

**IBAPE - XII COBREAP - CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE  
AVALIAÇÕES E PERÍCIAS, BELO HORIZONTE/MG**

**PRODUÇÃO DE PROVA PERICIAL – ESTUDO DE CASO – SINISTRO EM  
ESTRUTURA DE PAVILHÃO PRÉ-MOLDADO DE CONCRETO ARMADO**

SALDANHA, MARCELO SUAREZ, Engenheiro Civil – Esp.  
CREA-RS nº 53.446, IBAPE/RS nº 1006/85  
Rua Washington Luiz, 500 cj. 405, Tel-Fax: (51) 3228-4511, Porto Alegre-RS  
E-mail: peritomarcelo@terra.com.br

**RESUMO:** O presente trabalho tem por finalidade abordar, a partir de um estudo de caso a produção de uma prova pericial visando a instrução de uma ação cautelar de produção antecipada de prova, por ocasião de desabamento parcial de um pavilhão industrial durante a montagem da estrutura pré-moldada, a partir de procedimentos periciais, baseado em documentações e levantamentos técnicos disponíveis.

**ABSTRACT:** The present work has as purpose to approach, from an accident case study, the elaboration of an investigation proof aiming a judicial instruction, concerning an collapse of an industrial concrete structure.

## **PRODUÇÃO DE PROVA PERICIAL – ESTUDO DE CASO – SINISTRO EM ESTRUTURA DE PAVILHÃO PRÉ-MOLDADO DE CONCRETO ARMADO**

### **1. Introdução:**

A produção da prova pericial visa instruir o processo judicial, por ocasião de um desabamento parcial de um pavilhão industrial durante a montagem da estrutura pré-moldada, a partir da verificação estrutural das peças de concreto armado que entraram em colapso, do diagnóstico das manifestações patológicas observadas na obra e das recomendações de uso da estrutura danificada do pavilhão, inclusive com o reaproveitamento das fundações, a partir do trabalho pericial realizado condicionado à abrangências dos levantamentos técnicos e fotográficos, das especificações técnicas, dos projetos arquitetônico e de fundações, do relatório de sondagem, etc.

### **2. Caracterização**

#### **2.1. Da Obra Sinistrada:**

Trata-se da construção de um galpão do tipo pavilhão industrial, edificado em estrutura pré-moldada de concreto armado, com 15,00m de largura, por um comprimento de 27,00m, com modulação de 5,00m e a uma de 2,00m, perfazendo uma área construída de 405,00m<sup>2</sup>, possuindo um pé direito de 6,00m, com vigas de travamento intermediário e fechamento com lanternim em cinco pórticos, com cobertura em telha de fibrocimento 6mm.

#### Descrição das Peças:

- quatorze colunas de seção cheia com duto console interno 10mm, 23x31 simples, 7,00m, sendo duas com platibandas;
- sete vigas tesouras sistema de sobreposição de divisa, com 7,76m e sete de sobreposição dupla, com 7,64m;
- cinco lanternim de cumeeira, de 1,00m x 0,30m;
- oitenta terças intermediárias de 5,00m;
- quatro colunas de oitão até a tesoura, 23 x 31, com 7,00m;
- dezesseis vigas de baldrame, 20 x 40, com 4,65m.
- duas vigas de baldrame, 20 x 40, com 1,65m;
- dezesseis vigas suspensas intermediárias, 20 x 40, com 4,85m;
- dezesseis vigas suspensas de travamento, 15 x 40, com 4,85m;
- duas vigas suspensas intermediárias, 20 x 40, com 1,85m;
- duas vigas suspensas de travamento, 15 x 40, com 1,85m;
- execução de vinte e nove cálices de 60 x 70 x 120, sobre estacas para a inserção das colunas;

### Especificações Técnicas:

- Fundações: Estacas Strauss  $\varnothing$  320mm;
- Colunas: Seção Retangular – 24 x 31, 4 Barras Aço CA 50 16,0mm, Estribos:  $\varnothing$  5,0mm c/ 15cm, Consoles: 4 Barras Aço CA 50 12,5mm;
- Vigas de Baldrame: Seção Retangular Variável, 2 Barras Aço CA 50 8,0mm e 3 Barras Aço CA 50, sendo 2 x 12,5mm e 1 x 10,0mm, Estribos:  $\varnothing$  5,0mm c/ 15cm;
- Vigas Tesouras: Seção Retangular Variável, 2 Barras Aço CA 50 12,5mm, e 4 Barras Aço CA 50, sendo 2 x 12,5mm e 2 x 16,0mm, Estribos:  $\varnothing$  5,0mm c/ 15cm;
- Terças: Seção Quadrada, 10 x 10, 4 Barras Aço CA 50 6,25mm;
- Fixadores: Parafusos 1/4” nas Colunas, 3/8” na Cumeeira, 5/16” nas Terças e Lanternim;

