

**XVI COBREAP - CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE
AVALIAÇÕES E PERÍCIAS - IBAPE/AM – 2011**

TRABALHO DE PERÍCIA

Resumo:

As treliças lançadeiras são equipamentos utilizados na montagem de vigas de concreto protendido em construção de pontes e viadutos. Acidente ocorrido com um desses equipamentos durante execução de obra em ponte ferroviária originou necessidade de perícia técnica de engenharia, buscando evidenciar danos existentes e as causas da ruptura da treliça. Vistoria in loco detectou ruptura de elementos de ligação, cujas amostras foram ensaiadas em laboratório. Concluiu-se que a principal causa da ruptura da treliça periciada foi fadiga em um de seus componentes de fixação (rosca da porca), confeccionada em material incompatível ao material previsto no manual do equipamento periciado. Tal ruptura sobrecarregou as demais ligações, provocando a queda da treliça.

Palavras-chave: **Perícia, Treliça, Fadiga, Estrutura**

1- PRELIMINARES

Objetiva o presente trabalho técnico pericial evidenciar os danos existentes e a causa da ruptura, com posterior desabamento, da treliça lançadeira de vigas pré-moldadas de 140 t / 45 m, locada pelo requerente junto à empresa AAAAAAA, para lançamento de ponte metálica ferroviária de propriedade daBBBBBBB, sobre o rio CCCCCCC, no município de DDDDDDD, estado de EEEEEEE.

O laudo técnico pericial que deu origem ao presente trabalho foi elaborado com observância estrita aos princípios e diretrizes do Código de Ética Profissional do CONFEA - CONSELHO FEDERAL DE ENGENHARIA E ARQUITETURA e da norma técnica NBR 13.752: (*Perícias de Engenharia na Construção Civil*), da ABNT.

2 - VISTORIA

Realizada em XX/XX/XXXX, às YY h, na presença das partes interessadas, Sr. FFFFFFF, representando a empresa requerente e Sr. GGGGGGG representando a empresa AAAAAAA, a vistoria consistiu em conhecer o local onde ocorreram os sinistros, verificação visual das peças danificadas, recolhimento de peças e amostras a serem ensaiadas e tomada de fotografias.

3 – REVISÃO DO TEMA

Lançamento de vigas de pontes com uso de treliça

As treliças lançadeiras são equipamentos na forma de grandes treliças, que operam sobre apoios deslizantes, ocupando o vão no qual a estrutura será montada. Essas treliças são mais utilizadas na montagem de estruturas de concreto protendido devido ao grande peso próprio das vigas. Caso não se disponha de treliça lançadeira, a montagem de vigas de concreto protendido exigirá guindastes de altas capacidades, mesmo assim limitado à hipótese de montagem sobre o solo, no caso de viadutos.

Por outro lado, a montagem por lançamento convencional de vigas de concreto é proibitiva pela inversão de momentos durante o processo, incompatível com este tipo de estruturas. Daí o fato de a treliça lançadeira ser praticamente a única solução de montagem de estruturas de concreto protendido, sendo uma alternativa para as estruturas em aço em certos casos.

Na parte superior da treliça e transversalmente a ela, existem duas pontes rolantes munidas de guinchos, dimensionadas para suspenderem e transladarem as vigas. O conjunto destas duas pontes rolantes e mais a cabine onde estão o gerador, o quadro de comando e o motor, deslocam-se longitudinalmente, em cima da treliça transportando a viga.

Cada conjunto de apoio da treliça é constituído de dois carrinhos com balancins, sobre os quais deslizam os trilhos dos banzos inferiores da treliça. Estes carrinhos, por sua vez, deslizam transversalmente à treliça, em cima de trilhos, permitindo o deslocamento transversal das vigas

4 – O OBJETO PERICIADO

Trata-se de par de treliças lançadeiras de vigas pré-moldadas com capacidade individual de 140 t / 45 m, locada pelo requerente junto à empresa AAAAAAA, na cidade de HHHHHHH, estado de IIIIIII.

