resistência excepcional a substâncias químicas que tem como finalidade proteger visando solução dos problemas de aderência e de lubricidade evitando também corrosão “à fricção das peças deslizantes causa momentos reativos devido às rotações. Eles devem ser levados em consideração para considerar tensões adicionais no projeto do material do aparelho de apoio” (MENDES, RUAS GONZÁLES PUGA e ALVES, 2010,p.11)

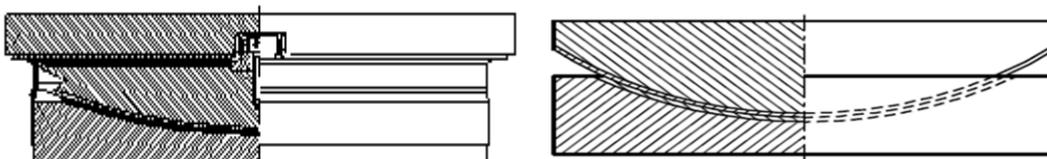
Conforme a tabela abaixo podemos ver as características dos diferentes tipos de movimentos liberados pelos aparelhos de apoio esféricos e cilíndricos (quadro 3) ilustração do aparelho (Figura 10).

Quadro 3- aparelhos de apoio esféricos e cilíndricos

<b>Aparelhos de Apoio Esféricos ou Cilíndricos comportando PTFE</b>		
<b>Fixos</b>	<b>Unidireccionais</b>	<b>Multidireccionais</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não permitem deslocamentos horizontais</li> <li>• Deslocamentos verticais reduzidos</li> <li>• Rotações e Deformações em torno dos três eixos</li> <li>• Transmitem os esforços normais na vertical e os esforços horizontais nas direcções: longitudinal e transversal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deslocamentos bloqueados num dos eixos, ou longitudinal ou transversal</li> <li>• Rotações e Deformações em torno dos três eixos</li> <li>• Transmitem os esforços normais na vertical e os esforços horizontais na direcção transversal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deslocamentos horizontais em ambas as direcções, longitudinal e transversal</li> <li>• Rotações e Deformações em torno dos três eixos</li> <li>• Transmitem apenas os esforços normais na vertical</li> </ul>

Fonte: (VIEIRA, 2013)

Figura 10- Aparelhos de Apoio cilíndricos ou esféricos com PTFE



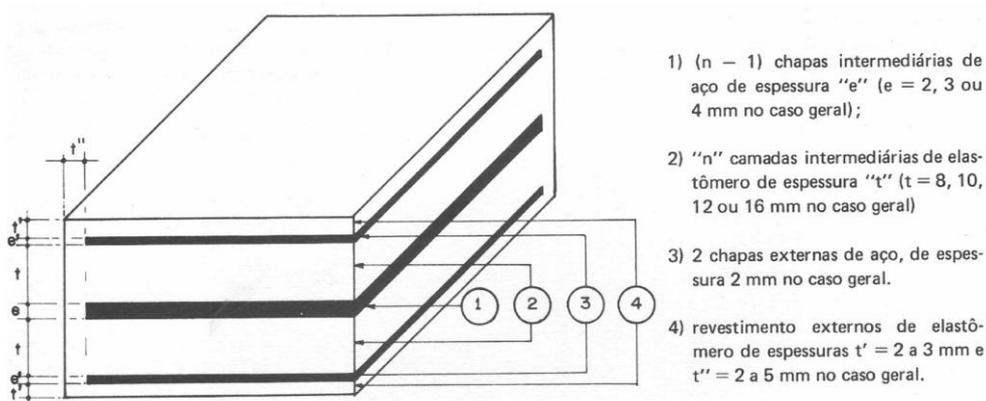
Fonte: (VIEIRA, 2013)

### 2.6.5 Aparelhos de Apoio neoprene

O elastômero é uma borracha sintética à base de policloropreno com um módulo de deformação transversal e longitudinal, e tensões normais de valores razoáveis com capacidade de recuperação quando submetido a esforços, seus pontos positivos sobressaem aos demais aparelhos por dispensar manutenção rigorosa, que já é necessária no caso dos aparelhos de apoio metálicos implica-se também em placas compatibilizadas com as dimensões da estrutura de concreto.

No caso usual de pontes são utilizadas placas de neoprene intercaladas com chapas de aço que são chamados de neoprene cintados ou fretados, que reduz seu achatamento demasiado e aumenta a resistência do aparelho para suportar as cargas elevadas no qual está sujeito, 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” tem a vantagem de ter baixo custo quando comparado aos metálicos (figura 11).

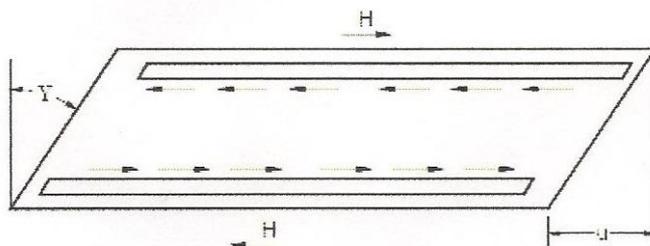
Figura 11- Características geométricas do neoprene fretado



Fonte: (EL DEBS; TAKEYA, 2007)

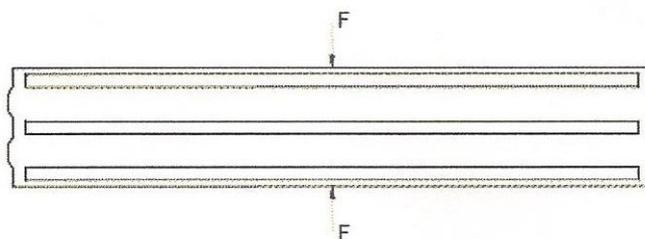
Os aparelhos de apoio de neoprene “permitem a rotação e translação relativas nas três direções, possuem inércia química, propiciam o amortecimento de efeitos dinâmicos e tem elevada resistência à compressão” (MILLER, BARBOSA e PESSANHA,2005,p.112). Conforme as figuras abaixo podem observar as liberdades que os aparelhos de apoio de neoprene oferecem ao comportamento fretado ao cisalhamento, à compressão e a rotação (figuras 12,13 e14).

Figura 12- Comportamento do neoprene fretado ao cisalhamento



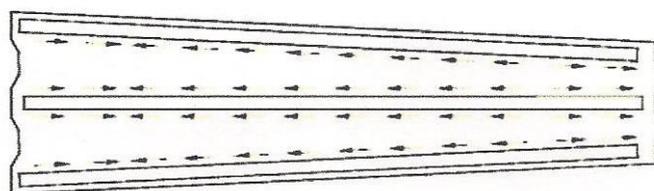
Fonte: (MILLER, BARBOSA e PESSANHA, 2005)

Figura 13- Comportamento do neoprene fretado à compressão



Fonte: (MILLER, BARBOSA e PESSANHA, 2005).

Figura 14- Comportamento do neoprene fretado à rotação



Fonte: (MILLER, BARBOSA e PESSANHA, 2005).

Figura 15- Comportamento do neoprene fretado ao cisalhamento



Fonte:

[http://www.freyrom.ro/Assets/Images/ServicesProducts/Laminated\\_Elastomeric\\_Bearing.jpg](http://www.freyrom.ro/Assets/Images/ServicesProducts/Laminated_Elastomeric_Bearing.jpg)

Figura 16- Exemplo de uso



Fonte: [http://www.cauchoverdu.com/images/temp/apoyos\\_elastomericos\\_y\\_pot.jpg](http://www.cauchoverdu.com/images/temp/apoyos_elastomericos_y_pot.jpg)

Quando se deseja uma mobilidade maior horizontalmente, pode se aplicar na superfície superior placas de teflon (politetrafluoretileno) mesmo material aplicado nos aparelhos de apoio metálicos para a solução de problemas com a aderência, quando esta em contato com o aço diminui o atrito. Existe uma subdivisão dos aparelhos de apoio elastômeros, não só feita por suas concepções diferentes mais também pelos movimentos que liberam, são distintos em três subtipos aparelhos de apoio simples de neoprene cintado; aparelhos de apoio de neoprene cintado fixos ou

bloqueado ou aparelho de apoio de neoprene cintado com superfície de guiamento (VIEIRA, 2013)

O aparelho simples de neoprene é composto por um bloco sem dispositivos adicionais, e podem conter chapas de aço exteriores para acoplar a mesa de assento podendo ser fixos por ancoragem ou colagem, assumindo os movimentos no sentido longitudinal e transversal, deslocamentos verticais reduzidos sem transmitir momentos e atende as Forças horizontais segundo a direção longitudinal e transversal considerando também os esforços normais (VIEIRA, 2013) conforme (figura 17).

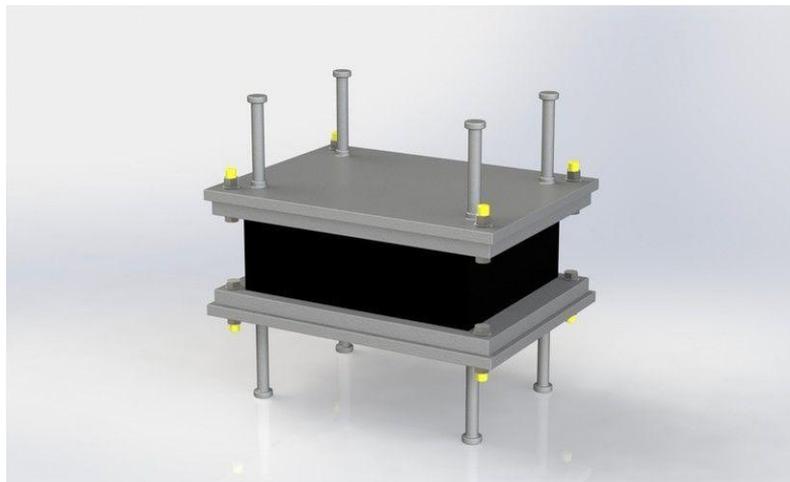
Figura 17- Aparelho de Apoio simples de Neoprene Cintado



Fonte: [http://img.archiexpo.com/images\\_ae/photo-g/126637-7898641.jpg](http://img.archiexpo.com/images_ae/photo-g/126637-7898641.jpg)

O aparelho de Apoio de neoprene cintado fixo é bloqueado por batentes na chapa inferior que ao engrenar com a chapa superior evita as oscilações de translação. Para fazer uma caracterização deste aparelho é avaliado o fato de impedir os movimentos longitudinais e transversais e minimizar os deslocamentos verticais (Figura 18), porém possuem a capacidade de rotação ocasionada pela deformação do aparelho de apoio em torno dos três eixos, transmitindo os esforços normais e não transferindo momentos (VIEIRA, 2013)

Figura 18- aparelho de Apoio de neoprene cintado fixo



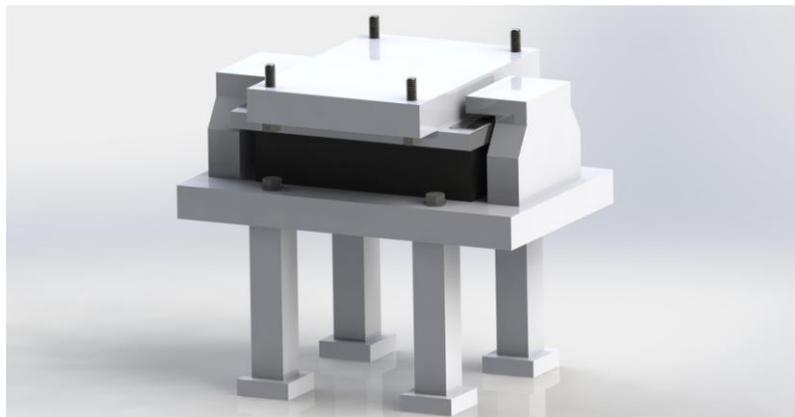
Fonte: [http://img.directindustry.de/images\\_di/photo-g/38983-3477797.jpg](http://img.directindustry.de/images_di/photo-g/38983-3477797.jpg)

Os Aparelhos de Apoio de neoprene cintado com superfícies de deslizamento com ou sem guia, torna-se pratico o uso quando se pretende o deslocamento em uma direção longitudinal ou transversal permitida pela guia existente no aparelho. Podem também não ser equipadas com guias e sim com o uso de folhas de PTFE (politetrafluoretileno) tornando o aparelho multidirecional permitindo os movimentos em ambas as direções.