## **2.2. Do Solo Local:**

A identificação do solo local é importante para a análise do problema em estudo, pois, dessa forma pode-se avaliar as condições originais de fundação do prédio afetado, a propriedade e adequação das mesmas e o futuro desenvolvimento de comportamento do conjunto.

Foi obtido o relatório de campo da obra lindeira, sondagem de simples reconhecimento, executado com sondagem padrão SPT, pela empresa ETA – Tecnologia de Materiais.

Os furos de sondagem de reconhecimento foram realizados em meados de agosto/96, identificando-se o seguinte perfil do sub-solo:

### Perfil de Sondagem:

- 0.00 - 1.60: Aterro argilo-arenoso;
- 1.60 – 3.40: Argila com areia fina, cor cinza variada de consistência média;
- 3.40 – 11.10: Argila orgânica, cor preta, muito mole;
- 11.10 – 15.30: Areia fina, argilosa, cor cinza, pouco compactas;
- 15.30 – 17.20: Argila com areia fina, cor cinza, mole;
- 17.20 – 25.00: Areia fina e média, pouca argilosa, cinza, medianamente compacta.

O nível d'água inicial foi localizado a 1,70m e após 24 horas a 1,00m.

Na medida em que as fundações do pavilhão em questão, situa-se na profundidade média 6,50m, está assente, segundo o perfil de sondagem, sobre argila orgânica, cor preta, muito mole.

## **3. Verificações:**

### **3.1. Das Solicitações Resistentes e Compressão:**

Considerando o referido perfil de sondagem, e, aplicando o método proposto por Decourt & Quaresma, cálculo da capacidade de cargas de estacas a partir de valores do SPT, Proc. Of. VI COBRAMSEF, pp. 45-53, Rio de Janeiro, 1978), tem-se, que:

O esforço de compressão atuante na estaca: 150KN

a) Esforço Absorvido pelo Atrito Lateral da Estaca:

$N_{ld} = UI \times L \times q_s / 1,3$ , onde:

$N_{ld}$  = esforço total (KN) absorvido pelo atrito lateral da estaca;

UI = perímetro da seção transversal da estaca. (m);

L = Profundidade da estaca: 6,50m;

$q_s$  = tensão unitária devida ao atrito lateral entre o solo e estaca:  $(N/3 + 1,0) \times 1,0$ . (KN/m<sup>2</sup>)

N = média dos valores de STP medidos ao longo do fuste da estaca.

Então, o valor de N será:

$N_{\text{médio}} = (0+16+6+10+6+7+2)/7 = 6,71$

$q_s = (6,71/3+1) \times 10,0 = 32,36$  KN/m<sup>2</sup>

$N_{ld} = 0,32 \times 3,14 \times 6,50 \times 32,36/1,3 = 162,57$  KN

$N_{lk} = 162,57 / 2 = 81,28$  KN

$N_{lk} = 81,28$  KN

b) Esforço Absorvido pela Ponta da Estaca:

$N_{pd} = A_p \times k \times N_m / 4$ , onde:

$N_{pd}$  = esforço de cálculo (KN) absorvido pela ponta da estaca.

$A_p$  = área da seção transversal da estaca (m<sup>2</sup>);

K = coeficiente proposto pelos autores do método

$N_m$  = média do SPT na ponta da estaca (3 valores)

$N_m = (2+1+1) \times 10,0 / 3 = 13,33$  KN/m<sup>2</sup>

$N_{pd} = 0,32 \times 0,32 \times 3,14/4 \times 12 \times 13,33 / 4 = 3,21$  KN

$N_{pk} = 3,21 / 2 = 1,60$  KN

Interpretação:

O esforço de compressão absorvido pela estaca: 81,28 KN + 1,60 KN = 82,88 KN é menor que o esforço de compressão atuante que é de 150 KN, ou seja, A ESTACA NÃO ATENDE AS SOLICITAÇÕES.

Notas:

1) Considerando que em um lado haverá somente uma estaca visto que a outra deverá ser eliminada, pois se encontra locada no terreno lindeiro.

