

Fonte: Google Earth Pro / Marcos Carnáuba

3



Fonte: Google Earth Pro / Marcos Carnáuba

4

G1 MUNDO Q BUSCAR

Incêndio atinge a Catedral de Notre-Dame, em Paris

Torre desmoronou em meio às chamas; estrutura foi salva após mais de quatro horas de trabalho dos bombeiros. Macron prometeu reconstruir catedral e diz que irá lançar campanha Internacional.

Por G1
15/04/2019 14h04 - Atualizado há 2 horas


[f](#) [t](#) [v](#) [l](#) [d](#)



<https://g1.globo.com/mundo/noticia/2019/04/15/fogo-na-igreja-de-notre-dame-em-paris-e-relatado-em-redes-sociais.ghtml>

Bombeiros tentam conter incêndio na Catedral de Notre Dame, em Paris, na segunda-feira (15) — Foto: AP Photo/Michel Euler

5



<https://g1.globo.com/mundo/noticia/2019/04/15/fogo-na-igreja-de-notre-dame-em-paris-e-relatado-em-redes-sociais.ghtml>

6



7

Paradoxo!

- O Edifício Wilton Paes de Almeida, era de concreto armado e tinha cerca de 50 anos de bons serviços prestados à comunidade.
- Edifícios projetados e construídos em concreto armado, não colapsam frente a incêndios.
- Mas....o Edifício Wilton Paes de Almeida colapsou em apenas 80 minutos após o início do incêndio !
 - Qual a lição a aprender?

8

Análise dos escombros

Diretor-técnico do Instituto Brasileiro do Concreto, Helene diz ter obtido autorização da prefeitura para colher materiais nos escombros. Os itens serão analisados em laboratório para que se elabore um diagnóstico sobre as causas da queda. Ele estima que a análise possa levar até um mês.

"Estamos falando de uma estrutura da década de 60 sobre a qual se tem pouca informação até agora. Queremos medir, por exemplo, a resistência e a porosidade do concreto, características que são importantes para conhecermos melhor o projeto e podermos chegar a alguma conclusão".

Termo de Cooperação (técnica e científica) entre a Prefeitura do Município de São Paulo, SPObras, Secretaria de Infra estrutura Urbana e o IBRACON Maio 2018

Secretário PMSP: Prof. Eng. Vitor Castex Aly

Presidente IBRACON: Eng. Julio Timerman

9

SPObras

TERMO DE COOPERAÇÃO

SÃO PAULO OBRAS – SPObras, situada na Rua Av. São João nº 473, 21º andar, São Paulo/SP, inscrita no CNPJ sob o nº 11.958.828/0001-73, representada neste ato por seu Presidente Sr. MAURICIO BRUN BUCKER, brasileiro, casado, engenheiro civil, portador da cédula de identidade RG nº 13033192, e do CPF/MF nº 043.075.868-59, doravante denominada SPObras, e o INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO – IBRACON, situado na Rua Julieta do Espírito Santo Pinheiro nº 68, Jd. Olímpia, São Paulo/SP, inscrito no CNPJ sob o nº 43.367.754/0001-97, neste ato representado por seu Diretor Presidente Sr. JÚLIO TIMERMAN, doravante denominado IBRACON,

CONSIDERANDO:

- O incêndio ocorrido no dia 01 de maio de 2018, no Prédio Wilton Paes de Almeida – Av. Rio Branco esquina com a Rua Antônio de Godói, que causou o seu desmoronamento;
- A necessidade de realização de estudos laboratoriais do concreto do referido Prédio, retirados do local do incêndio no dia 04 de maio de 2018, para diagnosticar as causas do incêndio e desmoronamento do Prédio;

RESOLVEM as Partes firmar o presente Termo de Cooperação com os parâmetros a seguir estabelecidos:

CLÁUSULA PRIMEIRA – DO OBJETIVO

O presente Termo de Cooperação é firmado com o intuito viabilizar o estudo do comportamento dos materiais na edificação sinistrada – Prédio Wilton Paes de Almeida – Av. Rio Branco esquina com a Rua Antônio de Godói, cuja análise cabe ao IBRACON.