Os movimentos típicos que caracterizam este aparelho de apoio são os deslocamentos no sentido longitudinal admitidos através de deslizamento e deformação. Na direção transversal, com o movimento impedido torna-se um apoio unidirecional e permitindo esse deslocamento na transversal contorna-se em um aparelho multidirecional sob a forma de deslizamento ou deformação (Figura 19).

Os deslocamentos verticais são baixos e possibilita a rotação em torno dos três eixos, a força na direção transversal igual à reação de bloqueamento e força horizontal segundo a direção longitudinal nula apoios unidirecionais.

Figura 19- aparelho de Apoio de neoprene cintado fixo



Fonte: <http://www.mageba.ch/fr/804/References.htm?Reference=19967>

#### 2.6.6 *Aparelhos de Apoio com receptaculo tip pote ou panela*

Compostos por um cilindro de aço em forma de panela este aparelho de apoio tem forma retangular ou circular sobre o qual se assenta um pistão que tem como função pressionar a camada de elastômero contido no interior do aparelho junto a chapa superior de aço que funciona como tampa devendo estar vedada junto às paredes para limitar o disco de neoprene em todo o seu volume em regra o emprego de uma junta ou anel de confinamento, que pode ser agregada no disco de neoprene ou no pistão evitando a saída do elastômero (VIEIRA, 2013)

Devido às características essenciais deste aparelho de apoio tipo panela ou pote “O confinamento do disco de neoprene, sujeito a uma elevada compressão é comparável a um fluido viscoso numa prensa hidráulica uma vez que o comportamento do elastômero confinado é muito semelhante ao dum líquido” (VIEIRA,2013, p.54) com isso a capacidade de absorver rotações em torno dos eixos horizontais garante uma deformação axial aproximadamente nula.

A sua capacidade de carga é uma das vantagens que diferenciam dos outros aparelhos, pois suporta cargas elevadas dentro de pequenas dimensões com uma competência de efetuar movimentos de grande amplitude em uma ou duas direções com um coeficiente de atrito muito reduzido (figuras 20 e 21).

Figura 20- Aparelho de Apoio com receptaculo tip pote ou panela



Fonte: <http://www.granor.com.au/media/latest-news/latest-news-article?id=28>

Figura 21- Aparelho de Apoio com receptaculo tip pote ou panela



Fonte: <http://resources1.news.com.au/images/2012/07/12/1226424/779937-bridge-bearing.jpg>

Figura 22-Esquema representativo aparelho de apoio tipo pot



Fonte: (VIEIRA, 2013)

## 2.7 Triagem do aparelho

Para a opção de um aparelho de apoio de uma situada obra é necessário ter um estudo precedente das cargas, e os movimentos a ser suportar pelo apoio para a escolha do aparelho. Atualmente existem varias soluções para a aplicação dos aparelhos de apoio, para cada caso deverá ser adotada a decisão mais apropriada do aparelho a se utilizar.

Os aparelhos devem atender as condições de funcionamento, ou seja, quais os movimentos que devem ser liberados e a sua capacidade de suportar as cargas e suas transmissões. A possibilidade de comparação entre os aparelhos de apoio sobre movimentos e cargas pode ser feito pelo quadro que tem os seguintes significados (Quadro 4).

- √ - Adequado
- X – Não adequado
- S – Requer considerações especiais

Quadro 4- Caracterização dos diferentes tipos de Aparelhos de Apoio

Tipo de Aparelho de Apoio		Translação permitida		Rotação permitida		Resistência à carga		
		Long	Transv	Long	Transv	Vertical	Long	Transv
Rolos ou Roletes	Rolete único	✓	x	✓	x	✓	x	s
	Roletes múltiplos	✓	x	x	x	✓	x	s
Oscilantes	com contacto linear	x	x	✓	x	✓	✓	s
	com contacto pontual	x	x	✓	✓	✓	✓	✓
Deslizantes Planos		✓	✓	x	x	✓	✓	s
Elastoméricos	Neoprene simples	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Neoprene cintado	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
De Painel ou receptáculo		x	x	✓	✓	✓	✓	✓
Guiados	Longitudinal	✓	x	✓	s	x	x	✓
	Transversal	x	✓	s	✓	x	✓	x

Fonte: (VIEIRA, 2013)

O próximo quadro abaixo fornece indicações sobre os níveis de carga e capacidade de movimentação dos aparelhos de apoio (Quadro 5).

Quadro 5- Orientação para a seleção de Aparelhos de Apoio em Pontes

Tipo de Aparelho de Apoio	Intervalo de carga vertical recomendada (KN)	Capacidade de movimento (mm)	Rotação em rad	Desempenho sísmico	Força horizontal nos Apoios (% da carga permanente da superestrutura)	Requisitos de manutenção	Intervalo da altura aproximada do AA	Aplicação típica			
								Recta	Curva	Aço	Betão
Roletes	600 a 2660	100	0,19	Pouco	3	max	360 a 660	✓	-	✓	-
Deslizantes Metálicos	200 a 1330	25	0,08	Pouco	15	max	50 a 100	✓	-	✓	-
Painel	200 a 17800	sem limite	0,04	Bom	3 a 5	min	60 a 180	✓	✓	✓	✓
Esféricos	800 a 26700	sem limite		Bom	5 a 10	min	125 a 250	✓	✓	✓	✓
Neoprene	100 a 450	10	Desprezável	Bom	3 a 12	nenhum	10 a 209	✓	✓	-	✓
Neoprene cintado	300 a 2200	60	0,025	Bom	3 a 12	nenhum	10 a 20	✓	✓	-	✓

Fonte: (VIEIRA, 2013)

### 2.7.1 *Causa dos movimentos na estrutura*

A necessidade da aplicação dos aparelhos de apoio em uma estrutura trata-se em transferir os esforços aplicados na superestrutura que são transferidos para a mesoestrutura, esta movimentação é devido ao comportamento da estrutura em meio ao ambiente que provoca tração e retração nas peças que por consequência ocorre uma movimentação inevitável, as ações permanentes apresentam variações na vida útil da obra neste período são consideradas estas cargas nos cálculos estruturais segundo cordeiro (2014, p.34-35)

- Peso próprio da estrutura
- Pré – Esforço
- Efeitos Diferidos a fluência e a retração
- Atrito nos aparelhos de apoio de deslizamento

Embora os aparelhos de apoio móveis tenham a função de liberar os movimentos não pode ser desconsiderado o atrito.

As ações variáveis são dinâmicas e significativas para a obra e são previstas nos cálculos estruturais são elas:

- Sobrecarga Rodoviária como veículo tipo três eixos e seis rodas mais carga uniforme e sobrecarga linear
- Frenagem
- Sobrecarga em Passeios
- Sismos
- Vento
- Variações de Temperatura uniforme ou diferenciais
- Pressões Hidrodinâmicas
- Ações atuantes na fase construtiva
- Ações de Levantamento do tabuleiro

As ações excepcionais são de baixa probabilidade de ocorrência na vida útil, contudo também são consideradas nos cálculos para a segurança da obra as colisões pode ser um exemplo dessa ação, para a elaboração de um projeto de uma estrutura é necessário ter conhecimentos destas ações e aplicar coeficientes em cada uma para obter situações críticas para a segurança na obra.

### *2.7.2 Vida útil do aparelho de apoio*

Segundo Vieira (2013) alguns aparelhos de apoios são desatualizados e não são mais utilizados, pelas suas características que não mais favorecem a estrutura, ou seja, pelo tipo do material constituinte, ou pelos movimentos liberados que não atende os requisitos.

Nem sempre o aparelho de apoio terá uma vida útil comparada à de uma ponte ou de um viaduto, por isso é importante se fazer uma associação do tempo de vida útil do aparelho com a da ponte, sabemos que os aparelhos de apoio metálicos necessitam de manutenção rigorosa “As articulações metálicas são altamente dependentes de manutenção cuidadosa e permanente” (DNIT 091-ES, 2006,p.4) já os aparelhos de apoio de neoprene não precisa de requisitos para a manutenção, mais existem vários fatores que possam implicar na escolha do melhor aparelho relacionado a vida útil do mesmo, por isso é recomendável que se faça essa associação entre eles.

A substituição não previstas destes aparelhos de a apoio podem causar transtornos futuros, “é uma operação cara e difícil, quando esta substituição não foi prevista em projeto, apesar de obrigatória a partir da NBR 7187” (DNIT 091-ES, 2006,p.4)

Por isso torna-se necessário levar em consideração a possível substituição no decorrer do tempo por invalidez do aparelho de apoio, é preciso levar em conta também que para efetuar a troca destes aparelhos de apoio é necessário à suspensão do tráfego que demanda operação bastante onerosa e problemática.

Os critérios de medição dos aparelhos de apoios são obtidos por unidade de peças aplicadas, para a aceitação desses serviços a aplicação tem que atender as especificações exigidas ou caso contrário é necessário que seja refeito.

## **2.8 Produção, Transporte, Armazenamento, Aplicação dos aparelhos de apoio, Funcionamento e Manutenção.**

### *2.8.1 Produção*

O mau funcionamento do aparelho de apoio pode trazer consequências na estrutura da obra, quando se trata de fabricação, os aparelhos podem não seguir os procedimentos ou critérios específicos podendo não atingir sua capacidade total ou parcial para suportar cargas.

### *2.8.2 Transporte*

É necessário o transporte correto dos aparelhos para evitar danos, o acondicionamento é importante para a garantia de proteção anticorrosiva da peça tornado essencial à fixação segura do aparelho impedindo que se movimente durante o transporte para o local de destino; alguns aparelhos são de tamanho e peso elevado que necessita de estruturas auxiliares de apoio nestes casos também é necessário fixar o aparelho.

### *2.8.3 Armazenamento*

O aparelho de apoio deve estar bem armazenado tanto nas indústrias de fabricação, quanto na obra onde será aplicado, longe de locais onde não existem produtos agressivos refutando locais de alta temperatura e evitando locais úmidos e que seja bem arejado; não pode ser armazenado em pilhas e sempre ficar em posição de instalação é necessário também elementos de proteção entre os aparelhos de apoio.

### *2.8.4 Aplicação dos aparelhos de apoio*

Segundo (MAIA, 2014) a falta por parte dos operários de obter ciência no manuseio e aplicação do aparelho, acarreta em uma intervenção precoce no reparo para corrigir anomalias.

