

Relatório Técnico Investigação (Ministério Público do Trabalho da 15ª Região–Campinas/SP)

**Colapso da estrutura de cobertura de
galpão industrial (Empresa Metalúrgica)**

**Acidente investigado com Sindicato
dos Metalúrgicos - ADC**

CEREST PIRACICABA

Rua São Francisco de Assis, 983 Centro – PIRACICABA –SP

Fone /Fax - (19) 3434-6337 – 3435-3505

Site: www.pstpiracicaba.hpg.com.br / E-mail: crstpiracicaba@yahoo.com.br

- **AT: colapso da estrutura de cobertura do galpão industrial - Galpão A empresa metalúrgica (local comporta 8 linhas de produção e trabalham cerca de 150 funcionários)**
- **(CEREST-Piracicaba** (Centro de Referência em Saúde do Trabalhador) solicitado pela **Vigilância Sanitária-VISA da região** - eng. de Segurança do Trabalho do Sindicato dos Metalúrgicos Norton A.Martarello e dois diretores do Sindicato - eng. de Segurança da empresa.
- Observação o desmoronamento observado **somente da fachada externa** devido à interdição da área pela Defesa Civil, Prefeitura Municipal e Bombeiros.

Ministério Público do Trabalho - material técnico:

- **1- Projeto arquitetônico do galpão colapsado**
- **2-Laudo dos peritos do Instituto de Criminalística - Núcleo de Perícias Criminalísticas de Campinas (Equipe de Perícias Criminalísticas)**
- **3-Laudo do Grupo Falcão Bauer-** especializado em avaliação estrutural.
- **4-Inquérito Policial da Delegacia do Terceiro Distrito Policial - Polícia Civil do Estado de São Paulo (Secretaria da Segurança Pública).**
- **5- Ata da reunião extraordinária da CIPA.**

A investigação do acidente foi baseada na análise documental, registros fotográficos, além do resgate dos acontecimentos feito por meio de entrevistas com dirigentes sindicais e trabalhadores do setor.

(inexistência projeto estrutural)

- CEREST, Sindicato dos Metalúrgicos (eng. de Segurança do Trabalho Norton A. Martarello, dirigentes sindicais e trabalhadores do setor) desenvolveram parte da análise do acidente através da **Metodologia Árvore de Causas (ADC)** - supervisionados prof. Dr. Ildeberto Almeida (**Pará**)
- **ADC** - permite **análise de fatores contribuintes que antecederam o acidente** e que podem **explicar as origens do mesmo**, com o **objetivo de elucidar fatores para a prevenção de novas ocorrências.**
- **ADC reconstitui os fatores presentes na ocorrência**, sistematiza-os, classifica-os através de uma relação e representa-os graficamente em um esquema lógico. Após a montagem do esquema é efetuada sua **leitura e interpretação.**

RECONSTITUIÇÃO DOS FATOS

- **Galpão A** -construído há ~ 25 anos em aterro nivelado com estrutura de concreto armado (pilares e vigas e alvenaria de fechamento de blocos de concreto-área: 3.486,15 m² e dimensões **35,00m x 99,00m e 9,0m altura** - piso cimentado liso sobre concreto)
- Pavimento único e geminado galpão (B- remanescente) nas paredes longitudinais.
- Cobertura é com **telhas de fibrocimento ondulada de 6 mm de espessura**, e possui algumas telhas translúcidas de material plástico.
- As telhas são apoiadas e fixadas em **estrutura metálica em arco** que transferem suas cargas verticais para vigas de concreto armado sustentadas por pilares, também em concreto armado.

- A estrutura metálica de cobertura: **arco-cantoneiras metálicas com elementos soldados e parafusados, formando vigas longitudinais e transversais**, além de componentes de perfil “U”, como vergas que visam dar rigidez ao conjunto e suportar a fixação das telhas.
- Os **tirantes** que fazem parte da estrutura de cobertura e visam **garantir a estabilidade do conjunto** (perfis de cantoneira 1 $\frac{3}{4}$ ' de polegadas de abas - e emendas não soldadas são realizadas com 4 parafusos $\frac{1}{2}$ ').
- Na **estrutura de cobertura são fixadas longitudinalmente eletrocalhas metálicas 60cm** (fiações e diversos tipos de tubulações)