Características do equipamento

- Par de treliças lançadeiras de vigas pré-moldadas marca JJJJJJJ, prefixo 3.32.01.001-5
- Capacidade individual: 140 t / 45 m
- Ano fabricação: 1981
- Última inspeção observada na ficha do equipamento: Maio de XXXX



Foto 1 – De jusante, observamos detalhe do par de treliças sinistrado.

5 – O ACIDENTE

Segundo informações, coletadas no local durante a vistoria, o acidente:

- Ocorreu em 11/10/XXXX, aproximadamente às 15:30 h, com duração de menos de um minuto;
- Não havia presença de funcionários sobre o equipamento;
- Testemunhas oculares informaram que houve ruptura das ligações entre módulos, na junção adjacente ao apoio 2, na parte em balanço do par de treliças de montante, mesmo após estar o mesmo estacionado, sem carga e sem atividade por 5 horas;
- O par de treliças de juzante, de mesma capacidade, nada sofreu;
- A estrutura se encontrava com 42 m em balanço, apenas com peso próprio e carga na sua extremidade de aproximadamente 2,5 t, dividida para os dois pares de treliça. Segundo informações do fabricante, presente durante a vistoria, estas cargas e balanços são compatíveis com a capacidade do equipamento.



Foto 2 – Vista geral do acidente, mostrando treliça rompida e evidenciando o não rompimento de treliça similar.

Danos observados

Após inspeção visual, destacamos abaixo os danos observados na treliça, evidenciados por fotografias logo em seguida:

- Deformação plástica permanente da estrutura da treliça: quebra da ligação com posterior queda da parte em balanço, já observada na *Foto 2* acima.
- Ruptura da ligação: observa-se nitidamente ruptura da rosca de parafuso e porca. Onde não houve quebra do parafuso, o mesmo foi arrancado com pedaço do seu flange.