Na aplicação dos aparelhos de apoio é onde acontecem erros mais frequentes, causando irregularidades no funcionamento dos aparelhos sendo os principais como falta de alinhamento, inclinações, altura são os que mais se evidenciam para evitar certos erros conforme cordeiro (2014, p. 41-42) são necessários:

- O artifício de ancoragem dos aparelhos de apoio na estrutura deve certificar uma ligação infalível permitindo futuramente a sua simples remoção, caso seja indispensável, sem prejudicar a estrutura, nem sobrecarregar outros aparelhos de apoio entre outros danos.
- Antes da ancoragem, os aparelhos de apoio devem ser conferidos de modo a garantir que correspondem aos citados no projeto.
- Os locais de emprego dos aparelhos de apoio devem ser munidos das armaduras adequados de modo a tolerarem as cargas a que estarão submetidos.
- O peso da estrutura não deve ser aplicado nos aparelhos de apoio até que o material que compõe o plinto superior e inferior conceda a resistência suficiente para tolerar as forças aplicadas.
- Os mecanismos de fixação provisórios devem ser tirados no momento oportuno (antes da transferência de esforços e movimentos aos aparelhos de apoio), entretanto existem hoje sistemas em latão que não devem de ser extraídos uma vez que rompem quando requisitado pela estrutura.
- Os furos dos mecanismos de fixação provisórios tendo que ser cheios. Contudo, estes furos são por vezes aproveitados pelas fixações decisivas pelo que o material aproveitado para enchê-los deve ser facilmente removível.
- Pré-ajustes nos aparelhos devem enjeitar, pois estão agregados a dificuldades de montagem.

- É fundamental assegurar que os aparelhos de apoio são tolerados de modo idêntico em toda sua área de alinhamento, particularmente os aparelhos unidirecionais de rotação ou limite horizontal.
- O Plinto deve oferecer uma superfície plana e livre de irregularidades, porem uma superfície lisa demais deve ser evitado, pois prejudica e elimina o atrito entre a base e o aparelho de apoio.

A eliminar as irregularidades estas devem ser preenchidas com o material adequado, dependendo este dos seguintes parâmetros. Dimensões, folga, o tipo do aparelho e suas dimensões, carregamentos sobre os aparelhos e carga precoce, solicitação de fricção e o acesso em torno doas aparelhos de apoio.

#### 2.8.5 *Funcionamento*

Os aparelhos de apoio são projetados para oferecer deliberados movimentos e esforços, e quando não possuem a finalidade para o qual inicialmente foram gerados podem estar relacionados com:

- Cargas verticais maiores que o esperado
- Movimento superior aos previstos
- Exposição a agentes corrosivos
- Contato com a água
- Deficiências ao nível de impermeabilização e estanqueidade
- Falhas de escoamento
- Danificação do sistema de proteção

#### 2.8.6 *Manutenção*

As manutenções constantes dos aparelhos de apoio ajudam na prevenção e também prolongam a vida útil da peça reduzindo custos altos que seriam desnecessários, os parâmetros mais significativos para a manutenção dos aparelhos e seus controles são:

- Controle e Medição dos movimentos horizontais e de rotação.
- Conferir se existe um aumento do volume de tráfego ou da velocidade de circulação
- Manter atividade do sistema de escoamento e conferir se as juntas de dilatação não apresentam complicação de estanqueidade que levem a danificação dos aparelhos de apoio
- Limpeza do local de assentamento, dando condições para que os movimentos não sejam restringidos.
- Escoamento da mesa de apoio, um escoamento deficiente pode leva à corrosão das partes metálicas dos aparelhos de apoio.
- Garantir uma boa lubrificação de forma não existir resistência ao movimento diminuindo o Atrito entre materiais
- Para avaliar os aparelhos de apoio ele deve encontrar-se em locais de fácil acesso de modo a serem facilmente avaliados.

## **2.9 Procedimento de substituição**

### *2.9.1 Manutenção com o erguimento do tabuleiro*

Quando não são possíveis uma reparação e os danos causados já os prejudicam é indispensável uma substituição dos aparelhos de apoio, é necessário um procedimento para o levantamento no alinhamento até a condição de alívio dos aparelhos, para estes métodos são necessários macacos hidráulicos para o erguimento do tabuleiro, com isso para facilitar esta manutenção ou provável substituição é necessário uma plataforma de acesso (CORDEIRO, 2014). Para as distribuições das cargas são utilizados chapas nas extremidades do macaco hidráulico.

É importante observar as capacidades de carga do macaco para assegurar que não ultrapassem os 75% ou 80% da sua capacidade, considera-se o peso próprio da estrutura junto ao restante das cargas permanentes, pré-esforços, carga uniforme linear, tensões na seção de apoio e reações de apoio. Nos dias de hoje existem macacos hidráulicos que permitem o levantamento das estruturas sem a interrupção do tráfego, garantindo menos transtornos e elevando a segurança na

substituição. Para os procedimentos de substituição dos aparelhos de apoio são necessários segundo Cordeiro (2014, p.82-83)

- Colocação dos macacos no alinhamento, ligados através de distribuidores (flautas), recorrendo a chapas de apoio resistentes para calçamento dos mesmos.
- Erguendo o tabuleiro uniformemente, não permitindo desníveis superiores entre as extremidades da carlinga, para evitar esforços transversais de flexão ou torção da laje e das vigas.
- Aperto das porcas de segurança se houver
- Remoção dos aparelhos de apoio
- Manutenção do aparelho de apoio
- A aplicação do aparelho de apoio deve ser correta, nivelado e travado com fixações provisórias.
- Grouteamento do plinto inferior;
- Correção do desnivelamento nas fixações, com recurso a anilhas metálicas em cunha, todavia será realizada uma melhor avaliação após descolagem da chapa superior.
- Selagem e injeção ou grouteamento da chapa superior dependendo da altura de enchimento, por forma a proceder ao nivelamento do equipamento de apoio.
- Desaperto das porcas de segurança
- Transferência de carga dos macacos para os aparelhos de apoio.
- Retirar os macacos e as chapas de distribuição
- Pintura das zonas dos aparelhos de apoio que tenham sido danificadas com as operações.
- Remoção das chapas de bloqueio dos aparelhos de apoio

### **3 METODOLOGIA**

#### **3.1 Classificação da pesquisa**

Esta pesquisa baseia-se em um estudo de caso exploratório, onde será identificado o tipo de aparelho de apoio utilizado na ponte Fernando Henrique Cardoso, tanto a quantidade de aparelhos aplicados na mesma, Realizando também uma avaliação visual dos aparelhos levando em consideração o tempo de uso que se somam em dezesseis anos, com isso surge uma importância de um conhecimento prévio desses aparelhos quanto as suas condições atuais.

#### **3.2 Pesquisa bibliográfica**

Foi realizado um estudo bibliográfico em livros, artigos científicos, teses de mestrados e doutorados que destacam a utilização dos aparelhos de apoios e como funcionam pra que servem, onde são aplicados e de que materiais são feitos buscando um entendimento no assunto para ter como auxílio na vistoria que será feita na ponte Fernando Henrique Cardoso em Palmas Capital do Tocantins.

#### **3.3 Objeto de estudo**

A ponte Fernando Henrique Cardoso foi inaugurada no ano de 2002 no lago de Palmas que foi formado pela construção da usina hidroelétrica de Lajeado, localizada na To-080 a ponte faz ligação entre Palmas e o distrito de Luzimangues que faz parte do município de Porto Nacional e é formada por quatro aterros e três pontes. A vazante principal foi edificada no leito do rio Tocantins e tem um comprimento total de mil metros de extensão contem vinte pares de pilares e vinte e um vãos, as outras duas vazantes têm cem metros e toda a extensão da ponte é totalizada em oito mil metros (ESTATÍSTICA, 2018).

Figura 23- Ponte Fernando Henrique Cardoso



Fonte: <http://www.ehl.com.br/ViewPortfolio.aspx?Id=335a44d2-3a54-45a4-9a8c-f49fb5b36290>

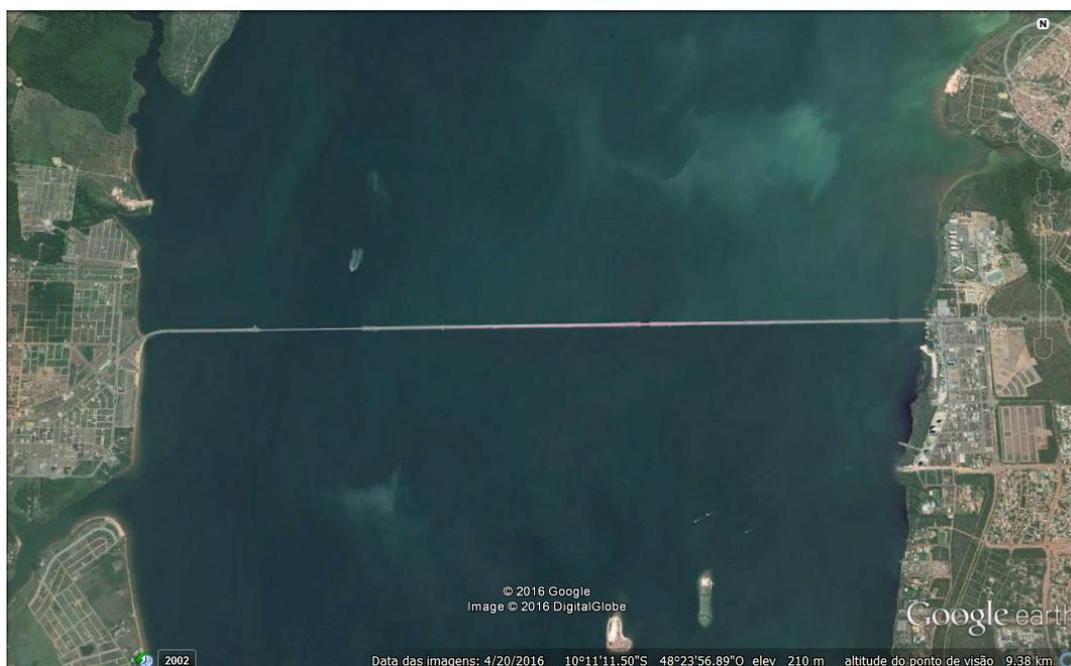
A sua arquitetura foi idealizada no formato causeway que se trata da construção de pontes sobre aterros que é casualmente construída sobre lagos e mares mais comuns em locais com águas mansas e dá ideia de uma rua ou estrada conforme (figura 24).

Figura 24- Ponte Fernando Henrique Cardoso



Fonte: [http://www.acj.com.br/site/arquivos/ponte-rio-tocantins-8-061176\\_g.jpg](http://www.acj.com.br/site/arquivos/ponte-rio-tocantins-8-061176_g.jpg)

Figura 25-imagem de satélite da ponte Fernando Henrique Cardoso



Fonte: Google Earth

### 3.4 Materiais e métodos

Foi utilizado um carro com reboque para levar o barco com motor até o pear ao lado da praia da graciosa, local destinado para descer embarcações, para efetuar este trabalho será necessário o auxílio de um ajudante que ira pilotar o barco e que auxiliará nas demais tarefas, desembarcando o barco no pear será colocado o colete salva-vidas após organizar todos os itens que serão utilizados, será empregado folhas de papel A4 com lápis e uma borracha para fazer um croqui da ponte para facilitar o entendimento e anotar observações que serão feitas, tal como os pilares e quantidades de aparelhos utilizados na ponte. Será necessário o uso um drone para fotografar os aparelhos de apoio e notebook para descarregar as fotos, criando pastas particulares para o conjunto de pilar e aparelhos de apoio obtendo assim o conhecimento do tipo aplicado e posteriormente fazendo uma comparação sobre suas condições atuais entre eles.

