



**RELATÓRIO TÉCNICO SOBRE AS PROVÁVEIS CAUSAS DO
SINISTRO OCORRIDO NA ESTRUTURA DAS QUADRAS DE
TENIS E POLIESPORTIVA DO JOQUEY CLUB BRASILEIRO DA
CIDADE DO RIO DE JANEIRO**

Relatório nº: RTS 9.5.8.167.013/12

CLIENTE:

JOQUEY CLUB BRASILEIRO

ENDEREÇOS:

Praça Santos Dumont, 31 – Gávea – R.J.

OBJETO:

Relatório técnico sobre as prováveis causas do sinistro ocorrido na estrutura das quadras de tênis e poliesportiva do Joquey Club Brasileiro da cidade do Rio de Janeiro


RESPÓNSAVEL:

Engº. Inês Paes Leme

REFERÊNCIA:


Proposta nº: P.9.3.4.500-2011-0608

Revisão	Data de emissão	Elaborado	Verificado	Descrição da revisão
0	10/02/2012	DSG	FSS	Emissão Inicial
Elaborado		Verificado		Responsável Técnico
 Engº Denis S. Gon Coordenador CREA 5062589937		 Engº Fabio Simões Subtil Gerente Operacional CREA 5060003240		 Engª Rosana C. Tiba Diretora de Operações CREA: 0682094198/D

	Cliente: JOQUEY CLUB BRASILEIRO	Relatório N°: RTS 9.5.8.167.013/12	Folhas: 1 / 13
		Data de emissão: 10/02/2012	Rev.: 0

ÍNDICE DE TEXTO

1.	INTRODUÇÃO	2
2.	DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA.....	2
3.	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA.....	2
4.	HISTÓRICO	2
5.	METODOLOGIA DE TRABALHO.....	4
6.	SERVIÇOS EXECUTADOS.....	4
6.1	Levantamento Geométrico.....	4
6.2	Inspeção visual da estrutura remanescente	4
6.3	Investigação em órgãos oficiais, para levantamento das condições climáticas do dia do sinistro	8
6.4	Verificação estrutural por modelagem em elementos finitos do vão do sinistro.....	8
6.5	Resultados numéricos obtidos.....	10
6.6	Conclusão estrutural	11
7.	CONCLUSÃO	12

	Cliente: JOQUEY CLUB BRASILEIRO	Relatório N°: RTS 9.5.8.167.013/12	Folhas: 2/ 13
		Data de emissão: 10/02/2012	Rev.: 0

1. INTRODUÇÃO

Este relatório técnico tem por objetivo apresentar os resultados obtidos na verificação das estruturas das quadras de tênis e poliesportiva do Joquey Club Brasileiro da Cidade do Rio de Janeiro, após o acidente que levou a queda da estrutura.

2. DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA

Estrutura em forma de treliça espacial fabricada a partir de tubos metálicos, uniões aparafusadas, cobertura constituída em telhas metálicas com 6 águas e sistema de drenagem composto por 4 conjuntos de calhas metálicas, dispostas ao longo do vão menor da estrutura com descida por meio de tubos plásticos, dispostos externamente as laterais das colunas de concreto. Toda a estrutura apóia-se sobre 8 colunas de concreto. Os tubos metálicos da estrutura são basicamente constituídos de 4 tipos de seções e respectivas espessuras: Ø60x2,3mm, Ø76x2,8mm, Ø89x3,6mm e Ø12x3,3mm. Cada barra é fixada somente com um único parafuso cujas seções nominais são respectivamente Ø12,7mm e Ø17 mm, sendo o menor diâmetro utilizado somente para as barras de Ø60x2,3mm e Ø76x2,8mm e o maior para as demais seções de barras. Fora as barras padronizadas, foram localizadas barras reforçadas com perfis do tipo cantoneiras, soldadas nas laterais das barras, visando o aumento da resistência da barra, principalmente quanto a compressão e conseqüentemente flambagem.


3. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Para a realização das atividades contidas neste relatório foram utilizados os documentos a seguir relacionados e disponibilizados por V.S^{as}., além de levantamento em campo para detalhamento dimensional das estruturas.