CLÁUSULA SEGUNDA – DOS ESTUDOS LABORATORIAIS

Para os fins deste Termo, fica assegurado ao IBRACON, mediante comunicação prévia à SPObras, o acesso ao local do sinistro para retirada dos

10

Concreto Armado: como começou? *propaganda da época*

patente na Bélgica
do concreto
armado em
8 agosto de 1892



**François
Hennebique**
1842-1921 (78 anos)

Il développe le *Système Hennebique*, qui vont constituer les précurseurs
de béton armé. Installe son entreprise avec le slogan:

« plus d'incendies désastreux »

nunca mais incêndios desastrosos

11



Système Hennebique

Paris, Rue Danton1

7 andares
França 1.900
30m

$f_{ck} = ?$
119 anos !

*edifício em concreto
armado mais antigo do
mundo*

12



13



14



15

Mortes em situação de Incêndio

1. Asfixia / toxidez
2. Pânico / pisoteamento
3. Queimadura

4. Colapso (evacuação, rescaldo “bombeiros”)
proteção ao “patrimônio”

16

Incêndio ou Fogo nas Estruturas

1. Proteção ativa: extintores, sinalização, sprinklers, ...
2. Proteção passiva: argamassa, tinta intumescente,..
3. Resistência ao fogo (ensaios em Laboratório);
- 4. Estrutura resistente ao fogo (projeto e construção);**
5. Inspeção e diagnóstico;
6. Reabilitação