2) As estacas não atendem as solicitações de compressão, mesmo sem levar em conta o momento fletor proveniente do vento, o que comprometeria ainda mais sua instabilidade.

### 3.2. Do Cálculo Estrutural da Peça Sinistrada:

O sistema estrutural do pavilhão industrial em questão, corresponde a uma estrutura pré-moldada de concreto armado montado no local, correspondente com as informações técnicas esquematizadas nos croquis em anexo.

No que se refere a peça sinistrada, trata-se de um pilar com pé-direito de 6,00m, possuindo as seguintes dimensões:

Seção: altura 7,00m  
Peso: 1058,9  
Console 3 O ½”  
Armaduras: 4 O 12,5mm

O cálculo estrutural da reconstituição da estrutura de concreto da peça sinistrada, ou seja, do pilar, apresenta as seguintes verificações:

#### Verificação Estrutural:

Aço CA-50<sup>A</sup>  
Fck = 15 Mpa  
Cobrimento = 2,0cm  
vc = 0,45m<sup>3</sup>  
af = 6,60m<sup>2</sup>  
cg: x = 12,00cm e y = 15,50cm  
Reações das cargas: Mx = 6,5 ton\*m  
N = 15,0 ton  
Área de ferragem: As = 11,72cm<sup>2</sup>  
Armadura: 6 Ø 16,0mm  
Estribo: Ø 5,0 c/19cm

#### Interpretação:

As características geométricas da peça acima (pilar) indicam, bem como as dimensões constantes no projeto, estão em desconformidade com a peça sinistrada. Com relação às armaduras indicadas, as mesmas não conferem, e VERIFICA-SE QUE A ARMADURA NECESSÁRIA É 52% SUPERIOR A EXISTENTE NA PEÇA SINISTRADA.

### 4. Vistoria:

Constatamos que nas inspeções realizadas no pavilhão industrial sinistrado, em construção, que a montagem e as especificações das peças pré-moldadas de concreto armado estão em desacordo com as normas e especificações técnicas:

- Locação errada da obra, provocando a montagem, desmontagem e remontagem das peças pré-moldadas de concreto.
- Fundações executadas inadequadamente e não compatíveis com o carregamento previsto.
- Blocos das cabeças das estacas mal concretadas, fora de nível, comprometendo a colocação dos pilares;
- Excentricidade dos pilares nos blocos das cabeças das estacas;
- Pilares em desalinhamento, tortos e fora de prumo;
- Todos os consoles com remendos, apresentando trincas e defeitos;
- Vigas tortas na sua extensão, fora de nível, com diferenças visíveis;
- Encaixes das peças tortos, fora de nível e de tamanhos diferentes, apresentando folgas;
- Fissuras e trincas nas peças pré-moldadas de concreto armado: apresentando folgas;
- Fissuras e trincas nas peças pré-moldadas de concreto armado: pilares, vigas, consoles, terças, etc.;

## 5. Das Respostas aos Quesitos:

a) A luz das Anotações de Responsabilidade Técnica juntadas aos autos qual a responsabilidade dos requeridos relativamente a obra?

Resposta: Os responsáveis técnicos pelo projeto e execução da estrutura pré-moldada de concreto armado é o Eng.º Fulano de Tal, pelo projeto e execução do projeto arquitetônico e seus complementares, o Arquiteto Beltrano de Tal, pela execução do estaqueamento com estacas tipo strauss, o Engº Siclano de Tal.

b) Qual o dia e hora do sinistro e o que estava sendo feito na edificação por ocasião do ocorrido?

Resposta: O colapso e desabamento parcial da estrutura do pavilhão industrial em questão, ocorreu no dia 24/12/96, por volta das 15:00 horas, quando executava-se a parte da montagem da estrutura da cobertura, decorrente do rompimento de um dos tensores da estrutura de concreto.

c) Queira o Sr. Perito identificar e enumerar as causas do acidente ocorrido com a estrutura e concreto armado?

Resposta: As causas do acidente ocorrido na obra em questão, a partir do rompimento do tensor durante a montagem estão relacionadas com falhas de execução após a montagem, desmontagem e remontagem da estrutura do pavilhão, e de falha de projeto decorrente da confecção inadequada dos pilares e equívocos nos seus dimensionamentos, apresentando uma armadura insuficiente face as cargas exercidas, agravada pela má execução da remontagem, esta executada com pilares fora de prumo, parcialmente danificados e não adequadamente fixados na fundação.

d) Queira o Sr. Perito informar se existem patologias no restante da obra que permanece no local, enumerando-as, qualificando-as, e referindo sobre a possibilidade do aproveitamento ou não da mesma?