- ◆ Desenho AP07 - Planta Baixa nível +9,00 – Ginásio Esportivo
- ◆ Desenho AP08 - Planta de Cobertura – Ginásio Esportivo
- ◆ Desenho AP09 - Cortes – Sede Esportiva Social e Ginásio Esportivo

4. HISTÓRICO


No dia 17/12/2011 por volta das 17 horas, sob condições climáticas de vento e chuva de grande intensidade, a estrutura da cobertura das quadras de tênis e poliesportiva do Joquey Club Brasileiro da cidade do Rio de Janeiro desabou.

	Cliente:	Relatório N°:	Folhas:
	JOQUEY CLUB BRASILEIRO	RTS 9.5.8.167.013/12	3/ 13
		Data de emissão:	Rev.:
		10/02/2012	0

Trata-se de uma estrutura metálica que foi fabricada e montada a mais 10 anos e que segundo informações do Joquey Club Brasileiro não possuía histórico de falhas e/ou danos ocorridos até o momento.



Foto 01 – Visão geral da estrutura após o sinistro

	Cliente: JOQUEY CLUB BRASILEIRO	Relatório N°: RTS 9.5.8.167.013/12	Folhas: 4/ 13
		Data de emissão: 10/02/2012	Rev.: 0

5. METODOLOGIA DE TRABALHO

A metodologia de trabalho foi elaborada visando identificar as prováveis causas que provocaram o sinistro de tal forma que possamos responder aos seguintes questionamentos:

- 1ª. - O estado de manutenção da estrutura contribuiu para a queda de estrutura?
- 2ª. - O projeto da estrutura original atendia a solicitações de carga, considerando cargas de vento em condições climáticas adversas, conforme normas vigentes?
- 3ª. - Qual a principal razão provável para o acontecimento do sinistro?

Visando a busca das respostas acima realizamos as seguintes atividades:

- ◆ Levantamento geométrico da estrutura remanescente;
- ◆ Inspeção visual da estrutura remanescente e mapeamento de possíveis anomalias;
- ◆ Investigação em órgãos oficiais, para levantamento das condições climáticas do dia do sinistro;
- ◆ Modelagem estrutural.

6. SERVIÇOS EXECUTADOS


6.1 Levantamento Geométrico

Foram levantados os detalhes construtivos e respectivas dimensões dos elementos estruturais, utilizando-se de medição direta e da técnica de ultrassom para levantamento da espessura das barras. Este levantamento foi utilizado para o modelamento matemático e cálculo estrutural.

6.2 Inspeção visual da estrutura remanescente

Foi realizada a inspeção visual da estrutura, sob luz natural, verificando as seguintes condições de manutenção:

- ausência de pontos de corrosão com perda de espessura localizada e/ou generalizada nas barras presentes na estrutura, que possam contribuir para diminuição da resistência.
- ausência de danos, defeitos e/ou avarias nas bases de concreto (pilares) da estrutura.
- rompimento de diversos parafusos de fixação das barras, na seção menor de resistência, sem indícios de fadiga na superfície da ruptura.
- deformações em diversas barras de seção Ø60x2,3mm localizadas ainda na estrutura.
- várias barras de seções variadas desprendidas completamente da estrutura.

	Cliente: JOQUEY CLUB BRASILEIRO	Relatório N°: RTS 9.5.8.167.013/12	Folhas: 5/ 13
		Data de emissão: 10/02/2012	Rev.: 0

Nas condições atuais da estrutura, após a queda da mesma, torna-se impossível a reconstituição exata de todas as posições das barras conforme montada, pois foram localizadas dezenas de barras que se desprenderam da estrutura completamente, sendo que tais barras possuem diversas seções, incluindo ainda seções com reforços estruturais do tipo cantoneiras, provavelmente utilizadas para suportar as cargas de compressão mais altas verificadas no modelo matemático.



Foto 2 – Deformação de barras do beiral da estrutura, ocorrida após o sinistro, sendo parte da estrutura ainda apoiada em um dos pilares, nota-se ausência de corrosão.



Foto 3 – Parte da estrutura deformada e apoiada sobre o piso.



Foto 4 – Detalhe da estrutura parcialmente montada e apoiada sobre o piso, fixações em bom estado.