17



Edifício ANDRAUS

**São Paulo, Brasil
1972**

**Estrutura de Concreto
Armado**

**32 andares de escritórios
115 m**

Construção: 1957-1962

Incêndio: 24 Fev. 1972

***duração: 4h
240min***

***em uso
nada colapsou***

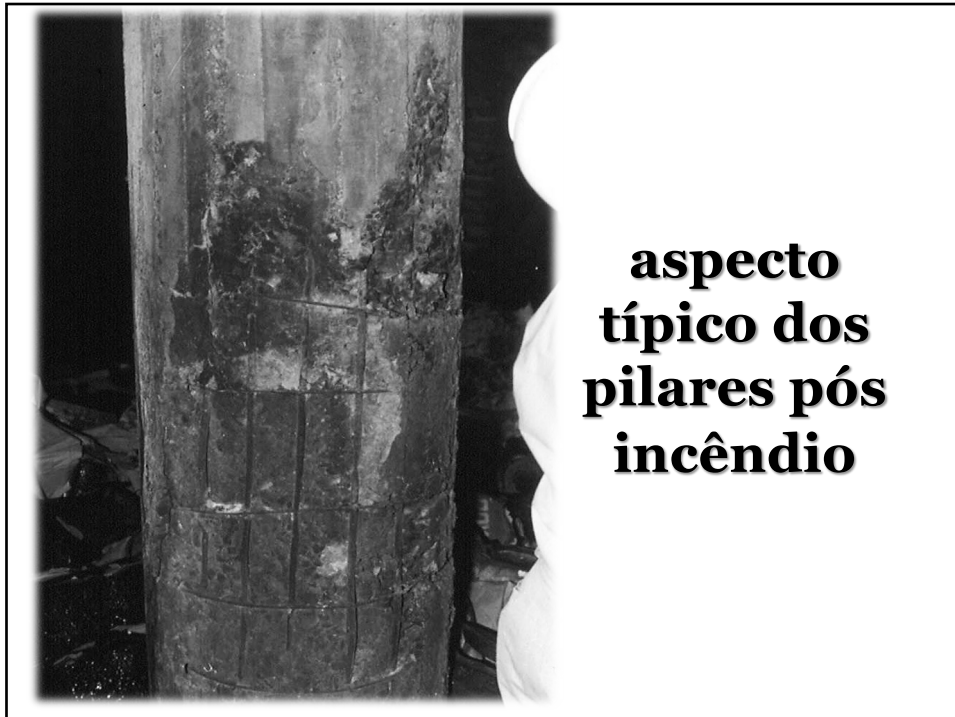
18



19



20



21



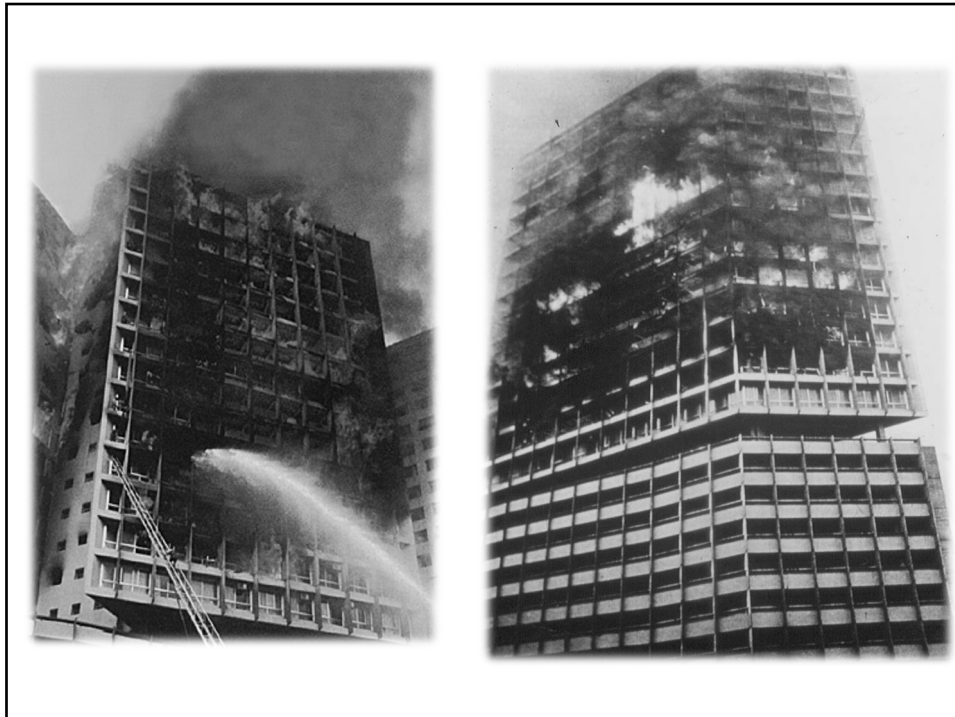
22



23



24



25



Edifício Grande Avenida

São Paulo, Brasil
1969 e 1981
Estrutura de Concreto Armado

22 andares
+ mezanino

Construção: 1962-1966

1º Incêndio: 13 Jan. 1969
2º Incêndio: 14 Fev. 1981

duração: 4h40min
280min

em uso
nada colapsou

http://f5.folha.uol.com.br/saiunonp/2015/01/1574606-incendio-no-grande-avenida-deixa-17-mortos.shtml#_=_