Colapso de sua estrutura do telhado – completo desabamento:

- Inquérito Policial (vítima de natureza “Lesão Corporal Culposa”) **29 vítimas lesões corporais e 1 vítima fatal.**
- A vítima fatal (empr.terceirizada) **trabalhava Galpão B.**
- A **rota de fuga foi através do galpão A**, quando os **escombros** da viga de concreto armado da fachada (oitão) do galpão A **caem sobre ele.**
- Depoimentos colhidos com os trabalhadores, a estrutura de cobertura apresenta um **“estalo” por volta das 12h.**
- O ruído que acontece é devido ao rompimento (cisalhamento) e **queda** de um parafuso do **tirante central (eixo 6)** da estrutura metálica da cobertura.
- Um dos trabalhadores do setor referiu que **recolheu e mostrou o parafuso cisalhado** para a equipe de **manutenção.**

- Parte **tirante cai sobre a eletrocalha** fixada na estrutura da cobertura.
- Segundo alguns trabalhadores do setor, **o rompimento de tirante ocorre mais de uma vez nos últimos meses.**
- A comunicação do rompimento do tirante chega ao setor de **manutenção e de segurança** que faz o isolamento da área onde cai o material rompido com **fita zebraada e iniciam-se ações para a montagem de andaime** para verificação do ocorrido.
- **O processo produtivo não é interrompido** e os funcionários permanecem no galpão.
- A estrutura entra em **colapso cerca de uma hora após a queda do parafuso e do tirante.**
- Todos os componentes da cobertura do galpão A - **estrutura metálica, telhas, vigas e pilares de concreto** que compõem as fachadas em arcos **desabam sobre os funcionários, máquinas e equipamentos.**
- As **eletrocalhas** apoiadas na estrutura de cobertura que sustentam as **tubulações e fiações se rompem** também e provocam **faíscas, muita fumaça e fogo**, gerando **pânico entre os trabalhadores do galpão A e galpão B.**



Vista frontal da entrada dos barracões. À esquerda, o barracão que sofreu desabamento da cobertura (sem a fachada frontal em forma de arco).



Estrutura metálica em arco - **similar** à estrutura do barracão colapsado. A flecha indica o tirante (similar) ao que se rompeu, desencadeando o desabamento da cobertura em telha de fibro-cimento.



Vista lateral do barracão que apresentou o desmoronamento da cobertura.



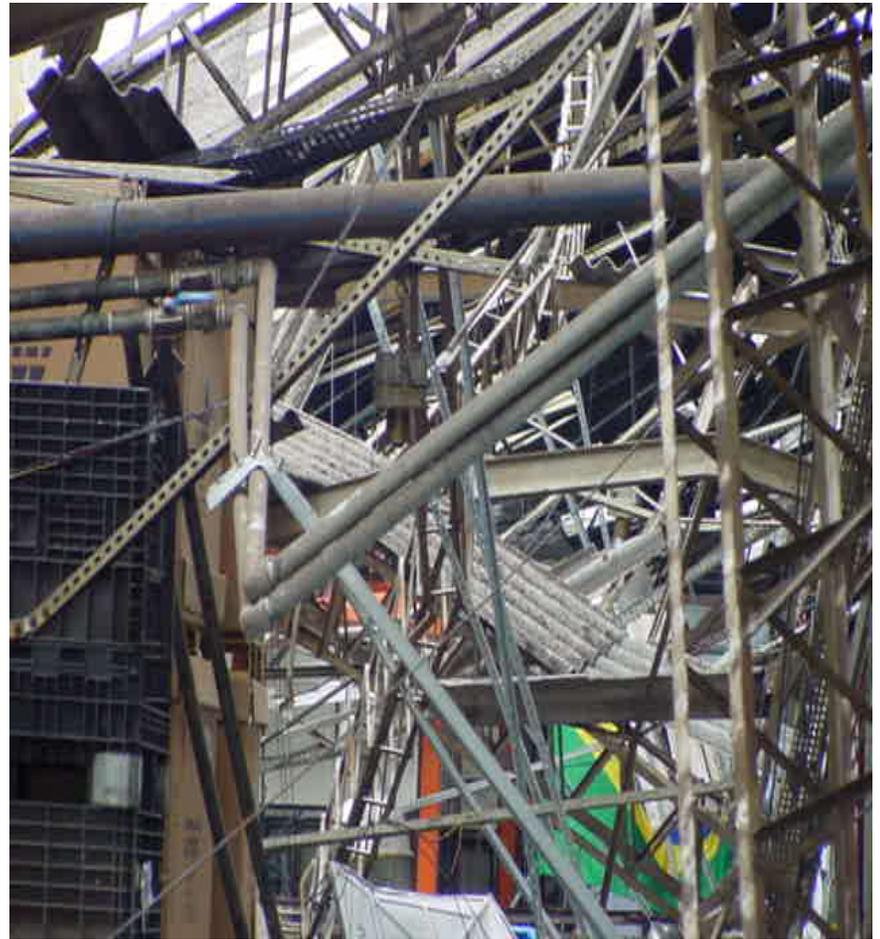
Vista frontal do acesso aos barracões, observando o desabamento da platibanda frontal em forma de arco.