Serão tiradas as fotos do lado esquerdo e direito da ponte em toda a sua extensão e em cada pilar existente, será chamado o lado de Palmas de A e o lado B o de Porto Nacional, inicialmente a contagem dos pilares do lado B para o Lado A será utilizado uma lanterna para o caso de se entrar em alguma viga metálica que

por ventura possa dar acesso a pilares e aos aparelhos, serão também observados a acessibilidade para devidas manutenções ou possível substituição do aparelho caso seja necessário.

### **3.5 Levantamento de dados**

Segundo a norma do DNIT 091 (2006)-ES estabelece alguns procedimentos de recuperação e vistorias para um possível serviço de manutenção dos aparelhos de apoio, conforme a norma é necessária uma inspeção minuciosa. Para o levantamento dos dados individuais de cada aparelho de apoio, foram realizadas duas visitas na ponte Fernando Henrique Cardoso, no primeiro dia foram fotografados todos os aparelhos de apoio do lado esquerdo da ponte no sentido Porto Nacional a Palmas, no segundo dia foram fotografados os aparelhos de apoio do lado direito no sentido Porto Nacional a Palmas na vazante principal.

Para avaliar as condições atuais dos aparelhos de apoio foram observados se há detritos que impeçam sua movimentação prevista, os aparelhos de apoios metálicos por serem dependentes de manutenções permanente e cuidadosa todos estão sujeitos ao um ataque de corrosão.

É importante observar se há existência de infiltrações, se os aparelhos de apoio ficam diretamente expostos às intempéries podendo ocorrer algum acúmulo de produtos que possam afetar o aparelho, ou empilho de detritos como a poeira prejudicando sua lubrificação e os movimentos liberados que o aparelho proporciona na estrutura.

Serão estudados alguns dos dados do levantamento segundo a norma do DNIT 091 (2006)-ES. As fotos tiradas dos aparelhos de apoio da ponte Fernando Henrique Cardoso serão separadas em pastas específicas e particulares para cada pilar, e serão feitas inspeções no ato das fotografias observando e respeitando os procedimentos da norma, sendo avaliados um por um se há algum tipo de irregularidade com a integridade física do aparelho de apoio.

Será realizada a inspeção com base em alguns dos seguintes itens:

- Verificação de detritos que possam impedir os movimentos que os aparelhos de apoio proporcionam a estrutura.
- Verificar se há possíveis trincas na parte superior do pilar onde o aparelho de apoio se encontra
- Observar visualmente o alinhamento entre eles
- Conferir se há folgas nos aparelhos de apoio que serão denunciadas pela passagem de veículos pesados
- Observar a presença de umidade nas proximidades dos aparelhos de apoio
- Verificar sua integridade em relação à ferrugem e lubrificação

Os dados recolhidos na visita serão analisados e passado mostrados porcentagens de acordo com as irregularidades encontradas nos aparelhos de apoio fotografados em alguns dos itens citados acima, e em gráficos feitos no Excel serão apresentados.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Definição e etapas**

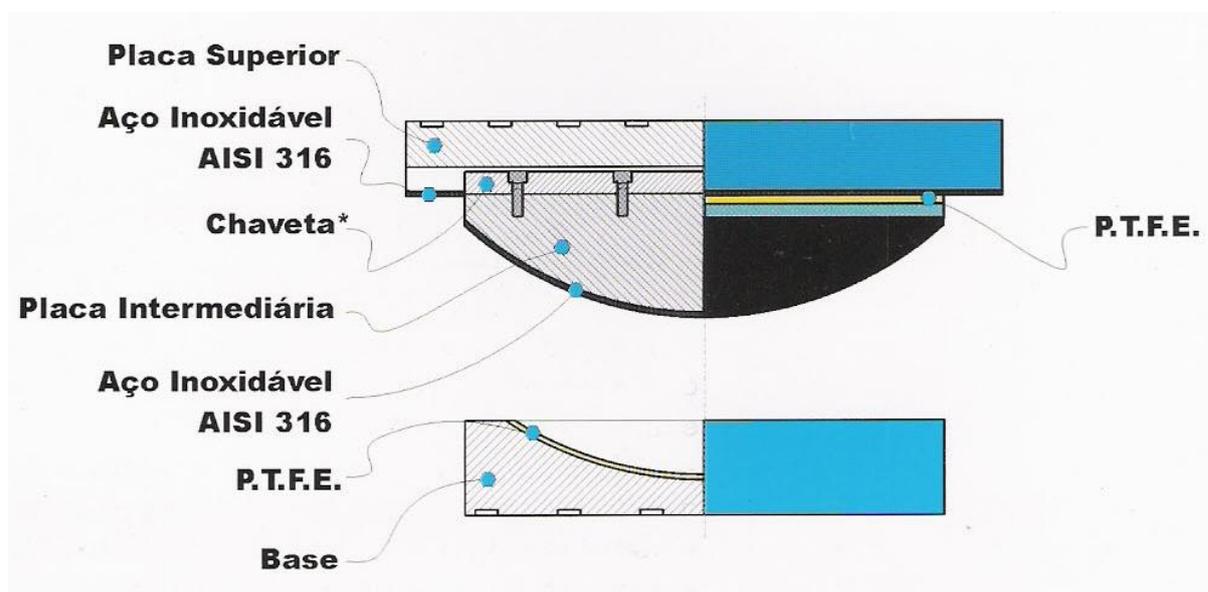
Através da norma do DNIT 091 (2006)-ES, foi possível alcançar algumas etapas da vistoria visual realizada na ponte Fernando Henrique Cardoso, foram tiradas varias fotos utilizando um drone phantom 3 professional com imagens de qualidade, possibilitando a identificação dos aparelhos de apoio aplicados. Foi definido um processo de duas etapas, devido às baterias do drone que duravam 15 minutos, por esta condição foi realizado este processo em dois dias.

Ao iniciar o processo de fotos foi observado um problema pelo operador do drone, ao se aproximar das vigas metálicas por interferência magnética, o drone perdia a estabilidade e por questões de segurança os aparelhos fotografados foram apenas os das laterais. Foi definida a quantidade total de 152 (cento e cinquenta e dois) aparelhos de apoio aplicados, sendo eles em três modelos metálicos. Após identificar o fabricante, foi tentado contato com o mesmo para obter mais ciência sobre os aparelhos.

Pelo fato do drone não conseguir se aproximar de todos, foram vistoriados somente 80 aparelhos de apoio, que estavam aplicados nas laterais e nas cabeceiras da ponte. Segue o tipo e Descrição dos aparelhos aplicados na ponte Fernando Henrique Cardoso:

- Os aparelhos de apoios metálicos cernoflon permitem rotações somente em um dos eixos horizontais, possuindo movimentos de rotação e deslocamentos através do acoplamento de duas superfícies cilíndricas, o contato das superfícies é por meio de uma chapa inoxidável e outra de PTFE entre suas principais características são suas pequenas dimensões do aparelho para a mesma solicitação de carga por causa do contato total da superfície evitando concentrações de tensões, existe uma garantia de funcionamento pelas características antioxidantes dos materiais utilizados, deslocamentos no eixo “X” e “Y” e rotação em relação a uma direção, os aparelhos de apoio fixo e unidirecional segundo a protende contém os mesmos matérias em sua composição conforme (figura 26).

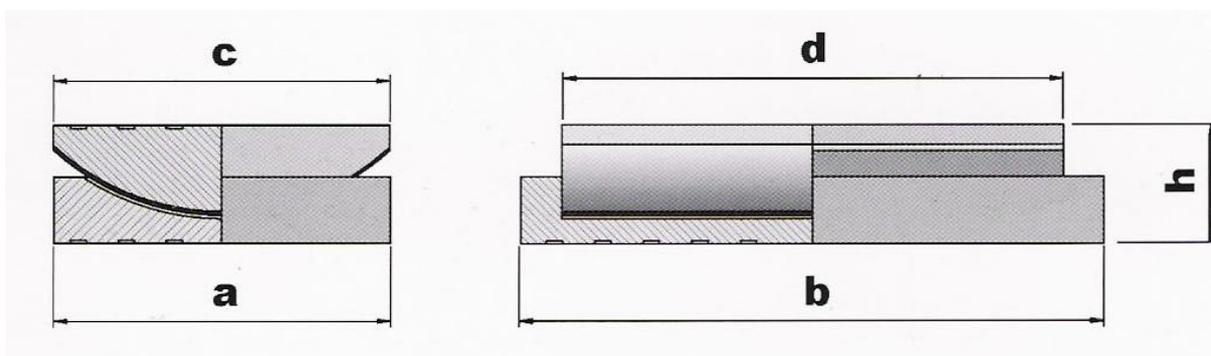
Figura 26-Componentes dos aparelhos



Fonte: <http://protende.engenharia.ws/CAT%C3%81LOGO%20PROFIP.pdf>

- **Cernoflon fixo** (Figura 27). permite rotações apenas em um dos eixos horizontais e não permitem deslocamentos.

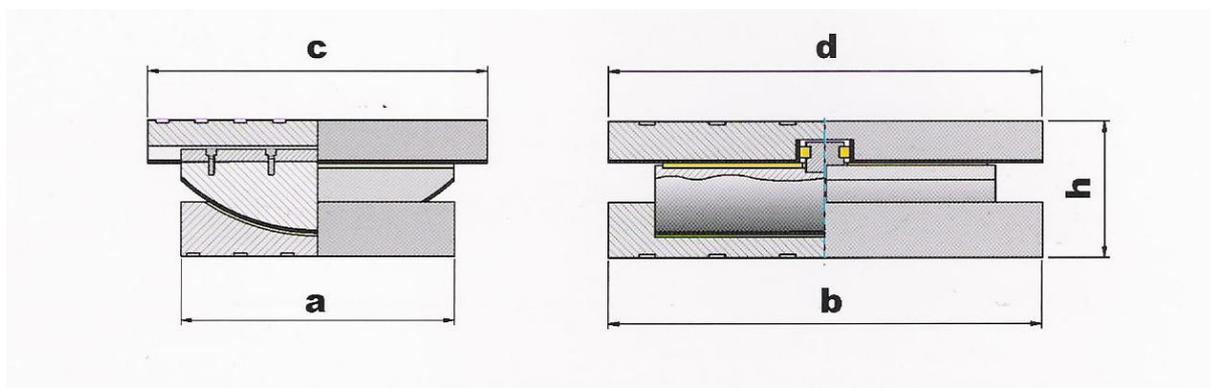
Figura 27-cernoflon fixo



Fonte: <http://protende.engenharia.ws/CAT%C3%81LOGO%20PROFIP.pdf>

- **Cernoflon unidirecional** (figura 28). permite rotações em um dos eixos horizontais e deslocamento em uma direção.

Figura 28-cernoflon unidirecional



Fonte: <http://protende.engenharia.ws/CAT%C3%81LOGO%20PROFIP.pdf>

Já o terceiro aparelho de apoio, aparece nas duas extremidades do pórtico que está localizado no centro da ponte (figura 29).