26

Incêndio de 1981



27

Incêndio de 1981



28

Incêndio de 1981



29



Edifícios da CESP

**São Paulo, Brasil
1987**

**Estruturas de concreto
armado**

**Sede I: 19 pavimentos
Sede II: 21 pavimentos**

Inaugurada 1956

Incêndio: 21 mai. 1987

**duração: 7h00
420min**

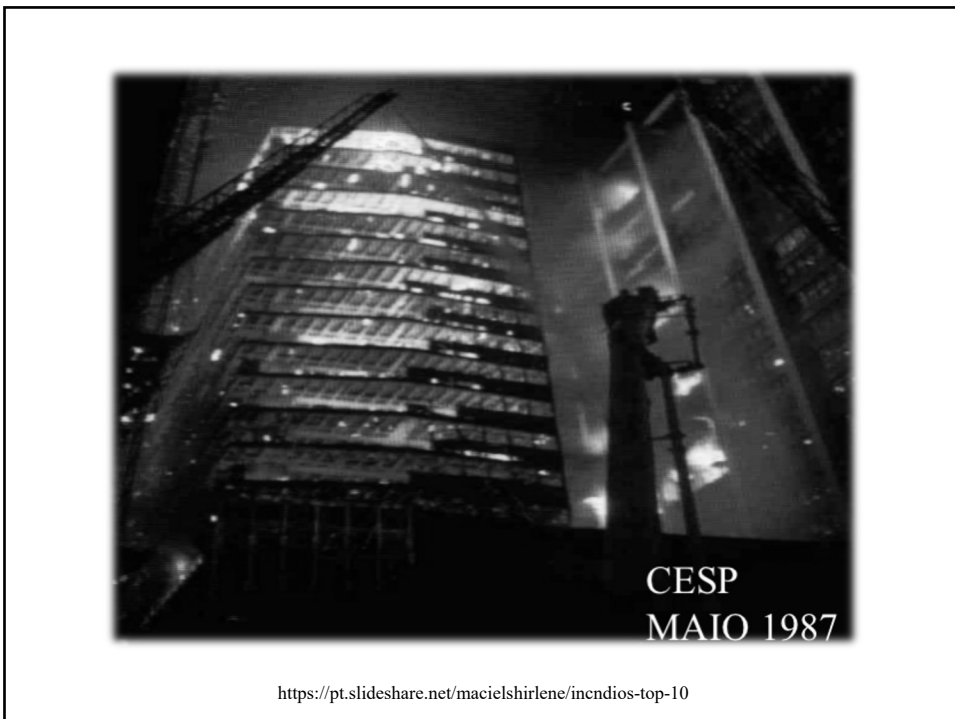
**em uso
colapso parcial
implosão**

30



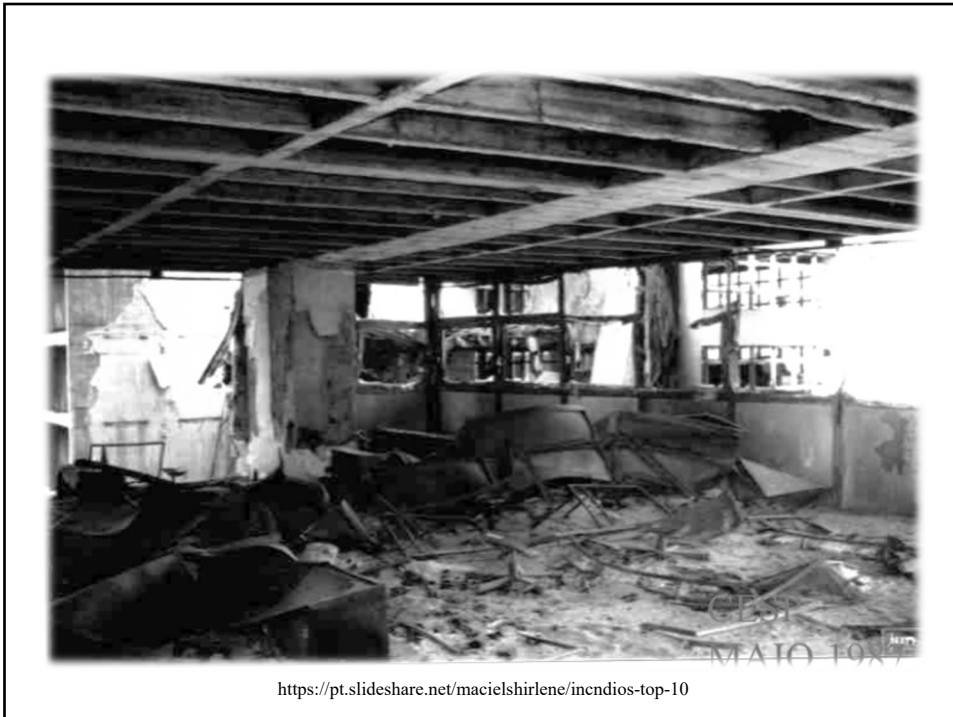
https://pt.wikipedia.org/wiki/Inc%C3%AAndio_no_edif%C3%ADcio_da_CESP

31



<https://pt.slideshare.net/macielsirlene/incndios-top-10>

32



33

Edifício WINDSOR

Madri, Espanha
2005
Estrutura mista aço-concreto

37 andares
5 andares de garagem
+ 31 andares de escritórios

Construção: 1991

Incêndio: 12 Fev. 2005

Duração: 16h
960min

colapso parcial (aço)
implosão

WINDSOR

A HISTÓRIA

34



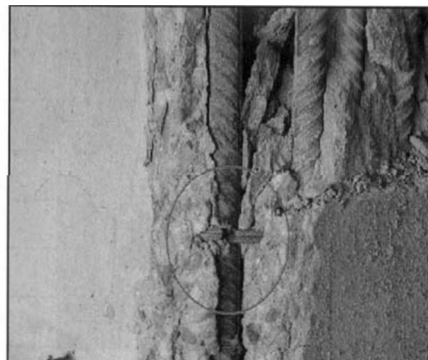
35



36



37



“ the reinforced concrete structure, columns, beams and slabs under 16h severe fire condition , could perform well and no collapse”

... “the penetration of the damaged, is heterogeneous and vary from 1.5cm in 19 floor to 3 cm in 12 floor...”