Foto 5 – Detalhe da cobertura da estrutura com ausência de corrosão e telhas bem fixadas.



Foto 6 – Detalhe da fixação da cobertura, com ausência de corrosão e boa fixação.



Foto 7 – Detalhe da fixação da cobertura e ausência de danos nas calhas de captação de águas pluviais.



Foto 8 – Detalhe de um dos pontos de fixação, totalmente rompido, na fixação entre o nó e a estrutura, observando o pilar completamente íntegro.



Foto 9 – Detalhe do estado da calha de captação das águas pluviais, com ausência de corrosão.



Foto 10 – Detalhe do tipo de conexão (nó) entre as barras da estrutura e rompimento de um dos parafusos.



Foto 11 – Detalhe da estrutura com barras de reforços estruturais em forma de perfis do tipo cantoneiras, soldados as barras tubulares.



Foto 12 – Detalhe da estrutura com barras de reforços estruturais em forma de perfis do tipo cantoneiras, soldados as barras tubulares.

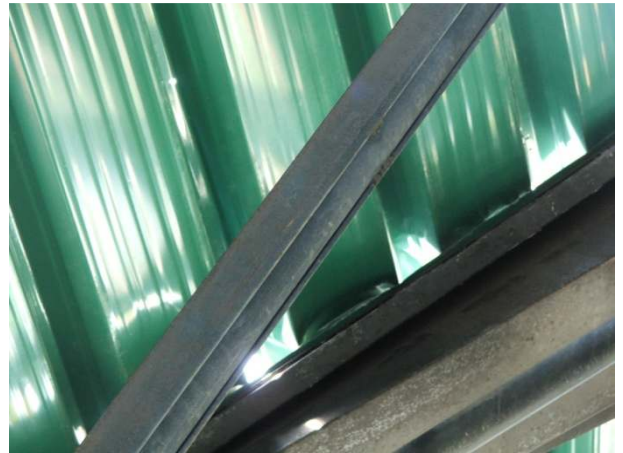


Foto 13 – Detalhe da estrutura com barras de reforços estruturais em forma de perfis do tipo cantoneiras, soldados as barras tubulares.



Foto 14 – Detalhe da estrutura com barras de reforços estruturais em forma de perfis do tipo cantoneiras, soldados as barras tubulares.




Foto 15 – Detalhe da estrutura com barras de reforços estruturais em forma de perfis do tipo cantoneiras, soldados as barras tubulares.



Foto 16 – Detalhe de uma barra que se despreendeu totalmente da estrutura, apresentando reforço estrutural.



Foto 17 - Detalhe de duas barras que se desprenderam da estrutura, sendo uma delas com reforços.

	Cliente: JOQUEY CLUB BRASILEIRO	Relatório N°: RTS 9.5.8.167.013/12	Folhas: 8/ 13
		Data de emissão: 10/02/2012	Rev.: 0

6.3 Investigação em órgãos oficiais, para levantamento das condições climáticas do dia do sinistro

Realizado levantamento junto ao Instituto Nacional de Meteorologia, constataram-se as seguintes condições climáticas no dia 17 de dezembro de 2011 na Cidade do Rio de Janeiro.