Figura 29- Pórtico da Ponte



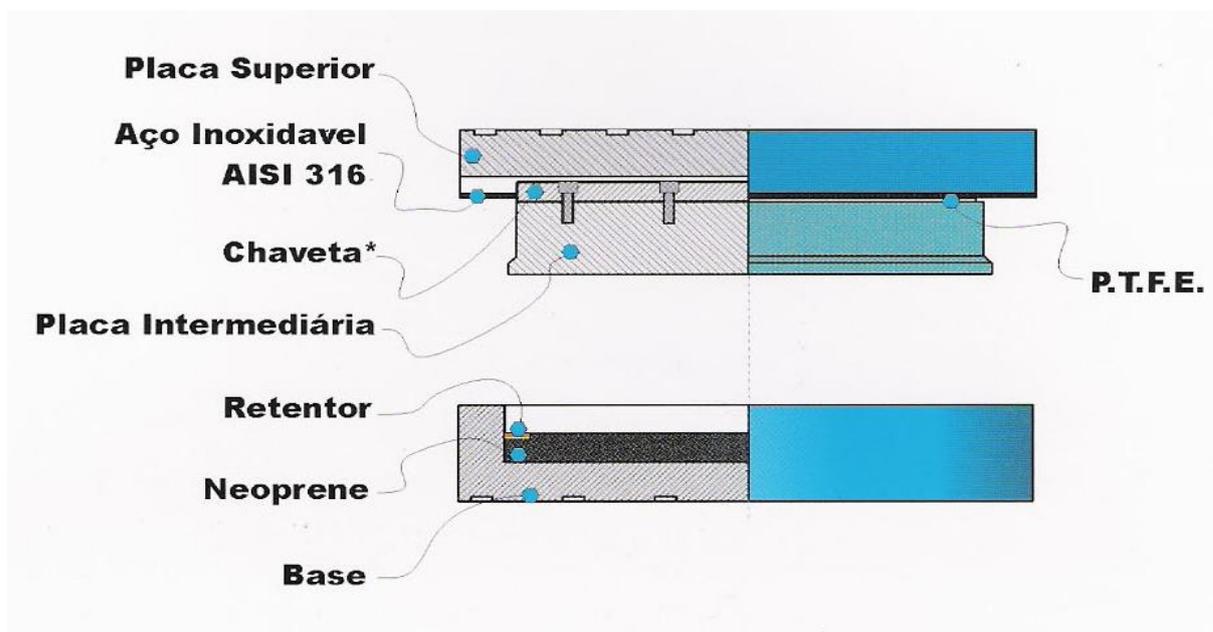
Fonte: Autor

O vasoflon é um aparelho de apoio que suporta cargas verticais e horizontais, que permite rotação limitada de  $0,015$  rad em relação ao eixo horizontal, o elemento de rotação é uma almofada elastomérica confinada em um cilindro com pistão de precisão e retentor. O deslizamento ocorre entre a superfície de aço inox polida e placas de PTFE (politetrafluoretileno). Suas características são:

- Tem uma capacidade grande de absorver cargas horizontais em relações as cargas verticais atuantes
- Baixa reação a rotação angular
- Pequenas alturas de aparelhos
- Possibilidade de medições e registros das reações de apoio
- Possibilidade de compensar recalques diferenciais

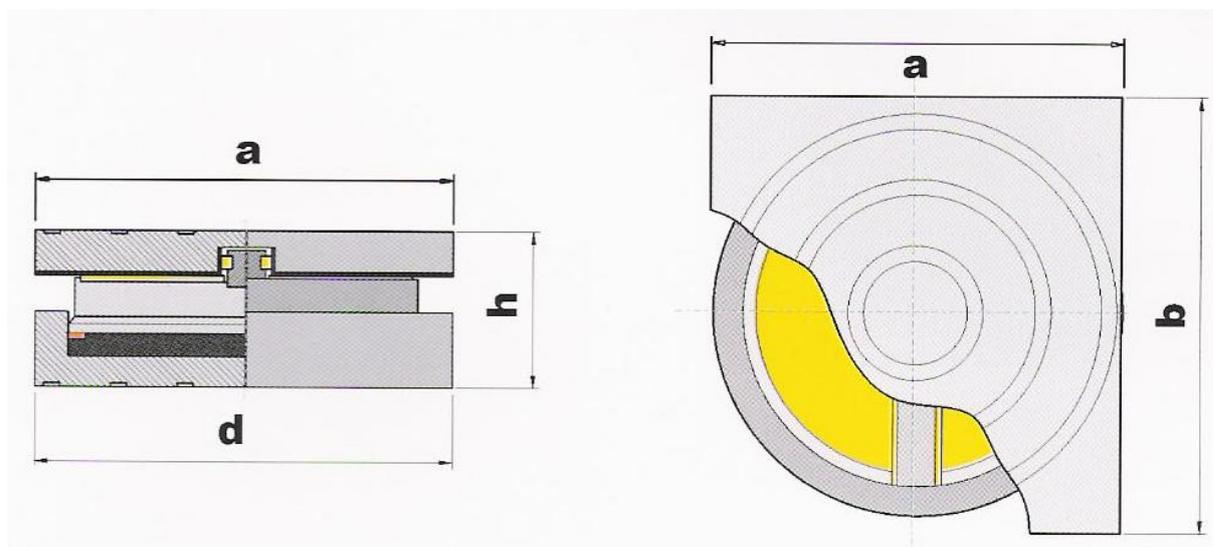
**Vasoflon unidirecional** é constituído de uma placa de base monolítica (pot) onde abriga um disco elastomérico e vedação interna, obtém uma placa intermediária em forma de pistão apoiando-se no disco de elastômero, com a superfície superior parcialmente com película de PTFE com chave para guiar os movimentos e resistir às forças laterais conforme (figura 30).

Figura 30-componentes dos aparelhos



Fonte: <http://protende.engenharia.ws/CAT%C3%81LOGO%20PROFIP.pdf>

Figura 31-vasoflon unidirecional



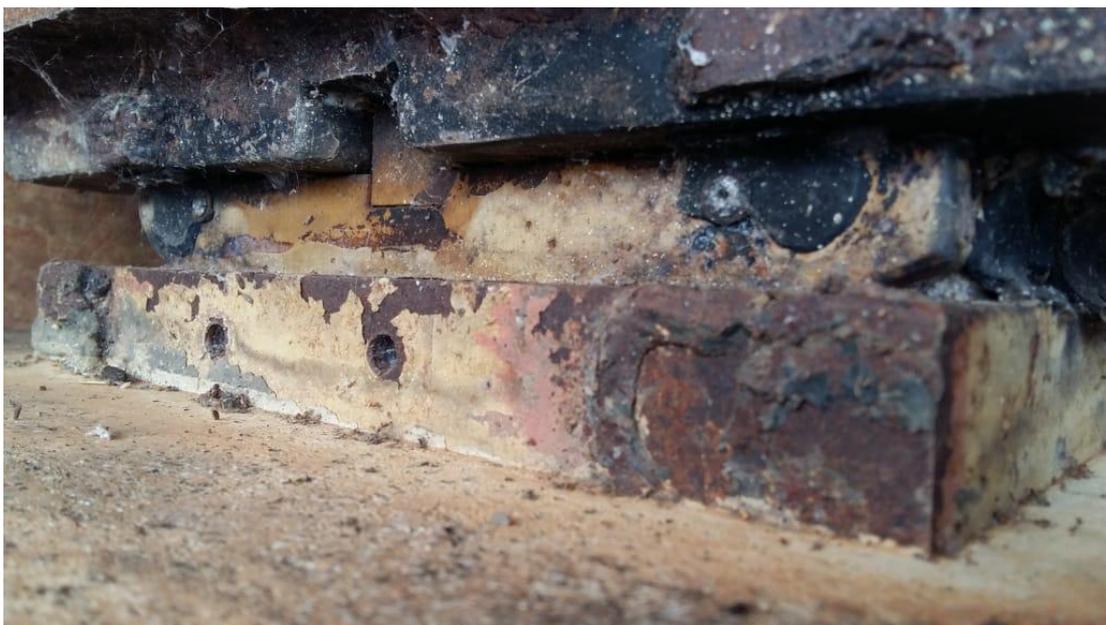
Fonte : <http://protende.engenharia.ws/CAT%C3%81LOGO%20PROFIP.pdf>

## 4.2 Análise dos Aparelhos de Apoios

Para a análise visual foi levado em consideração os seguintes itens:

- ***Se há pontos de corrosão contidos nos aparelhos de apoio aplicados conforme (figura 32).***

Figura 32-Aparelho com corrosão



Fonte: Autor

- ***Se nas proximidades dos aparelhos existem detritos ou impurezas que prejudicam de alguma forma sua integridade de movimentação conforme (figura 33).***

Figura 33-impurezas próximo ao aparelho



Fonte: Autor

- ***Verificar se há possíveis irregularidades na base onde o aparelho de apoio se encontra (figura 34).***

Figura 34-Base irregular



Fonte: Autor

- ***A presença de umidade nas proximidades dos aparelhos que geram zonas de respingos conforme (figura 35).***

Figura 35-umidade próximo aos aparelhos



Fonte: Autor

- ***O pleno funcionamento do raspador de borracha neoprene para impedir a entrada de pó ou sujeira como mostra a (figura 36).***

Figura 36-raspador danificado



Fonte: Autor

- ***Trincas na base do apoio (figura 37).***

Figura 37- Trinca na base do aparelho



Fonte: Autor

### 4.3 Croqui dos Aparelhos

Para o fácil entendimento dos três aparelhos de apoio aplicados na ponte, foram feitos três modelos de croquis para uma fácil demonstração das suas localidades, para as seguintes cores são representados os seguintes tipos de aparelhos de apoio:

- A cor **vermelha** se refere ao aparelho de apoio **Cernoflon Unidirecional**, que ao total, é representado por **72** unidades e foram fotografadas apenas **40** unidades.
- A cor **amarela** se refere ao aparelho de apoio **Cernoflon Fixo**, que tem um total de **72** unidades aplicadas na ponte, porém somente **36** foram fotografados.
- A cor **verde** se refere ao aparelho de apoio **Vasoflon Unidirecional** localizado nas extremidades do pórtico, tem um total de **8** unidades aplicadas porém foram fotografados apenas **4** unidades.

Os aparelhos de apoio aplicados próximo à cabeceira da ponte são distribuídos conforme a figura 38.

Figura 38- disposição dos aparelhos no bloco de concreto



Fonte: Autor

Para a maioria dos casos aplicados que são exatamente dezesseis blocos de encontro praticamente idênticos, abrigam os dois tipos de aparelhos mais usados no caso da ponte Fernando Henrique Cardoso, como segue o modelo ilustrado na (figura 39). Suas medidas aproximadas são de 12 x 2,5 metros

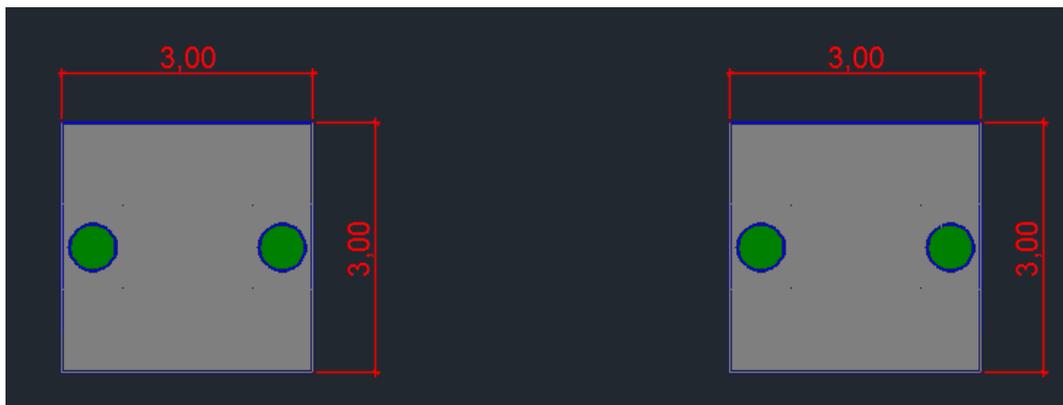
Figura 39- disposição dos aparelhos no bloco de encontro



Fonte: Autor

Os aparelhos de apoio Vasoflon Unidirecional são de minoria como segue na imagem ilustrativa, e está abrigada sobre quatro pilares que fazem ligamento ao pórtico da ponte a imagem ilustrativa abaixo faz referência a dois destes quatro pilares, conforme (Figura 40).