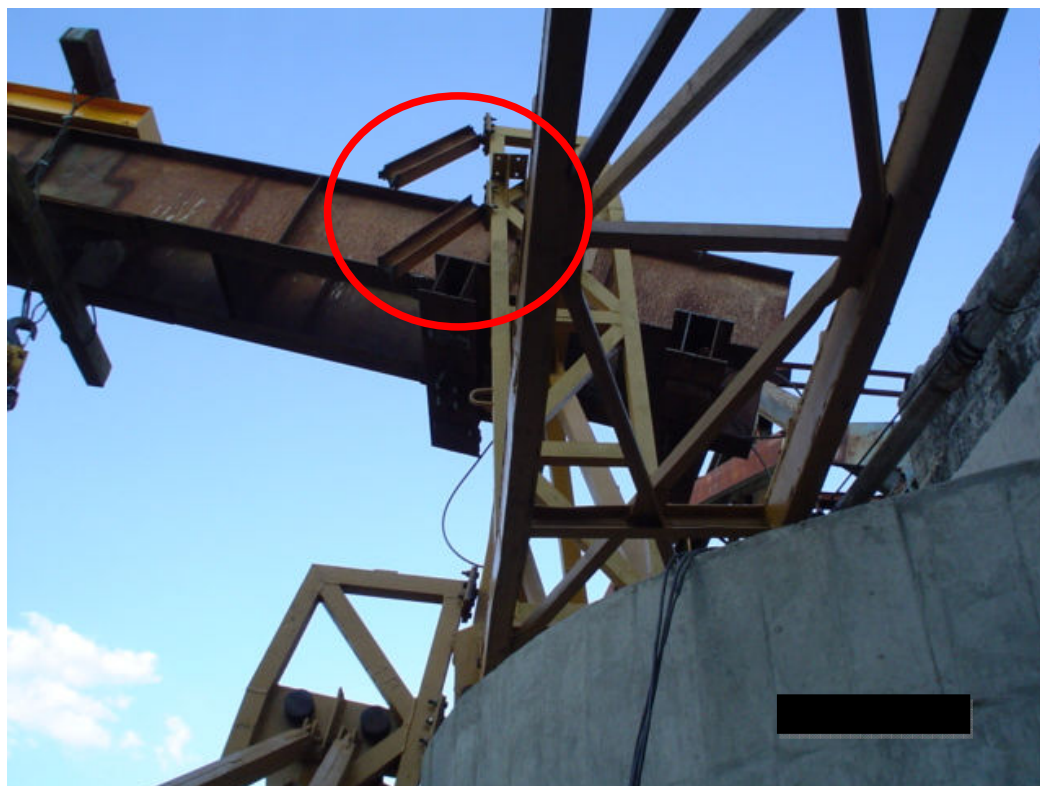


Foto 3 – Detalhe do travamento rompido, entre módulos 1 e 2 da treliça, que provocou o tombamento do segundo módulo.

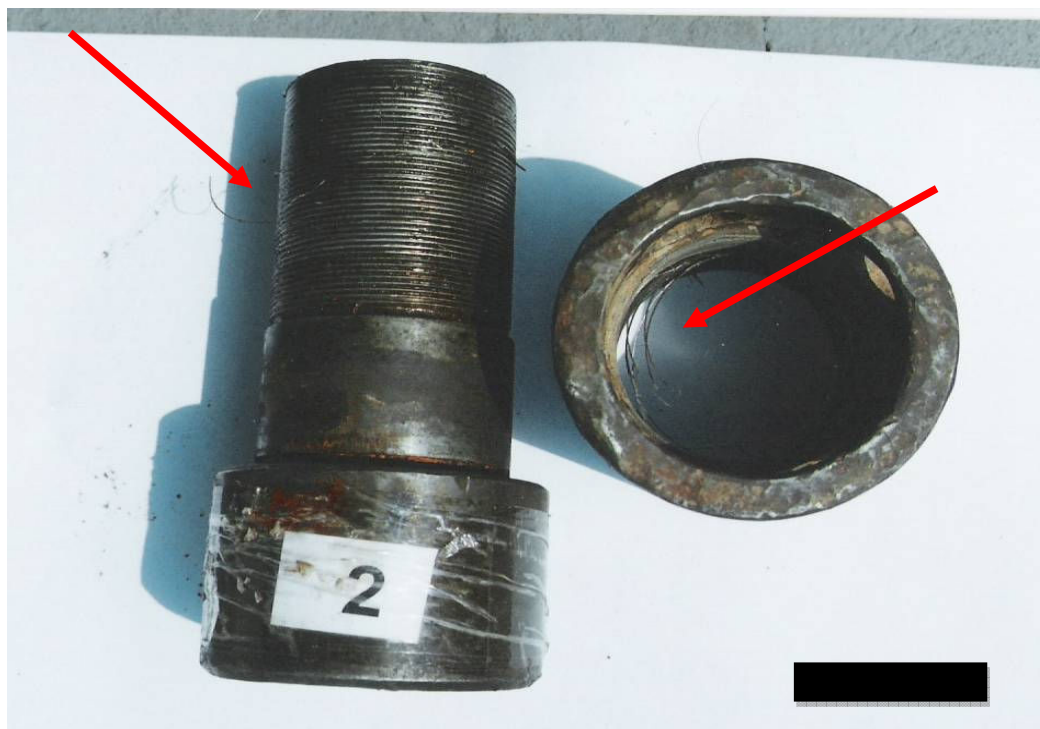


Foto 4 - Detalhe da rosca rompida, no parafuso e, especialmente, na porca de um dos conjuntos rompidos por fadiga do metal. Observa-se lascas de metal.