Data Inicial: 17/12/2011		Data Final: 17/12/2011		Nova Pesquisa		Download de Dados												
Data	Hora	Temperatura (°C)			Umidade (%)			Pto. Orvalho (°C)			Pressão (hPa)			Vento (m/s)			Radiação	Chuva
		UTC	Inst.	Máx.	Min.	Inst.	Máx.	Min.	Inst.	Máx.	Min.	Inst.	Máx.	Min.	Vel.	Dir.	Raj.	(kJ/m²)
17/12/2011	00	22.6	24.3	21.8	90	91	80	20.8	21.2	19.6	1005.3	1005.4	1005.0	////	360°	2.7	-2.05	0.0
17/12/2011	01	22.1	24.0	21.5	91	91	84	20.5	21.7	19.5	1005.5	1005.5	1005.3	////	360°	1.8	-3.27	0.0
17/12/2011	02	24.3	24.3	21.3	84	92	84	21.5	21.8	19.5	1005.1	1005.5	1005.1	////	360°	2.4	-3.06	0.0
17/12/2011	03	22.3	24.3	22.3	86	90	84	19.8	22.1	19.8	1004.7	1005.2	1004.7	////	360°	3.0	-3.28	0.0
17/12/2011	04	21.5	23.7	21.1	90	93	85	19.8	22.2	18.9	1004.0	1004.7	1004.0	////	360°	3.0	-1.92	0.0
17/12/2011	05	23.7	23.9	21.5	89	92	87	21.7	22.0	19.9	1003.4	1004.1	1003.4	////	360°	3.8	-2.88	0.0
17/12/2011	06	22.5	23.7	22.3	91	91	85	20.9	21.7	19.9	1003.4	1003.4	1003.3	////	360°	3.1	-3.13	0.0
17/12/2011	07	22.8	23.1	22.0	92	92	90	21.4	21.6	20.5	1003.3	1003.4	1003.2	////	360°	1.2	-2.98	0.0
17/12/2011	08	21.8	23.5	21.2	93	93	88	20.6	21.8	19.5	1004.0	1004.0	1003.3	////	360°	4.8	-1.29	0.0
17/12/2011	09	22.8	24.1	21.9	89	93	87	20.9	22.4	20.6	1004.8	1004.8	1004.0	////	360°	2.6	235.5	0.0
17/12/2011	10	22.5	22.8	19.6	94	95	87	21.4	21.5	18.3	1005.3	1005.4	1004.8	////	360°	2.9	418.1	0.0
17/12/2011	11	22.6	24.8	20.1	87	94	80	20.3	22.8	18.1	1005.6	1005.6	1005.3	////	360°	3.9	991.0	0.0
17/12/2011	12	24.4	24.4	22.2	83	88	78	21.4	21.4	19.0	1005.6	1005.7	1005.5	////	360°	4.1	2681.	0.0
17/12/2011	13	23.9	25.1	22.8	83	84	77	20.8	21.6	19.1	1005.5	1005.7	1005.4	////	360°	4.1	3246.	0.2
17/12/2011	14	26.6	26.9	23.6	75	83	71	21.8	22.0	20.1	1005.4	1005.6	1005.4	////	360°	5.5	3697.	0.0
17/12/2011	15	32.0	32.0	25.7	52	75	52	20.9	22.1	20.5	1004.8	1005.5	1004.8	////	360°	6.5	3955.	0.0
17/12/2011	16	32.2	32.6	31.3	45	53	45	18.9	21.5	18.7	1004.4	1004.9	1004.4	////	360°	7.3	3739.	0.0
17/12/2011	17	25.4	32.9	25.4	71	72	44	19.8	20.9	18.4	1003.8	1004.4	1003.8	////	360°	7.8	3730.	0.0
17/12/2011	18	25.5	27.6	24.9	73	75	65	20.3	20.8	19.8	1003.3	1003.9	1003.3	////	360°	9.2	1894.	0.0
17/12/2011	19	20.4	26.5	20.4	90	92	68	18.7	21.2	18.7	1005.4	1006.1	1003.2	////	360°	15.9	198.3	24.8
17/12/2011	20	24.4	24.6	20.2	78	91	73	20.4	20.4	18.4	1004.4	1005.5	1003.7	////	360°	15.9	182.7	20.8
17/12/2011	21	24.9	24.9	23.9	76	80	75	20.5	20.9	19.9	1003.9	1004.4	1003.6	////	360°	6.5	75.84	0.0
17/12/2011	22	26.1	26.4	24.8	74	79	70	21.0	21.3	20.2	1004.3	1004.4	1003.6	////	360°	3.7	13.67	0.0
17/12/2011	23	25.4	26.8	25.4	77	77	70	21.0	21.2	20.1	1005.1	1005.1	1004.0	////	360°	2.9	1.703	0.0

Vale salientar que esta estação se localiza no Forte de Copacabana, ao seja, distante do local do sinistro, desta forma os dados servem apenas como referência.

Podemos verificar pela tabela acima que ocorreram rajadas de vento de 15,9 m/s por volta das 19 h, junto ao Forte de Copacabana, o que podemos considerar que esta condição climática possa ter passado antes na região do Joquey Club com diferente intensidade. Porém não podemos alicerçar que a intensidade tenha sido maior ou menor, nem mesmo o seu tempo de duração.