Resposta: Respondido no item 4. Vistoria do laudo.

e) Informe o expert qual o tipo de fundação do local e se existiu sondagem no terreno? Observadas as características da região que indicam um solo formado de materiais sedimentares de baixa capacidade de suporte, esclarecer se o tipo de fundação executado foi o mais indicado?

Resposta: Não foram realizadas sondagens de reconhecimento do local de execução da obra contratada. A fundação executada é do tipo Strauss com  $\varnothing$  320mm com 6,50m de comprimento.

No que se refere a especificação das fundações executadas não é a mais indicada, pois as mesmas encontram-se assentadas sobre solo de argila orgânica, de cor preta, muito mole.

f) Identificar no projeto de fundações e sua memória de cálculo, bem como naquilo que edificado no local, se as mesmas são compatíveis com o carregamento previsto?

Resposta: Não nos foi fornecido projeto das fundações executadas.

Cumpra salientar que o estaqueamento executado com estacas tipo Strauss não são compatíveis com o sub-solo local e nem com o carregamento previsto, vide item 3.1. Das Solicitações Resistentes a Compressão do laudo.

g) Verificar as condições de estabilidade e segurança dos blocos de encabeçamento das estacas, informando se adequadas ou não?

Resposta: As condições de estabilidade e segurança dos blocos das estacas encontram-se comprometidas.

h) Verificar se o carregamento previsto é compatível com o tipo de obra executado (analisar memória de cálculo à luz das normas brasileiras vigentes) e se as peças estruturais estão adequadamente dimensionadas (seção, armadura e concreto)?

Resposta: Não, vide item 3. Verificação do laudo.

i) Quer o Sr. Expert informar, qual o prazo contratual para encerramento da edificação contratada?

Resposta: O prazo contratual para entrega da obra da estrutura de concreto, incluindo a cobertura é de 90 dias.

## **6. Quesitos Complementares:**

1- Informe o Sr. Perito qual a peça que entrou em colapso, ocasionando o acidente?

Resposta: Inicialmente a peça que entrou em colapso foi o pilar P2 em conjunto com o pilar P9, devido ao rompimento do gancho do distorcedor do tensor existente entre os pilares.

2- Queira o Sr. Perito, explicar qual a causa da quebra de tal peça?

Resposta: A causa de quebra da peça pré-moldada de concreto armado foi decorrente de defeito de fabricação (mau dimensionamento da estrutura de concreto armado).

3- Diga o Expert, se o concreto utilizado na estrutura da obra edificada, estava condizente com as normas contratuais e legais?

Resposta: Sim, o concreto projetado para a estrutura pré-moldada é do tipo fck 15 MPa.

4- Diga o Expert, se o ferro utilizado encontrava-se de acordo com os cálculos previstos pelo Engenheiro responsável pela obra, para suportar as tensões ali existentes?

Resposta: Não. Vide item 3.2. Do Cálculo Estrutural da Peça Sinistrada do laudo.

## **7. Conclusões:**

Em função da vistoria realizada, das condições de suporte do sub-solo local, do tipo de fundações executadas (tipo Straus), do dimensionamento do projeto estrutural executado, concluímos que:

a) A ESTACA NÃO ATENDE AS SOLICITAÇÕES DE CARGA, uma vez que o esforço de compressão absorvido é menor que o esforço de compressão atuante na estaca.

b) A INSUFICIÊNCIA DE ARMADURAS NOS PILARES, FERRAGEM NECESSÁRIA DEVERIA SER 52% SUPERIOR AS EXISTENTES NAS PEÇAS CONFECCIONADAS. Observou-se também que as armaduras indicadas no projeto estrutural não conferem com as armaduras de cálculo e nem de execução.

Ante o exposto, RECOMENDA-SE A NÃO REUTILIZAÇÃO DAS FUNDAÇÕES EXECUTADAS E NEM DA ESTRUTURA SINISTRADA, OU SEJA, DOS PILARES E CONSOLES PRÉ-MOLDADOS DE CONCRETO ARAMADO DO PAVILHÃO.

Quanto às demais peças, tais como: vigas de baldrame, de travamento, tesouras e terças, entendemos que as mesmas poderão ser reaproveitadas.