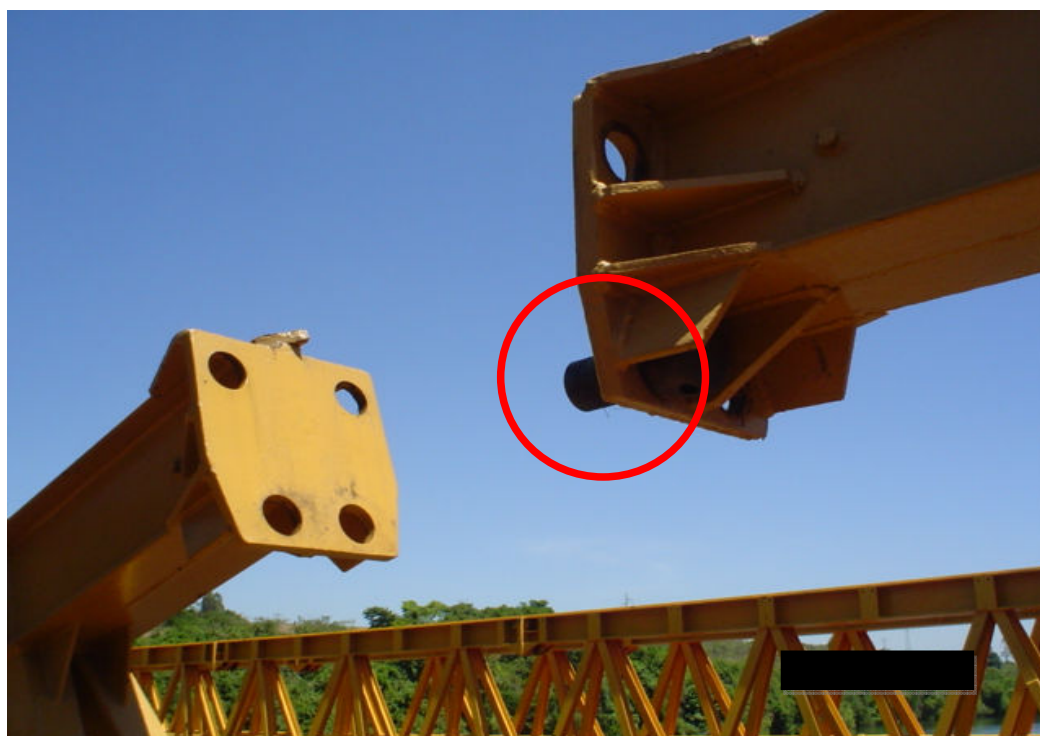


Foto 5 – Detalhe do parafuso rompido remanescente, na ligação da junção adjacente ao apoio 2, na parte em balanço.