Dra. Cruz Alonso. IET.

38



39



40



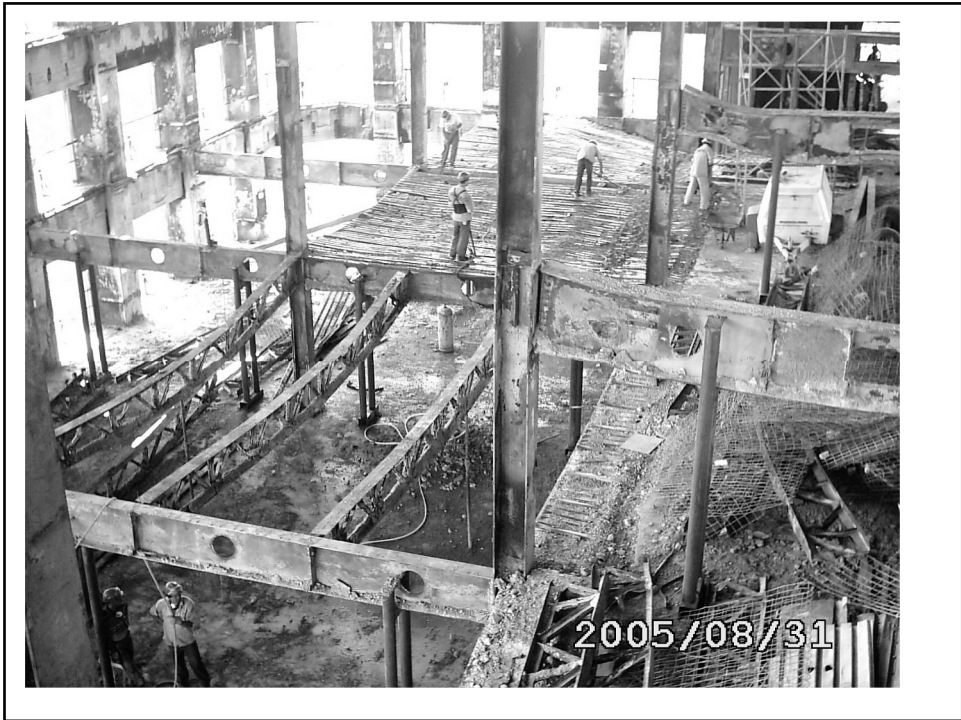
41



42



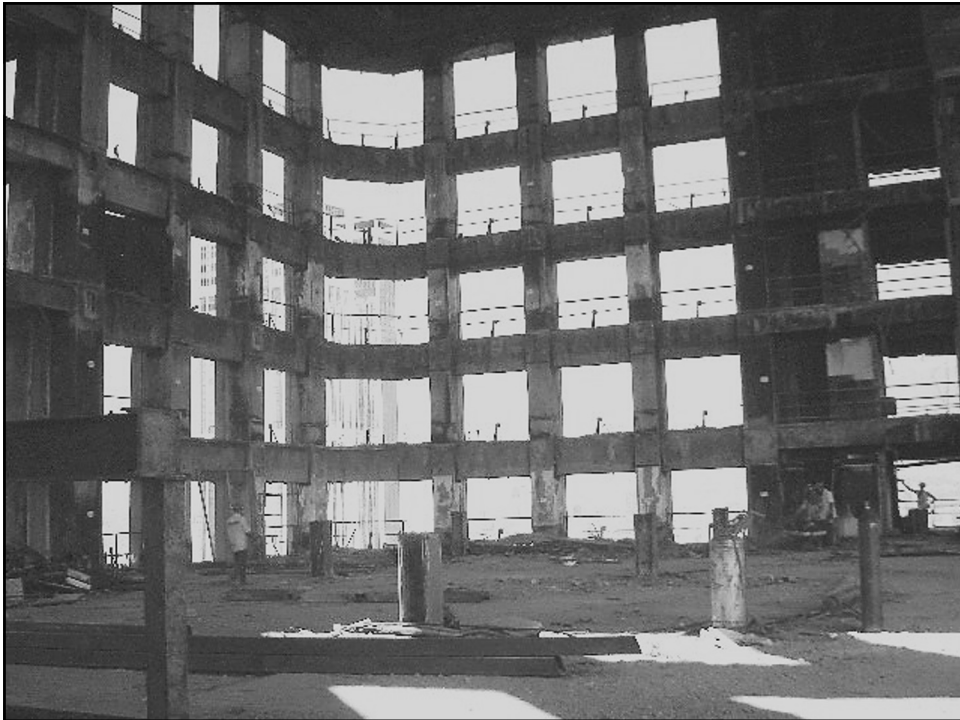
43



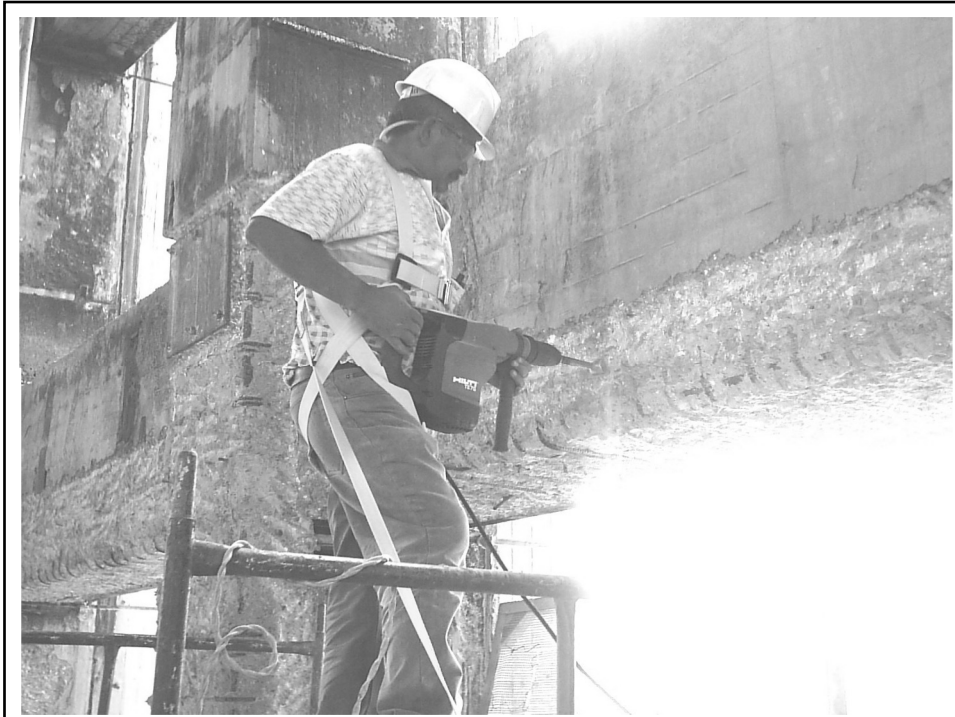
44




45



46



47