## **8. Bibliografia:**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas– NBR 6118 – Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado e NBR 6122 – Projeto e Execução de Fundações, Rio de Janeiro-RJ;  
ANDRIOLO, Francisco R., Construções de Concreto, São Paulo-SP, Pini-SP, 1984;  
CANOVAS, M. F., Patologia e Terapia do Concreto Armado, São Paulo-SP, Pini-SP, 1988;  
HACHICH, Waldemar, Fundações Teoria e Prática, São Paulo-SP, Pini-SP, 1996;  
HELENE, Paulo R. L. Metodologia e Recursos para Avaliação de Estrutura de Concreto, Porto Alegre, Simpósio Sobre Patologias das Edificações, UFRGS/1989;  
IPT – Divisão de Edificações, Tecnologia de Edificações, São Paulo-SP, Pini-SP, 1988;  
MILITITSKY, Jarbas, Patologias das Fundações, Porto Alegre, Simpósio Sobre Patologias das Edificações, UFRGS/1989;  
MORAES, Marcelo Cunha, Concreto Armado, São Paulo, ed. McGraw-Hill-SP, 1982;  
RECENA, A. F. F., Patologia do Concreto, apostila CIENTEC, Porto Alegre-RS, 1986;

## CURRICULUM VITAE - MARCELO SUAREZ SALDANHA

- **Engenheiro Civil** diplomado pela PUCRS, em DEZ/84, atuante em Engenharia de Avaliações e Perícias Judiciais, desde MAI/85;
- **Curso de Tasacion Inmobiliaria Urbana e Teoria de los Precios y los Mercados**, promovido pelo Centro de Ingeniería Económica da UPV - Universidad Politécnica de Valencia, Espanha, 1ª Edição, Ano 97/98;
- **Especialista em Engenharia de Avaliações e Perícias**, promovido pela UFRGS - Escola de Engenharia e IBAPE/RS, duração de 460 hs, no período de MAR/00 a MAI/01;
- **Curso de Graduação em Estatística** - UFRGS, matrícula nº 4059/86-9, Curso Não Concluído;
- **Cursos de Extensão em Engenharia de Avaliações**, promovido pelo Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da PUCRS, duração de 40 hs, no período de AGO/88 a NOV/88 e pela CEPUERJ -Centro de Produção da Universidade do Estado do Rio de Janeiro-RJ, duração de 40 hs, no período de JUL/96;
- **Perito do Juízo ou Assistente Técnico da Parte**, em diversos tipos de ações atuante no Foro da Comarca de Porto Alegre;
- **Professor Ministrante dos Cursos de Perícias Judiciais e de Avaliações de Bens**, promoção UFRGS, IBAPE/RS e CREA-RS, Curso de Extensão Universitária de 20 Horas Aula;
- **Palestras Proferidas em Avaliações e Perícias**, para Magistrados na EMAGIS e Oficiais de Justiça Avaliador- Justiça Federal, Auditores do Tribunal de Contas do RS, e Engenheiros do Curso de Pós Graduação da UFRGS;
- **Coordenador** do Câmara de Normas Técnicas do IBAPE/RS, período de 99/00; e **Membro da Comissão de Estudo CB-02 do COBRACON-ABNT** da proposta da revisão da norma de Avaliações de Bens NBR 14653-1 que substituirá a norma NBR 5676/89;
- **Presidente do IBAPE/RS**, Instituto de Perícias e Engenharia de Avaliações do Rio Grande do Sul, Gestão 2001/2002 e **Membro da Diretoria do IBAPE-Nacional**, Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia, Gestão 1998/2000.
- **Trabalhos Publicados:** Método Comparativo do Custo Unitário de Reprodução, CBAP Nº 65/Nov/94; Colapso e Desabamento de Marquise de Concreto Armado – Estudo de Caso Marquise da Arapuã, CBAP Nº 110/Ago/98; O Arbitramento de Valor Indenizatório por Dano Sofrido Ante Publicidade Enganosa, CBAP Nº 117/Mar/99; Comentários Sobre o Código de Defesa do Consumidor, CBAP Nº 122/Agosto/99, e **Apresentados em Congressos:** (1) Arbitramento de Aluguel em Shopping Center; (2) Ser ou Não Ser, Eis a Questão! Vamos Questionar o Mercado Imobiliário, (3) Cálculo da Valoração do Impacto de Danos ao Meio Ambiente – Estudo de Caso da Lagoa do Violão -Torres-RS; (4) Avaliação para Garantias – Procedimentos Técnicos e Postura Profissional do Perito, dentre outros.

Junho/2003