6.4 Verificação estrutural por modelagem em elementos finitos do vão do sinistro

Com base nos documentos de referência, levantamento geométrico e considerações quanto a geometria simétrica da estrutura, foi realizada a verificação estrutural quanto aos estados limites último e de serviço a partir da análise de tensões e deslocamentos obtidos no software de análise estrutural SAP 2000 versão advance 14.2.3. O modelo numérico foi concebido a partir do desenho do vão em CAD, onde se interpreta cada interseção entre barras como “nó” e cada segmento de reta como barra estrutural, posteriormente são lançados os parâmetros com relação a definição dos tipos de perfis (barras), tipos de materiais, tipos de nós, condições de vinculação da estrutura (apoios) e carregamento. O tipo de avaliação estrutural realizado foi análise estática linear.

	Cliente: JOQUEY CLUB BRASILEIRO	Relatório Nº: RTS 9.5.8.167.013/12	Folhas: 9/ 13
		Data de emissão: 10/02/2012	Rev.: 0

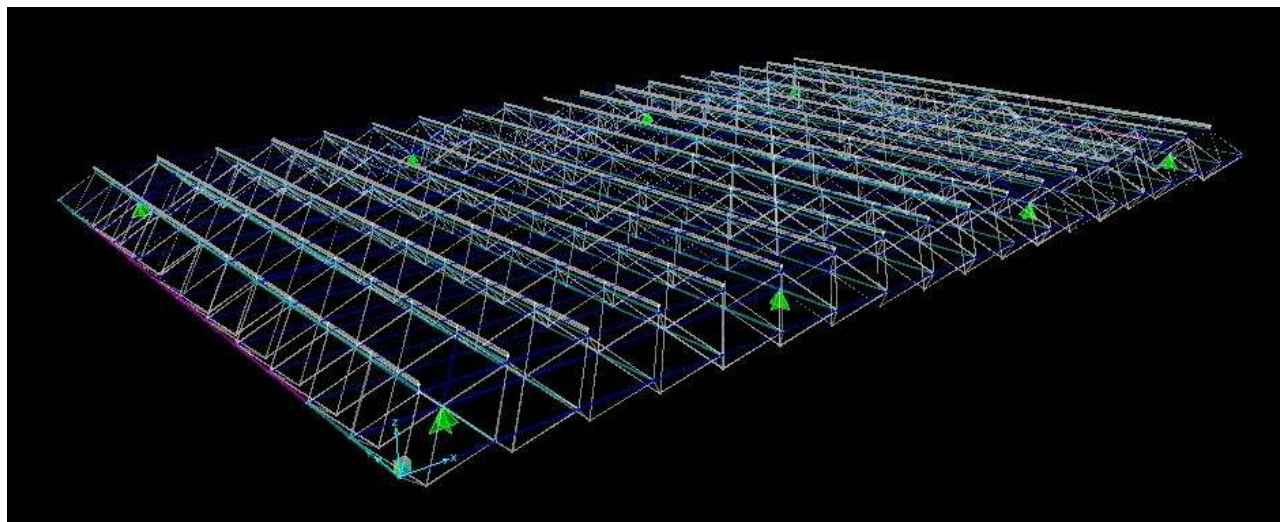


Figura 1 – Modelo em CAD

A determinação da resistência dos elementos da estrutura foi realizada segundo as recomendações da norma americana AISC360-05/IB: 2006 (LRFD), enquanto na fixação das deformações, empregou a NBR 8800:2008, onde o deslocamento vertical da estrutura no centro do vão deve ser inferior a 1/360 do vão. O aço (perfis) considerado no processamento foi o ASTM-A36 com $f_y = 250$ MPa e $f_u = 400$ MPa.

A- Considerações realizadas no modelo:

A1 - A estrutura foi fabricada em simetria com todas as barras e perfis, conforme localização entre os vãos e pilares.

A-2 - A estrutura não possuía danos oriundos de degradação tais como corrosão e/ou trincas que diminuíssem sua resistência.

A-3 - As barras reforçadas com perfis do tipo cantoneiras estavam posicionadas nos elementos que apresentavam altas cargas de compressão, indicadas no modelo matemático.