World Trade Center

**Nova Iorque, EUA
2001**

**Estrutura Metálica
110 andares
6 subsolos**

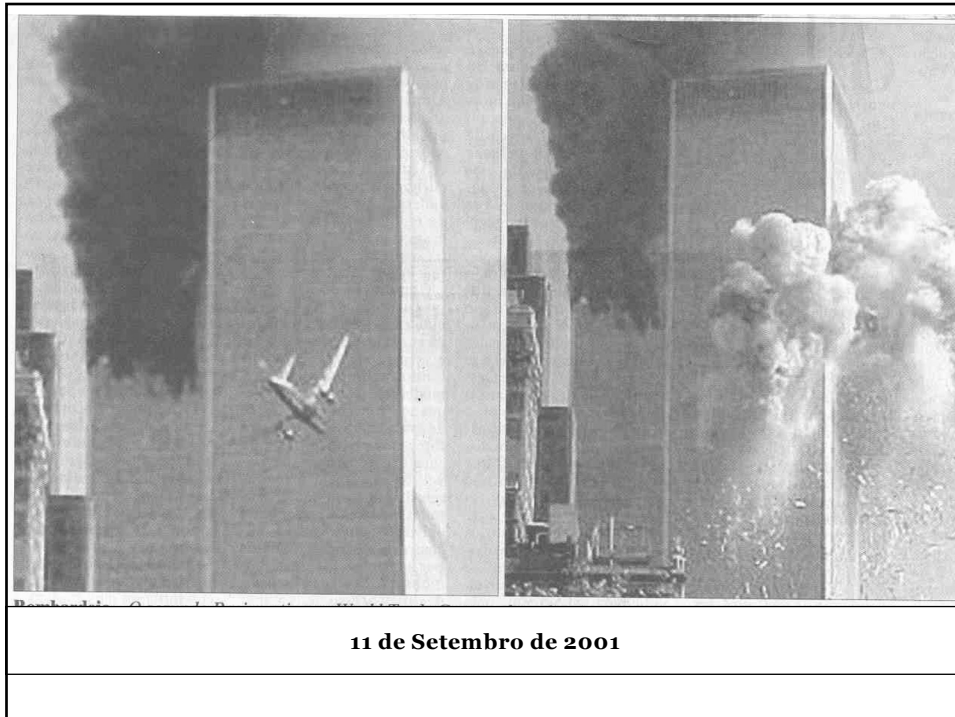
Construção: 1966 a 1973

Incêndio: 11 Set. 2001

Duração do incêndio
Torre NorteWTC1: 102min