Vista interna dos barracões, observando os escombros da cobertura apenas no barracão da esquerda.



Vista interna dos barracões, visualizando os escombros do barracão com cobertura rompida.



Vista interna dos barracões com os escombros da cobertura rompida.



Detalhe: sinais de infiltração e de ausência de ferragem de espera para a interligação dos pilares e viga que compõem a platibanda em arco (fachada frontal do barracão).



Detalhe: ferragens da estrutura rompida com sinais de corrosão. Sinais de ausência de ferragem de espera para a interligação dos pilares e viga que compõem a platibanda em arco. (fachada frontal do barracão).



Detalhe: sinais de ausência de ferragem de espera para a interligação dos pilares e viga que compõem a platibanda em arco. (fachada frontal do barracão).



Ferragens da estrutura rompida com sinais de corrosão.



Detalhe: sinais de infiltração e de ausência de ferragem de espera para a interligação dos pilares e viga que compõem a platibanda em arco. (fachada dos fundos do barracão).

- **Inexistência de projeto estrutural do G. A e G.B** (real avaliação de possível sobrecarga da instalação dos sistemas suspensos, dutos de exaustores e ventilação).
- **Troca telhas rompidas** no galpão A **há 15 dias** (devido ao encharcamento das telhas de fibrocimento causado pelas chuvas)
- **Manutenção pontual** de telhas do barracão passam por, pois a troca das mesmas se faz após rompimento por desgaste causado pelas chuvas ou pela ação do vento.
- Nos dias que antecedem o acidente houve ocorrência de chuvas não torrenciais.
- Tirante rompido **próximo ao eixo central do G. A**, acima de **nova eletrocalha fixada na estrutura dias antes do acidente.**

LAUDOS ESPECIALIZADOS: (Falcão Bauer e Instituto de Criminalística):

- **Vícios construtivos na estrutura de concreto armado (pilares e vigas) por falhas de concretagem definida por vazios (bicheiras)**
- **Deficiências no recobrimento da armadura**
- **Ausência de ferragem de ancoragem entre as vigas e pilares que compõem fachada em arco do G. A.**

- **Erros construtivos e de projeto nas ligações parafusadas da estrutura** (aços, vigas, laminas e terças) não possuem arruelas para fixação e travamento do parafuso e porcas.
- **Estrutura metálica apresenta provável erro de projeto (subdimensionamento)** Observa-se desconformidades nas ligações e peças da estrutura metálica, tais quais detectados na idêntica estrutura de cobertura remanescente (galpão B) - emendas no cordão de solda e preenchimento com material adicional (**bacalhau**).
- **Deposição insuficiente de material fundente** no cordão de solda que liga estrutura metálica aos pilares de concreto armado.

- **Ausência de arruelas nos parafusos das soldas nas emendas** supracitadas, desconformidades no sistema construtivo da estrutura metálica.
- **Deficiência de manutenção** pela falta de impermeabilização, infiltração de água de chuvas e corrosão da ferragem na interligação dos pilares e vigas que compõem a fachada em arco (oitão).
- **A estrutura do telhado apresenta sinais de oxidação.** Na década de 90 ocorrem **banhos de galvanoplastia** com ataque químico na **área do rompimento do tirante** que podem contribuir para corrosão da estrutura.
- Processo de produção se utilizam **prensas** com capacidade variadas e algumas de alto impacto: **500T; 800T; 900T e 1250T** que exercem vibrações durante a fabricação das peças.