A-4 - Os parafusos de fixação dos nós possuíam resistência compatível a classe 8.8.


B - Considerações realizadas para análise quanto as cargas atuantes na estrutura:

B1 - Peso próprio da estrutura multiplicado por 1,20 para considerar o peso das chapas do telhado e demais acessórios de captação das águas pluviais.

B2 – Condições de vento de 45 m/s nas direções X e Y, conforme norma NBR-6123 Ed. 1988.

C- Combinações de ações

$$C1 = B1+B2$$

	Cliente: JOQUEY CLUB BRASILEIRO	Relatório N°: RTS 9.5.8.167.013/12	Folhas: 10/ 13
		Data de emissão: 10/02/2012	Rev.: 0

6.5 Resultados numéricos obtidos

Os deslocamentos do vão devido às combinações em serviço estão mostrados na Tabela 1.

Tabela 1 – Deslocamento máximo no centro do vão maior.

Combinação	Deslocamento (mm)	Limite (mm)	Resultado
C1 = B1+B2	19,22 mm	119 mm	OK

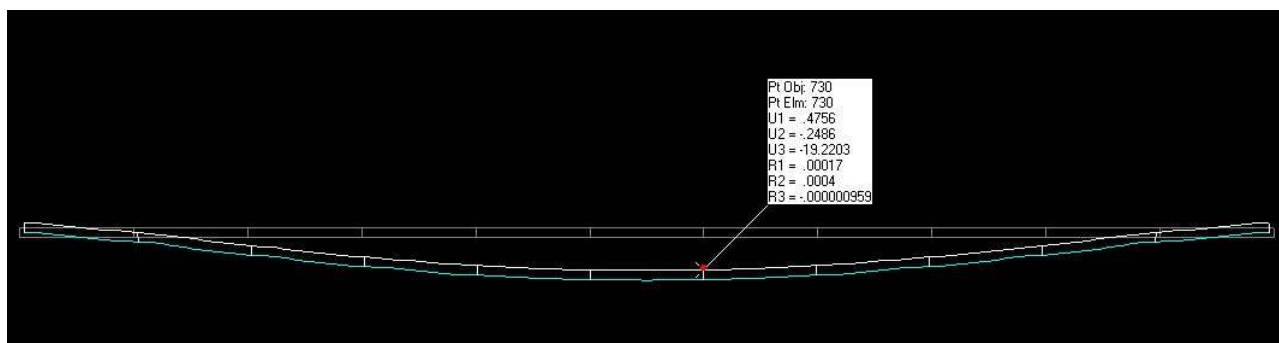


Figura 2 – Deformação máxima vertical do projeto original


A avaliação da resistência das barras é apresentada a seguir por meio da relação entre esforço solicitante/esforço resistente das seções transversais, considerando todas as combinações no estado limite último.

As maiores forças axiais atuantes nos elementos da estrutura foram de:

Combinação	Compressão kgf	Tração kgf	Resultado
C1 = B1+B2	4781	2696	OK

Comparando-se os resultados das forças sobre as seções resistentes dos parafusos temos:

Parafusos	Área útil	Tensão atual	Tensão admissível	Resultado
Ø17 mm	158 mm ²	1706 kgf/cm ²	5500 kgf/cm ²	OK
Ø12,7 mm	76 mm ²	3547 kgf/cm ²	5500 kgf/cm ²	OK

	Cliente:	Relatório N°:	Folhas:
	JOQUEY CLUB BRASILEIRO	RTS 9.5.8.167.013/12	11/ 13
		Data de emissão:	Rev.:
		10/02/2012	0

Comparando-se os resultados das forças sobre as seções resistentes das barras temos:

Barras	Área útil	Tensão atual	Tensão admissível	Resultado
Ø112 x 3,3 mm	1027 mm ²	262 kgf/cm ²	1687 kgf/cm ²	OK
Ø89 x 3,6 mm	810 mm ²	332 kgf/cm ²	1687 kgf/cm ²	OK
Ø76 x 2,8 mm	464 mm ²	581 kgf/cm ²	1687 kgf/cm ²	OK
Ø60 x 2,3 mm	364 mm ²	740 kgf/cm ²	1687 kgf/cm ²	OK

Observa-se que qualquer das barras possui resistência a tração suficiente para a estrutura.