Figura 40- disposição dos aparelhos no bloco de concreto



Fonte: Autor

#### 4.4 Ancoragem destes aparelhos

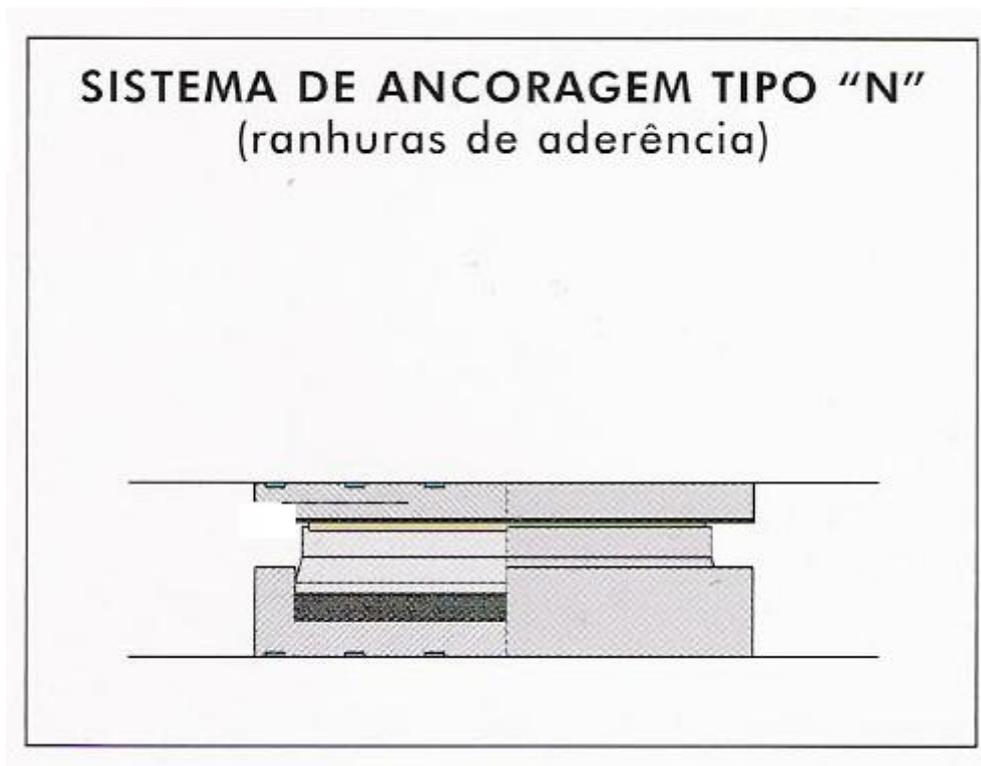
A ancoragem dos aparelhos Cernoflon Unidirecional e Cernoflon Fixo, foi realizado através de cordões de solda pelo fato das vigas serem metálicas. Na parte inferior do aparelho é considerado o atrito através dos canais para aumentar a aderência com o uso de resina epoxy ou similar como tipo de ancoragem conforme a (Figura 41 e 42).

Figura 41- ancoragem



Fonte: Protende

Figura 42- ancoragem



Fonte: <http://protende.engenharia.ws/CAT%C3%81LOGO%20PROFIP.pdf>

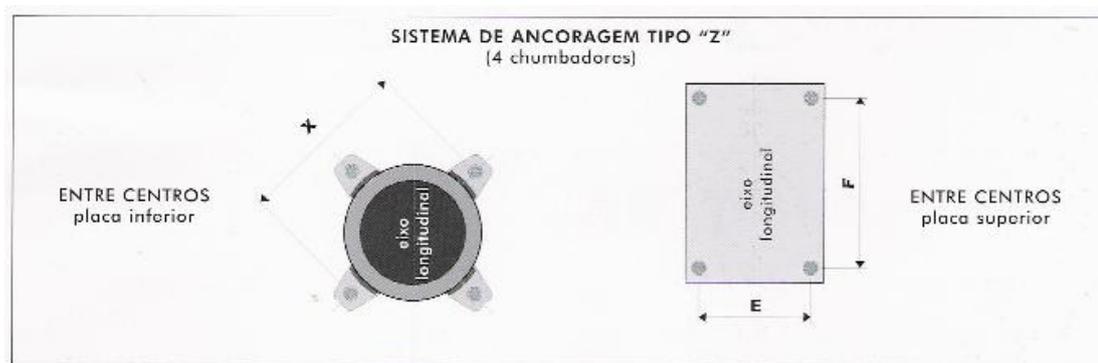
A ancoragem do aparelho Vasoflon Unidirecional, foi através de quatro chumbadores conforme (Figura 43 e 44).

Figura 43- ancoragem



Fonte: Protende

Figura 44- ancoragem



FONTE : <http://protende.engenharia.ws/CAT%C3%81LOGO%20PROFIP.pdf>

Figura 45- aparelho do pórtico

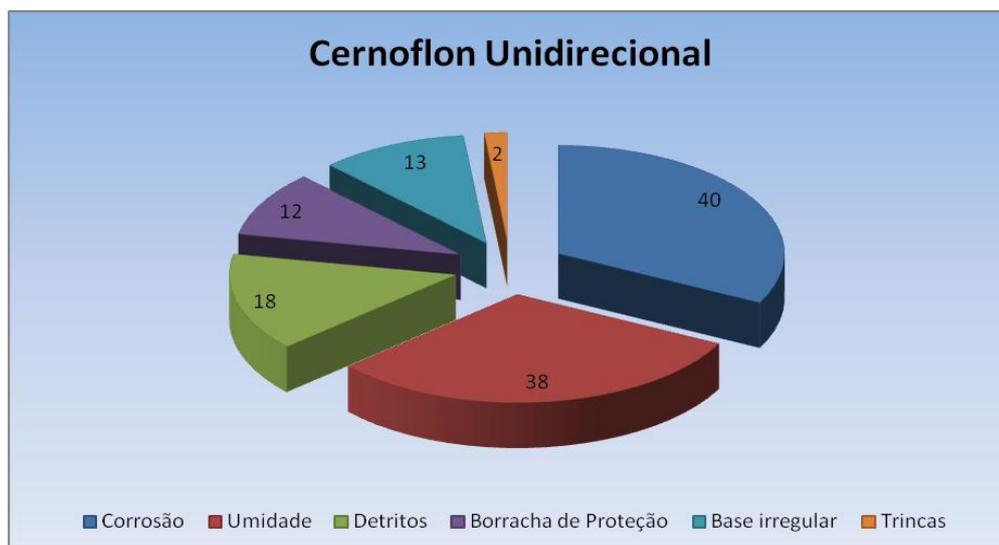


Fonte: Autor

#### 4.5 Cernoflon unidirecional

Após a realização da inspeção nos aparelhos de apoio, foram analisadas em porcentagem as imagens uma por uma, e foram obtidos os seguintes resultados para este tipo de aparelho aplicado conforme (Gráfico 01).

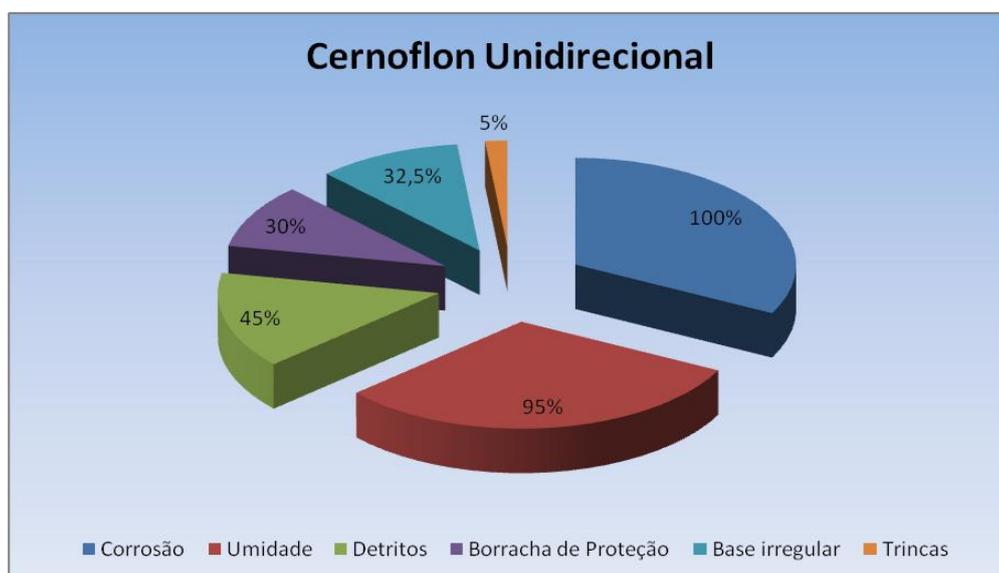
Gráfico 46- Resultados



Fonte: Autor

No gráfico acima, temos a quantidade dos aparelhos que contem os vários tipos de problemas e que podem influenciar no seu pleno funcionamento, a corrosão se destaca dentre as outras e tem uma proporção maior que os demais, chegando ao percentual de 100%, ou seja, todos os aparelhos do tipo Cernoflon Unidirecional que foram investigados todos contem pontos de corrosão, conforme vemos no (Gráfico 02) os valores a cima em porcentagem.

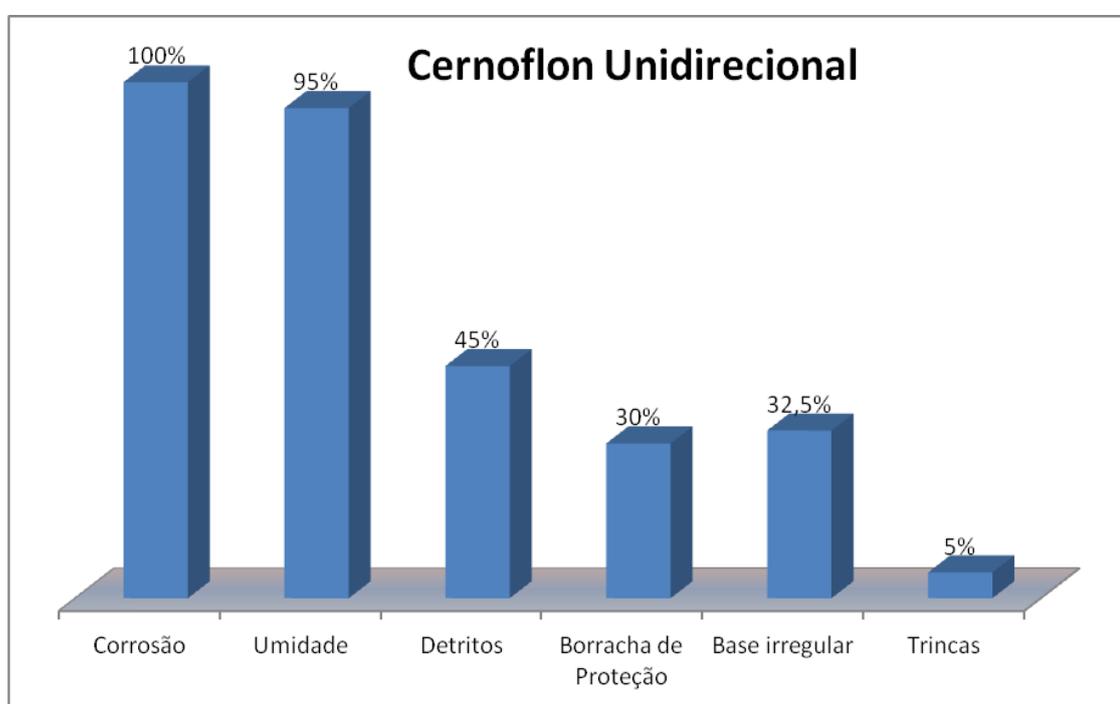
Gráfico 47- Resultados



Fonte: Autor

O gráfico em coluna nos dá uma visão de comparação melhor do segundo item com maior intensidade entre as ocorrências, e possivelmente pode ser o principal influenciador nos pontos de corrosão encontrados nos aparelhos. Cerca de 95%, ou seja trinta e oito dos quarenta aparelhos vistoriados continham umidade em suas proximidades, que provavelmente percorrem pela junta de dilatação e escorre pelo bloco podendo gerar uma zona de respingo ocasionando o início de pontos de ferrugem conforme o (Gráfico 03).