- Recente reforma do setor de expedição (ao lado do galpão A) gera **escavações com martelotes, bate-estaca, compactação do solo e gera vibrações e impactos na estrutura.**
- **Tubulações aéreas (água, ar, óleo refrigerante e outros componentes vibratórios como dutos de exaustão e ventilação suspensos) fixados nas eletrocalhas geram vibrações (cargas dinâmicas) que possivelmente repercutem na estrutura.**
- **Dias antes do sinistro a empresa inicia a instalação de novas eletrocalhas no galpão A, (possivelmente para a instalação das tubulações de novas máquinas e equipamentos) gerando possível sobrecarga na estrutura do GA.**

- **Provável sobrecarga** devido ao sucessivo carregamento na estrutura (**eletrocalhas, sistema aéreo de iluminação e outros**). G B (remanescente-mesma concepção estrutural)
- Observa-se tirante sendo utilizado como **guias do sistema contra incêndio**.
- Aliam-se aos problemas construtivos (**efeitos do vento e dilatações /retrações-efeitos térmicos**) que potencializam sobre maneira as deformações da edificação como um todo e reduzem a capacidade de carga do conjunto estrutural.

- **A combinação de erros construtivos no projeto e na execução somados à sobrecarga ocasiona o rebaixamento real do coeficiente de segurança vindo a estrutura se colapsar.**
- **A queda pretérita de parafusos em uma das ligações do tirante inoperante do arco do eixo 6 tem como causa provável falha de procedimentos de montagens e falhas de controle de qualidade quando da construção dessa cobertura.**
- **Também pode estar associada a movimentações da estrutura metálica, decorrente da deficiência da estabilidade das diversas ligações.**

- Diversas ligações parafusadas da estrutura (arcos, vigas, laminados e terças) **não possuem arruelas para fixação e travamento dos parafusos e porcas, tendo sido observado frestas visíveis a olho nu nas ligações parafusadas.**
- Apoios das vigas treliçadas (VT.A e VT.I) constituídas por chapas ligadas com soldas em todo o contorno, apresentando **diversas desconformidades, como deposição insuficiente no cordão de solda com geometria irregular e preenchimento com material adicional (bacalhau)**
- Chapas de apoio de vigas treliçadas em pilares de concreto, **sem qualquer tipo de fixação em sua interface.**

- Engaste de treliça a alvenaria (oitão) soldados, apresentando **descontinuidades e ausência de solda, suas ligações se encontram ponteadas às cantoneiras e chapas dobradas, chumbadas na alvenaria.**
- Destaca-se que do piso operacional do galpão A, distante cerca de 9,0 metros dos tirantes, não é fácil a percepção da **existência de um dos tirantes inoperante, sem parafusos.**

CONSTRUÇÃO DA ÁRVORE DE CAUSAS- (ANEXO)

Lista e classificação dos fatores causais

Fator relacionado ao AT Tarefa -(T); Material - (M); Indivíduo - (I); Meio de trabalho - (MT)	Classif: T/ M/ MT/ I	Eventual: 0 Perma nente: <input type="checkbox"/>
1 - Há danos morais	I	0
2 - Trabalhador do galpão B morre	I	0
3 - Trabalhador do galpão B é atingido sob o galpão A	I	0
4 - 29 trabalhadores do galpão A são feridos	I <input type="checkbox"/>	0
5 - Trabalhadores atingidos por destroços em queda	I	0
6 - Há constrangimentos dos trabalhadores	I	0
7 - Há danos materiais	M	0
8 - Trabalhadores galpão B buscam saída no galpão A	I	0
9 - Não há saída de emergência no galpão B	MT	<input type="checkbox"/>
10 - O galpão B é geminado ao galpão A	M	<input type="checkbox"/>
11 - Há pânico entre trabalhadores do galpão A e B	I	0