Comparando-se a resistência a flambagem das barras temos:

Barras	L	I	Carga crítica	Carga máxima encontrada	Fator de segurança	Resultado
Ø112 x 3,3 mm	3600	167 cm ⁴	26680 kgf	4781 kgf	5,5	OK
Ø89 x 3,6 mm	3600	88 cm ⁴	14059 kgf	4781 kgf	2,9	OK
Ø76 x 2,8 mm	3600	43 cm ⁴	6869 kgf	4781 kgf	1,4	OK
Ø60 x 2,3 mm	3117	17 cm ⁴	3639 kgf	4781 kgf	-	Não atende

Neste caso observa-se que apenas uma das barras não possui resistência a compressão capaz de resistir aos valores encontrados no modelo.

6.6 Conclusão estrutural

- ♦ Estado limite de serviço: Os deslocamentos no centro do vão para as situações de carregamento C1 e C2 estão abaixo do limite.
- ♦ Os elementos de fixação, mesmo apresentando seção reduzida devido ao furo passante existente em cada parafuso, que servia para travamento da bucha sextavada através de um pino, apresentava resistência capaz de suportar as cargas axiais de tração da estrutura, independente da localização dos mesmos.
- ♦ Existem combinações do posicionamento das barras que confirmam a integridade da estrutura de forma que as maiores tensões existentes (compressão) sejam suportadas satisfatoriamente.

	Cliente: JOQUEY CLUB BRASILEIRO	Relatório N°: RTS 9.5.8.167.013/12	Folhas: 12/ 13
		Data de emissão: 10/02/2012	Rev.: 0

7. CONCLUSÃO

A estrutura não apresentava danos oriundos de corrosão que pudessem diminuir a resistência estrutural dos elementos e suas ligações.

Os elementos da estrutura possuíam capacidade estrutural compatível com as solicitações de carga, desde que posicionados corretamente. Diante do histórico da estrutura, isso nos leva a crer que tal posicionamento era correto, pois não havia históricos de deformações e falta de rigidez.


Quanto as respostas para as questões levantadas.

1ª. - O estado de manutenção da estrutura contribuiu para a queda de estrutura?

Não foi encontrado pontos de corrosão na estrutura que possa ter contribuído para a diminuição da sua resistência e conseqüentemente provocar a sua queda.

2ª. - O projeto da estrutura original atendia a solicitações de carga, considerando cargas de vento em condições climáticas adversas, conforme normas vigentes?

Sim, a estrutura atendia as condições de carga conforme normas vigentes, desde que todos os elementos presentes na estrutura e seus respectivos reforços estivessem posicionados de forma correta e simétricos em relação as suas bases.

	Cliente: JOQUEY CLUB BRASILEIRO	Relatório N°: RTS 9.5.8.167.013/12	Folhas: 13/ 13
		Data de emissão: 10/02/2012	Rev.: 0

3ª. - Qual a principal razão provável para o acontecimento do sinistro?

Embora a estrutura possa ter sido projetada e montada conforme norma vigente e seguindo as boas práticas de engenharia, causas de sinistro provadas por condições meteorológicas adversas são sempre possíveis. Mesmo com todo conservadorismo das normas existentes quanto a extrapolação de valores de carga de vento e suas direções, as rajadas e redemoinhos de vento podem provocar condições extremas cujas estruturas não são projetadas, uma vez que a estatística para estas condições é muito pequena.

Diante das evidências encontradas na estrutura remanescente após o sinistro, o modelamento matemático elaborado e histórico, concluímos que condições extremas meteorológicas ocorridas no dia 17 de dezembro foram as únicas causas responsáveis pela ocorrência do sinistro.

CONCREMAT ENGENHARIA E TECNOLOGIA S/A

São Paulo, 10 de fevereiro de 2011.



Engº Denis S. Gon
 Coordenador
 CREA 5062589937



Engº Fabio Simões Subtil
 Gerente Operacional
 CREA 5060003240



Engª Rosana C. Tiba
 Diretora de Operações
 CREA: 0682094198/D