Gráfico 48- Resultados



Fonte: Autor

Com uma porcentagem considerável de detritos nas proximidades dos aparelhos, e somando com a umidade e a falta do raspador de borracha, o aparelho fica mais ainda vulnerável e corre um risco maior de ter seus movimentos comprometidos, na imagem abaixo podemos ver a falta do raspador e a película de PTFE (politetrafluoretileno) Saindo do aparelho, podemos observar também a ferrugem que ocupa boa parte do mesmo (Figura 46 e47).

Figura 49- PTFE



Fonte: Autor

Figura 50- PTFE

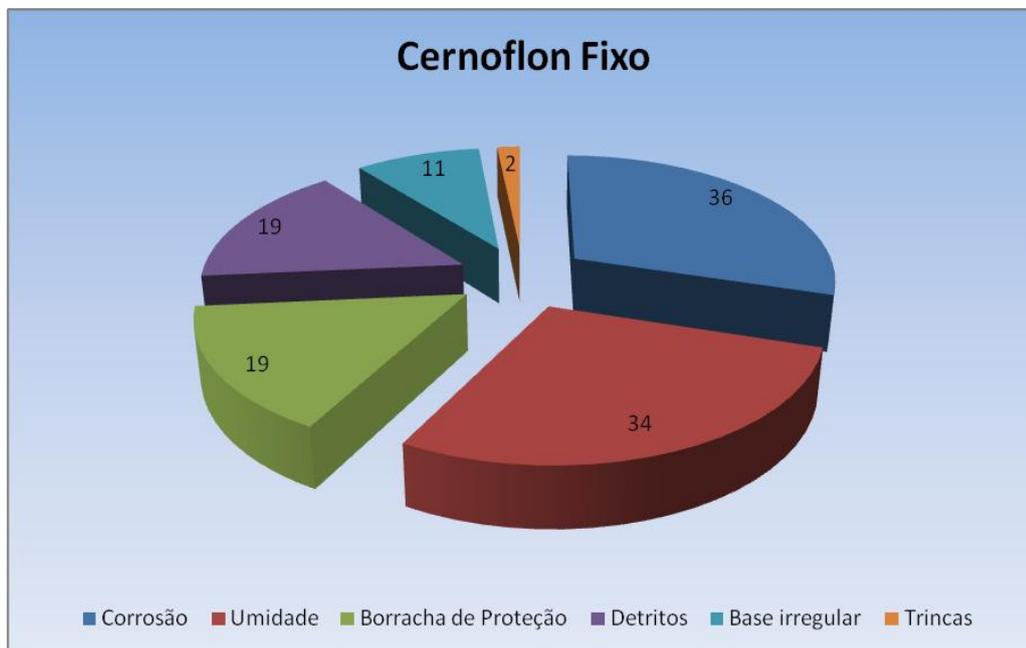


Fonte: Autor

#### 4.6 Cernoflon Fixo

No caso do Cernoflon Fixo se obtém condições piores, pois as porcentagens são mais elevadas, para o caso dos raspadores que impedem impurezas de adentrarem nas partes importantes dos aparelhos, dezenove dos trinta seis não tem essa proteção (Gráfico 04).

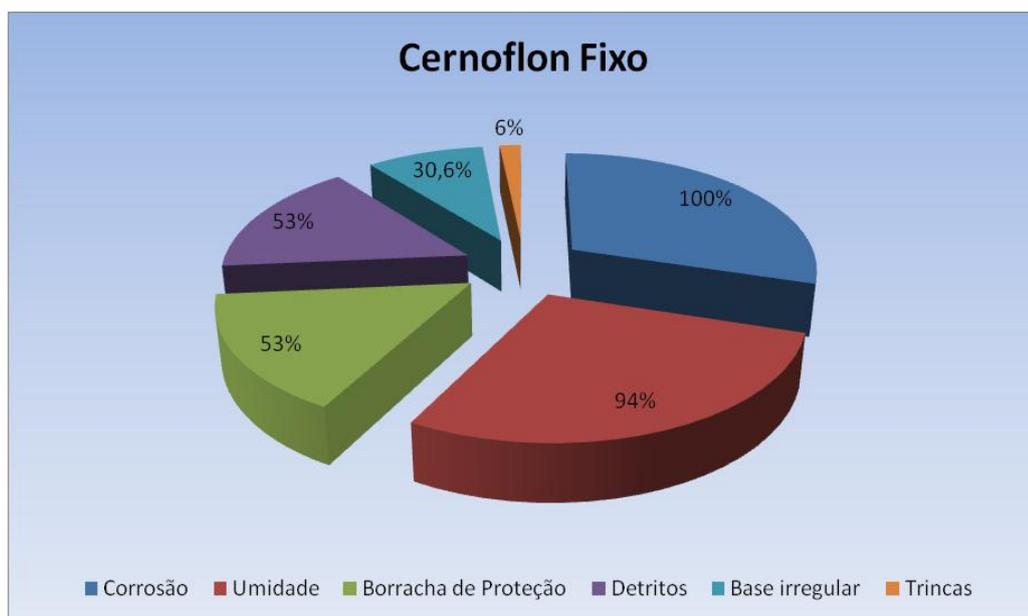
Gráfico 51- Resultados



Fonte: Autor

Para o gráfico 05, são representados os dados mostrados a cima em percentagens.

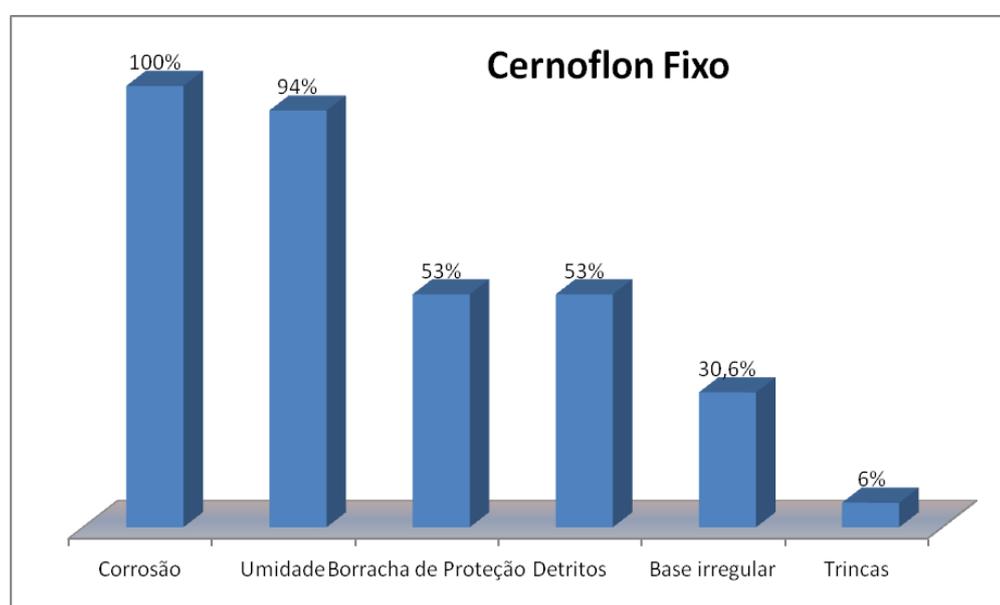
Gráfico 52- Resultados



Fonte: Autor

Neste caso, os aparelhos também apresentam 100% de corrosão, os fatores climáticos e muitas vezes a ausência da luz solar ajuda a ferrugem a agredir toda a estrutura metálica do aparelho. Segundo a norma do DNIT 091 (2006)-ES As articulações metálicas são altamente dependentes de manutenção cuidadosa e permanente, para não serem prejudicadas no seu funcionamento pelo bloqueio de detritos e não sejam atacadas pela corrosão que, além de torná-las inservíveis, podem levá-las ao colapso.

Gráfico 53- Resultados



Fonte: Autor

#### 4.7 Vasoflon Unidirecional

Este aparelho tem as menores frequências de aplicação no caso da ponte Fernando Henrique Cardoso, são quatro pilares que abrigam dois aparelhos em cada, eles são os aparelhos mais conservados e em suas proximidades não há indícios de umidade que possam gerar respingos (figura 48).

Figura 54- Vasoflon Unidirecional



Fonte: Protende

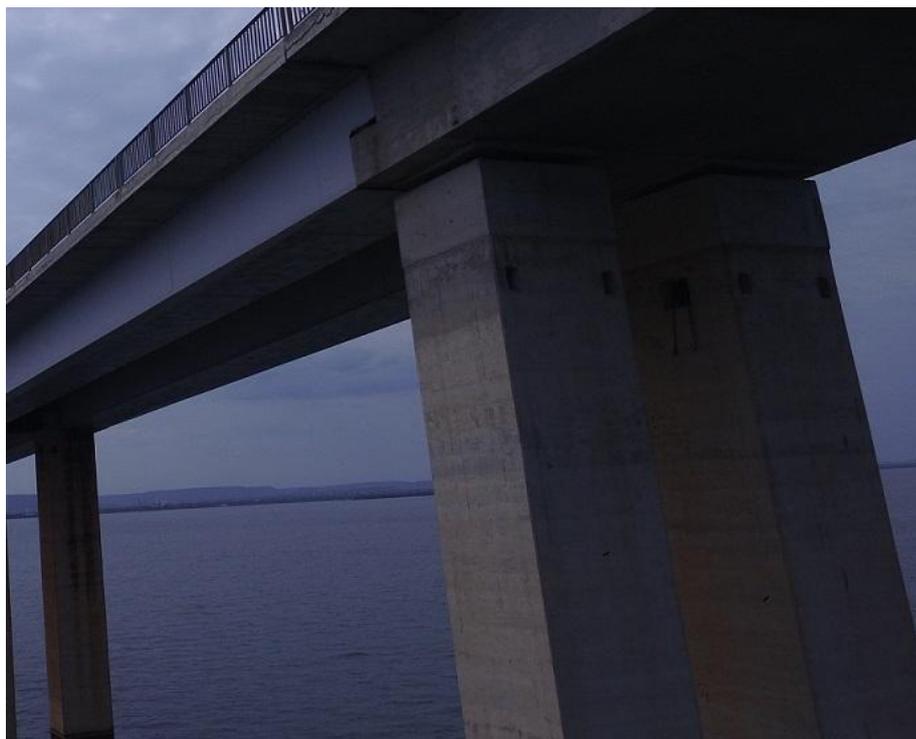
Eles são os aparelhos mais conservados, em suas proximidades não há indícios de umidade que possam gerar respingos, apenas um apresentou impurezas nas suas proximidades conforme (figura 49).