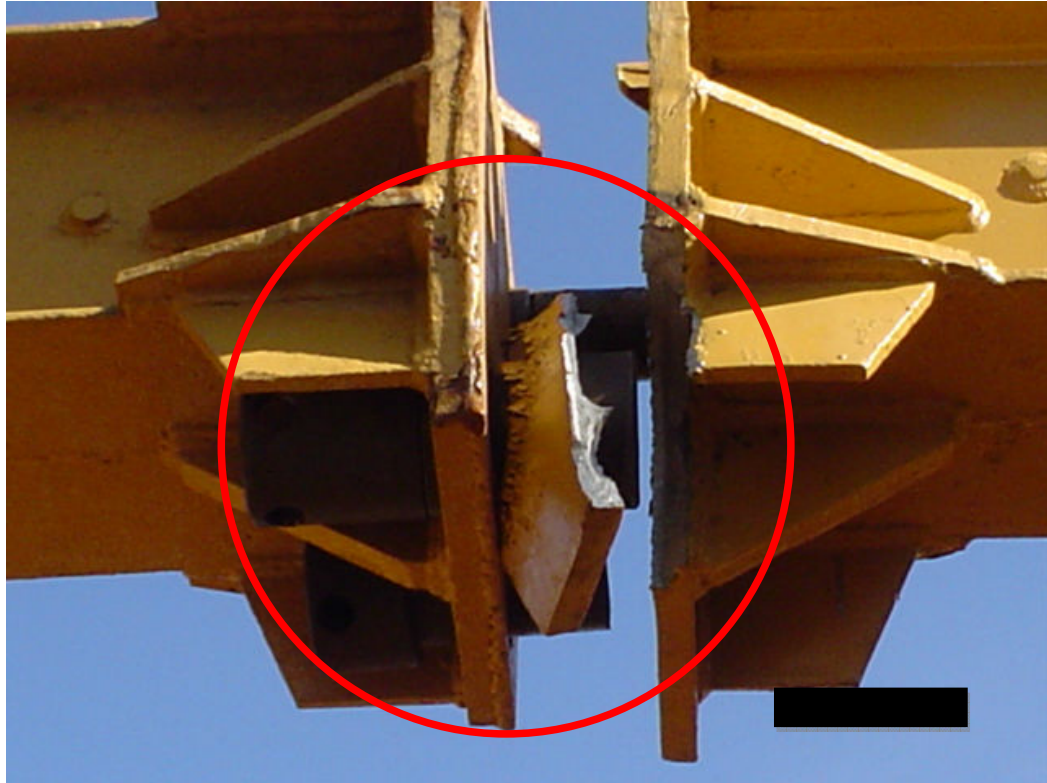


Foto 6 - Detalhe do flange rompido do módulo de montante do par acidentado, vizinho ao flange cujo parafuso se rompeu, mostrado na Foto 5 acima.

5 - DESENVOLVIMENTO

5.1 – Premissas

Várias possibilidades poderiam ser verificadas objetivando determinar as causas do acidente, como falha do cálculo estrutural da treliça, montagem inadequada da treliça, ruptura do flange, ruptura de parafuso e ruptura de porca. Para otimizar os trabalhos periciais, evitando cálculos e ensaios desnecessários, buscamos entendimento prévio do acidente, descartando num primeiro momento as causas mais improváveis, cujo raciocínio se segue.

Uma vez que a estrutura se encontrava com 42 m em balanço, apenas com peso próprio e carga na sua extremidade de aproximadamente 2,5 t, dividida para dois pares de treliça, sendo as cargas e balanços compatíveis com a capacidade do equipamento, e que, constatado por testemunhas a não existência de ruptura na estrutura metálica da treliça, mas em uma de suas ligações, no ponto de maior solicitação, nosso estudo objetivará inicialmente verificação dos parafusos e porcas desta ligação, caso não encontradas anomalias, passaremos à análise do flange rompido.

5.2 – Falha observada:

A união falhou na montagem da ligação dos módulos 1 e 2.

5.3 – Procedimento de identificação

5.3.1 – Caracterização dos Materiais

Amostras de parafuso e porca rompidas foram coletadas pelo perito. Os ensaios foram realizados no departamento de engenharia mecânica da universidade KKKKKKK, em XX/XX/XXXXX, sob supervisão do professor LLLLLLL.

5.3.1.1 - Análise química

Tab.1 – Análise química material da porca

Material da porca						
%C	%Mn	%P	%S	%Si	%Ni	%Cr
0,186	0,581	0,0331	0,0344	0,260	0,124	0,149

Tab.2 – Análise química material do parafuso

Material do parafuso						
%C	%Mn	%P	%S	%Si	%Ni	%Cr
0,44	0,576	0,0155	0,0201	0,184	0,032	0,148

5.3.1.2 - Propriedades mecânicas

Tab.3 – Dureza material do parafuso

Material do parafuso Dureza (HB 2,5 187Kgf)			
Impressões			Média
1	2	3	
166	164	164	164,66

Tab.4 – Dureza material da porca

Material da porca Dureza (HB 2,5 187Kgf)			
Impressões			Média
1	2	3	
131	131	131	131

5.3.1.3 - Micrografias (fotos efetuadas por microscópia)

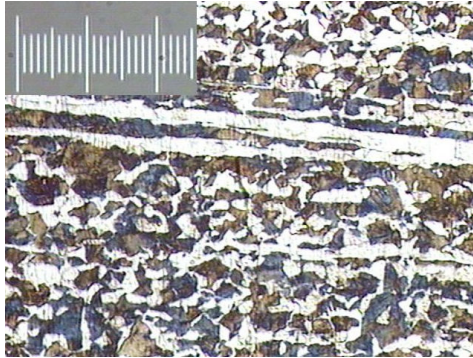


Fig.1- Parafuso de fixação (esc. 0,01mm)