Fator relacionado ao AT Tarefa -(T); Material - (M); Indivíduo - (I); Meio de trabalho - (MT)	Classif: T/ M/ MT/ I	Eventual: 0 Perma- nente: <input type="checkbox"/>
12 - Há faísca, fumaça e fogo no galpão A	M	0
13 - Há rompimento de eletrocalhas e cabos	M	0
14 - 13:20h desabamento da estrutura do galpão A sobre os trabalhadores	M	0
15 - 12:00h queda do tirante que compõe a estrutura central do galpão	M	0
16 - O parafuso do tirante cisalha e cai	MT	0
17 - Há desestabilização da estrutura metálica da cobertura	MT	0
18 - A manutenção é corretiva pontual	MT	<input type="checkbox"/>
19 - Os trabalhadores continuam trabalhando sob o galpão A	MT	<input type="checkbox"/>
20 - O processo produtivo é mantido	MT	0
21 - Não há evacuação da área	MT	0
22 - Há provável sobrecarga na sustentação do telhado	M	0
23 - Há sobrepeso das telhas	M	0
24 - Há encharcamento das telhas	M	0
25 - Ocorrem chuvas na semana do AT	MT	0
26 - As telhas são de fibrocimento	MT	<input type="checkbox"/>
27 - O custo das telhas de fibrocimento é reduzido	MT	<input type="checkbox"/>
28 - O sistema de iluminação aérea é apoiado nas eletrocalhas	MT	<input type="checkbox"/>
29 - Há possível excesso de carregamento apoiados na estrutura	MT	0
30 - Ocorre recentemente a instalação de novas eletrocalhas	MT	0
31 - Há provável instalação de novas máquinas	MT	0
32 - Há a ação da vibração na estrutura	MT	0 / <input type="checkbox"/>

Fator relacionado ao AT Tarefa -(T); Material - (M); Indivíduo - (I); Meio de trabalho - (MT)	Classif: T/ M/ MT/ I	Eventual: 0 Perma- nente: <input type="checkbox"/>
33 - Existem cargas dinâmicas de vibração da tubulação aérea	MT	0/ <input type="checkbox"/>
34 - Há dutos e exaustores de ventilação	MT	0/ <input type="checkbox"/>
35 - Há peso e vibração da tubulação de água	MT	<input type="checkbox"/>
36 - Há peso e vibração tubulação de ar	MT	<input type="checkbox"/>
37 - Há peso e vibração da tubulação de óleo	MT	<input type="checkbox"/>
38 - Há a ação do vento na estrutura	MT	0
39 - Existem prensas de alto Impacto no setor que causam vibração	MT	0/ <input type="checkbox"/>
40 - Há bate-estaca na reforma do setor próximo (expedição)	MT	0
41 - Há compactação do solo no setor de expedição	MT	0
42 - Há a renovação do piso no setor de expedição	MT	0
43 - Há escavação com rompedor em área próxima	MT	0
44 - Há possível mudança de <i>lay-out</i> de novas máquinas	MT	0
45 - Há deterioração da estrutura metálica e de concreto	MT	0
46 - Há ataque químico nas ferragens	MT	0
47 - Há vapores de banho galvanizado na década de 90	MT	0
48 - Há infiltração de águas de chuva na estrutura	MT	0
49 - A cobertura é permeável à ação da água	MT	<input type="checkbox"/>

<p align="center">Fator relacionado ao AT Tarefa -(T); Material - (M); Indivíduo - (I); Meio de trabalho - (MT)</p>	<p align="center">Classif: T/ M/ MT/ I</p>	<p align="center">Eventual: 0 Perma- nente: <input type="checkbox"/></p>
--	---	---

50 - A manutenção da edificação é insuficiente	MT	<input type="checkbox"/>
51 - O galpão possui mais de 25 anos	MT	<input type="checkbox"/>
52 - Há erros construtivos na execução da edificação	MT	<input type="checkbox"/>
53 - Há provável erro de projeto	MT	<input type="checkbox"/>
54 - Existem emendas de solda na estrutura metálica (bacalhau)	MT	<input type="checkbox"/>
55 - Há deficiência de cobrimento da armadura das estruturas de concreto armado	MT	<input type="checkbox"/>
56 - Há ausência de arruelas nos parafusos da estrutura metálica	MT	<input type="checkbox"/>
57 - Há chapas da estr. de apoio sem fixação nos pilares	MT	<input type="checkbox"/>
58 - Há engaste de treliças com apoio somente de um lado	MT	<input type="checkbox"/>
59 - Há engaste de treliça no oitão com descontinuidade de solda	MT	<input type="checkbox"/>