Figura 55- Vasoflon Unidirecional



Fonte: Autor

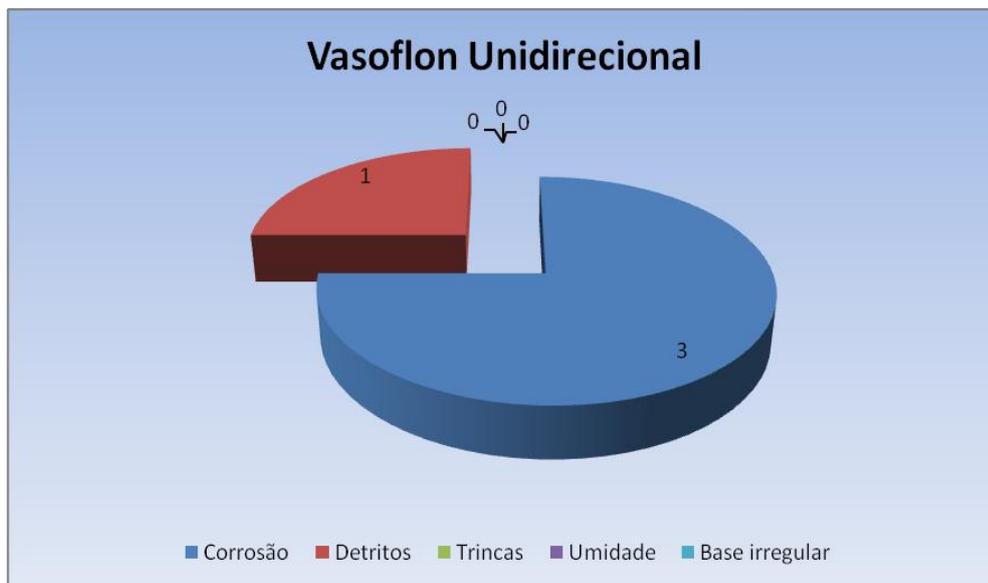
Figura 56- Localização do Vasoflon



Fonte: Autor

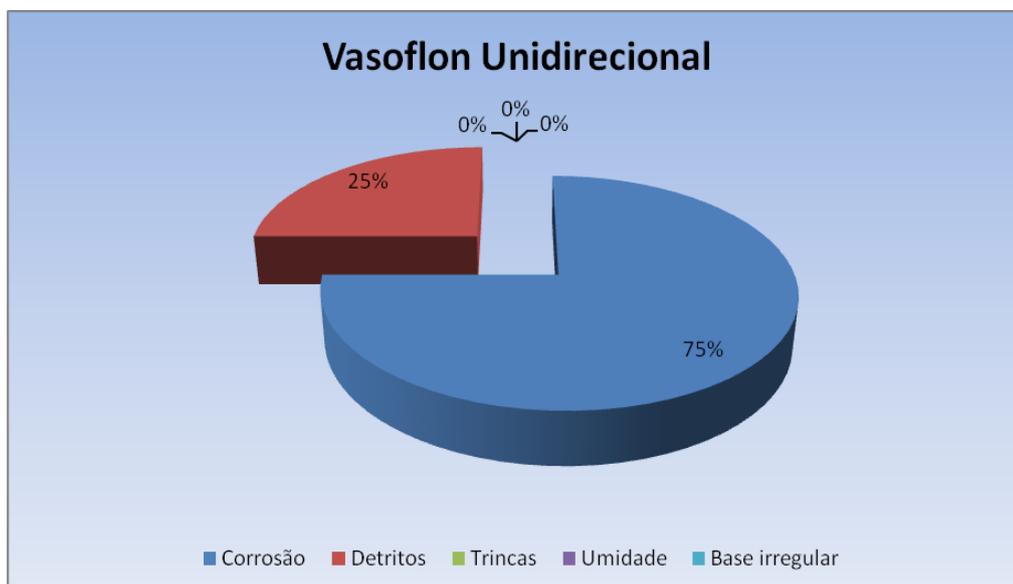
Dos oito aparelhos de apoio aplicados quatro foram averiguados, e das seis possibilidades que foram tomadas de base para obter estes dados, apenas cinco foram levados em conta sendo elas: corrosão, detritos, trincas, umidade e base irregular, pois a borracha de proteção item que contem nos dois aparelhos citados mais acima, não se dispõe neste aparelho de apoio. Para os valores zerados no gráfico não se encontrou nenhuma dessas irregularidades dispostas nos aparelhos sendo elas trincas, umidade e base irregular. Portanto foram encontrados os seguintes valores, como mostra os (Gráficos 07 e 08).

Gráfico 57- Resultados



Fonte: Autor

Gráfico 58- Resultados



Fonte: Autor

## 5 Conclusão

Para o estudo dos aparelhos de apoio aplicados em pontes é importante conhecer suas características, averiguar suas condições atuais e o tipo de material que foi produzido.

Tendo como estudo de caso a ponte Fernando Henrique Cardoso, que faz ligação entre Palmas e Porto Nacional, inaugurada há dezesseis anos, foi realizada uma análise visual, para conhecer as tipologias dos aparelhos aplicados na ponte em questão.

Foram realizados estudos bibliográficos sobre vários tipos de aparelhos de apoio, assim foi programada uma vistoria na ponte, utilizando um drone phantom 3 professional, foram obtidas fotos para análise visual, pois os aparelhos de apoio são de difícil acesso, e pelo fato da altura e da passarela dificultarem a descida, optou-se por utilização de um drone.

Através deste levantamento foram conhecidas suas particularidades e condições atuais, foram observadas irregularidades nas propriedades e proximidades dos aparelhos como: impurezas, umidade, acessórios que se desprenderam, entre outros.

Os aparelhos apresentaram como item principal, corrosões que possivelmente foram provocadas por ações climáticas, segundo (ABREU, HORSTH, et al., 2017) uma das principais causas do processo de corrosão é o contato da água nos metais, e com os valores obtidos através da inspeção visual realizada, foi notado em grande quantidade próximo aos aparelhos, a presença de umidade através de manchas escuras no bloco de encontro.

Por meio dos resultados, 95% dos aparelhos de apoio, apresentaram umidade em suas proximidades, esta água possivelmente passa pelas juntas, atingindo os aparelhos metálicos dispostos nos blocos de encontro, por consequência do mau funcionamento, e até mesmo pelo desgaste da junta, faz com que a água passe entre brechas gerando zonas de respingos, próximos aos aparelhos.

Com 49% de sujeira em suas proximidades, essas impurezas podem prejudicar com o tempo a movimentação prevista em projeto, e a falta do raspador de borracha ajudam no agravo, pois as partes mais sensíveis que deveriam estar

protegidas ficam expostas a intempéries e impurezas, dando início ao processo de oxidação mais acelerado, que por consequência gera a corrosão, que é o desgaste do metal diminuindo a vida útil do mesmo.

É necessário conhecer que a durabilidade dos aparelhos de apoios metálicos, é definida através de manutenções periódicas. Por meio de estudos através deste trabalho, é notável a necessidade de uma intervenção para contribuir com a longevidade dos aparelhos, limpando as impurezas deixadas na execução da obra, recolocando os raspadores de borracha, efetuando manutenções nas juntas que coincidem nos blocos encontros, e realizando um jateamento abrasivo, para assim posteriormente executar pinturas anticorrosivas.

Indica-se como sugestão para trabalhos futuros, a vistoria dos demais aparelhos, pois, o drone utilizado não disponibilizava de sensor contra colisão, e ocorria interferência magnética ao se aproximar das vigas metálicas, sendo assim necessário um drone mais atualizado, ou a realização deste processo com outro método, facilitando a análise nas demais vazões.

Entretanto, não houve comprometimento nos resultados deste trabalho, pois a maioria dos aparelhos foram vistoriados, e existem padrões de deterioração, que podem ter alcançado os demais aparelhos não inspecionados, pois estão locados nas partes internas entre as vigas metálicas da ponte, e possivelmente podem apresentar corrosões, pois estão expostos as mesmas condições dos demais, e encontra-se em local com ausência de iluminação natural, fator que agrava o problema.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, R. V. S. D. et al. O ESTUDO DO PROCESSO DE CORROSÃO DE ESTRUTURAS METÁLICAS. **REVISTA EDUCAÇÃO, MEIO AMBIENTE E SAÚDE**, MANHUAÇU-MG, v. 7, n. 1, MARÇO 2017

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

DNIT 091-ES. **Juntas de dilatação- Especificação de Serviço**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2006.

DNIT 091-ES. **Tratamento de aparelhos de apoio: concreto, neoprene e**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2006.

EL DEBS, M. K.; TAKEYA. **INTRODUÇÃO ÀS PONTES DE CONCRETO**. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. São Carlos, p. 7. 2007.

ES, D. O. –. **Tratamento da corrosão** –especificação de serviço. **http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/especificacao-de-servicos-es/dnit084\_2006\_es.pdf**, 2006. Disponível em: <[http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/especificacao-de-servicos-es/dnit084\\_2006\\_es.pdf](http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/especificacao-de-servicos-es/dnit084_2006_es.pdf)>. Acesso em: 18 setembro 2018.

ESTATÍSTICA, I. -I. B. D. G. E. **IBGE. 2018**, 2018. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/biblioteca-catalogo.html?id=441917&view=detalhes>>. Acesso em: 15 OUTUBRO 2018.

FERREIRA, C. M. S. **Tipologia, instalação, funcionamento e manutenção de diversos tipos de juntas de dilatação em Obras de Arte**. INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA. [S.l.]. 2013.

GENTIL, V. **Corrosão**. 3ª. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2003.  
LOBATO, R. **Tipologia dos apoios das pontes**. UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE SINOP FACULDADE DE CIENCIAS EXATAS E TECNOLOGICAS. Mato Grosso.

MACHADO, R. N.; SARTORTI, A.. **Pontes: Patologias dos Aparelhos de Apoio**. VI congresso Internacional sobre Patología y Recuperación de Estructuras. Córdoba. 2010.

MAIA, M. A. A. **DURABILIDADE DE APARELHOS DE APOIO E JUNTAS DE DILATAÇÃO EM OBRAS DE**. FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO. [S.l.]. 2014. Mestrado Integrado em Engenharia Civil -.

MENDES, L. C.; RUAS GONZÁLES PUGA, ; ALVES,. **A importância dos Aparelhos de Apoio na Reabilitação de**. córdoba. 2010.

MILLER, C. P.; BARBOSA, L. R.; PESSANHA, M. C. **DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DE UMA PONTE EM CONCRETO ARMADO**. UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO – UENF. CAMPOS DOS GOYTACAZES, p. 112. 2005.

**Unsupported source type (DocumentFromInternetSite) for source ESD18.**

VIEIRA, M. I. C. **Tipologia, instalação, funcionamento e manutenção dos diversos tipos de aparelhos de apoio em Obras de Arte**. INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA. LISBOA, p. 13-34. 2013.

WIKIPEDIA. **wikipedia**, 2002. Disponível em:

<[http://pt.wikipedia.org/wiki/Ponte\\_Fernando\\_Henrique\\_Cardoso](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ponte_Fernando_Henrique_Cardoso) >.

**anexos**