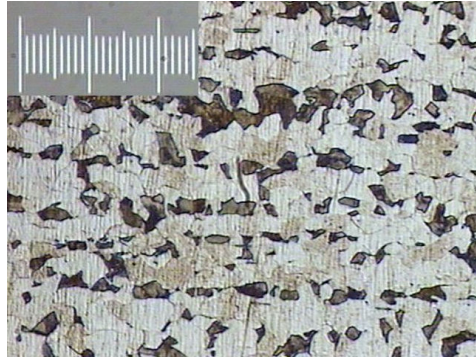


Fig.2 - Porca de fixação (esc. 0,01mm)



Fig.3- Rosca que falhou



Fig.4-Topo do filete que falhou

5.3.2 – Controle Dimensional das Peças

Tab.5 – Medidas do parafuso

Análise da rosca do parafuso					
Medidas (mm)					
Encontradas			Nominais		
Φ externo	Φ interno	h filete	Φ externo	Φ interno	h filete
74,30	72,20	1,05	74,30	71,52	1,389

Tab.6 – Medidas da porca

Análise da rosca da porca					
Medidas (mm)					
Encontradas			Nominais		
Φ externo	Φ interno	h filete	Φ externo	Φ interno	h filete
72,85	74,85	1,05	71,7	74,48	1,389

5.3.3 – Verificação da Resistência do Conjunto

Utilizado carregamento de 646.825,99N

5.3.3.1 – Parafuso

- $\sigma_e = 310\text{MPa}$
- $\sigma_{adm} = 0,5 \sigma_e$
- Φ externo = 72,85mm
- Material dúctil
- Material testado
- Passo = 2mm
- Número de filetes = 28

5.3.3.2 – Porca

- $\sigma_e = 206,8\text{MPa}$
- $\sigma_{adm} = 0,5 \sigma_e$
- Φ interno = 74,48mm
- Material dúctil
- Material testado
- Passo = 2mm
- Número de filetes = 28

6 – ANÁLISE DOS RESULTADOS

- Considerando análise química, dureza e análise metalográfica, o parafuso foi confeccionado em aço SAE 1045 laminado a quente, portanto material dúctil.
- Considerando análise química, dureza e análise metalográfica, a porca foi confeccionada em aço SAE 1020 laminado a quente, portanto material dúctil.
- Admitindo as medidas nominais e realizado os cálculos, o conjunto é eficiente.
- Após controle dimensional constatou-se que as dimensões do parafuso e porca estão fora de padrão normalizado.
- O conjunto falhou na rosca da porca, aproximadamente no diâmetro médio, fato característico de fadiga da mesma.

7 - CONCLUSÕES

É certo afirmar que:

- A principal causa da ruptura da treliça periciada foi fadiga em um de seus componentes (rosca da porca), sobrecarregando as demais ligações, provocando sua ruptura, com conseqüente queda sobre o rio;
- O material de confecção da porca (aço SAE 1020 laminado a quente) difere das especificações do manual do equipamento (aço SAE 1045 laminado a quente), comprovando sua não originalidade e inadequação ao uso no equipamento acidentado;
- As dimensões do parafuso e porca rompidos estão fora de padrão normalizado;
- Na ficha de manutenção do equipamento não foram encontrados registros de manutenção de nenhum dos conjuntos porca/parafuso;
- Não existem evidências de problemas estruturais nem operacionais na treliça vistoriada.

8 - BIBLIOGRAFIA

ABNT, 1996, NBR 13.752, *Perícias de Engenharia na Construção Civil*.

ABNT, 2000, NBR NM 136, *Tratamentos térmicos de aço - Terminologia e definições*

ASM International, 1993, *Tensile testing*, Second printing, USA

PINHO, M. O., *Manual de Construção em Aço - Transporte e Montagem*, Rio de Janeiro: IBS / CBCA, 2005. 144p.