CONCLUSÕES DA ANÁLISE

1. O evento tem origem em rede de fatores em interação (**multicausal**) e não decorre de um único fator isolado.
2. O desabamento do galpão decorreu de uma rede de fatores em interação: **falhas de projeto e falhas de construção** (acúmulo gradativo de problemas ao longo de mais de 25 anos).
3. **Agravamento ausência de programação de manutenção preditiva e preventiva das condições da estrutura**

4. **Acréscimo de cargas dinâmicas e estáticas (condições levaram à deterioração crônica de elementos estruturais)**
5. **Processo com a contribuição da ação de agentes químicos e do tempo.**
6. **Lenta e progressiva diminuição da resistência da estrutura (somam-se fatores de aumento da carga por ela suportada)**

- 7. Inexistência de projeto estrutural do galpão A para o acompanhamento da execução inicial da obra e a falta de estratégias de gestão de segurança em relação ao desgaste induzido:**
 - a) pelo tempo e condições de uso**
 - b) pelas alterações das cargas suportadas pela estrutura de cobertura (indicadores de gestão de segurança de baixa confiabilidade e de inadequação na gestão de mudanças adotadas no sistema)**

- 8. Na prática: aumento das cargas-capacidade da estrutura (avaliada apenas via inspeções visuais realizadas do solo~ 9 metros de distância) - e pontuais de manutenção corretiva (troca de telhas quebradas).**

9. Empresa ao **deixar de manter adequadamente a edificação, deixa de cumprir a Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho e Emprego - Portaria 3214/78 especificamente a NR 8, Edificações - subitem 8.4.1 - Proteção Contra Intempéries** estabelece:

As edificações devem **obrigatoriamente observar as normas técnicas oficiais** relativas à resistência ao fogo, isolamento térmico, isolamento e condicionamento acústico, **resistência estrutural e impermeabilidade.**

RECOMENDAÇÕES

- **Manutenção especializada –permitiria:**
 - **constatar a necessidade de projeto estrutural do galpão para checagem da introdução de cargas apoiadas na estrutura de cobertura.**
 - **verificar o acúmulo de erros construtivos iniciais já citados e a deterioração da edificação ainda a tempo de recuperação, ou seja, não permitindo a falência da estrutura e os danos ocasionados.**
- **Na inexistência da manutenção preventiva, na incerteza decorrente da falta de projeto estrutural do galpão, seria indicado (princípio da precaução) análise detalhada da capacidade real de suporte dos galpões A e B antes do acréscimo das cargas sucessivamente implantadas.**
- **Dessa forma seria recomendada a paralisação da produção e evacuação da área quando da ocorrência da queda do tirante.**

- **Instituto Falcão Bauer:** ensaios laboratoriais de materiais retirados dos GA GB, é recomendada a recuperação de muitas estruturas dos galpões (desde a fundação -reconstrução seja executada e fiscalizada ou assessorada por empresa ou profissionais especializados na área de recuperação estrutural).
- **Aprofundamento no caso é fundamental a análise do projeto estrutural original:** difícil responder se ele continha erros de concepção ou que a carga para a qual ele foi projetado (coeficientes de segurança).

- **Recorrente a instalação de sistemas de alimentação** (função da modernização dos processos produtivos -reformas e introdução de novas tecnologias nos componentes produtivos)
- AT evidencia a necessidade **prévia de avaliação estrutural das edificações antigas** (antes da implantação de cargas sucessivas)
- **implantação de rotinas mais criteriosas** (manutenção das mesmas edificações)
- **Falhas gerenciais** (repousariam nas decisões posteriores de instalação de cargas sucessivas sem uma avaliação e manutenção apropriadas)

Eng. Rodolfo A. G. Vilela - Coordenador do CEREST

Carmen A. Herrera Gonçalves-Eng. Civil - Seg.Trab.- CEREST- Piracicaba