Torre SulWTC2: 56min
TorreWTC 7: 8h

colapsaram

48



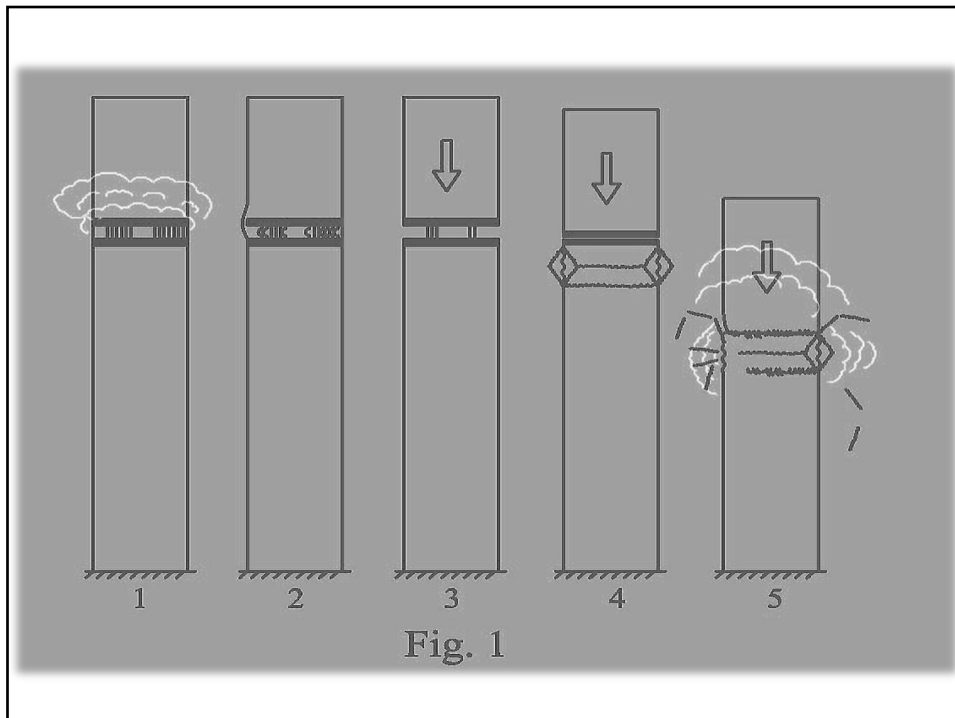
49

Resistência e Estabilidade

Medidas indicaram que o impacto do Boeing 767-200 submeteu o edifício a vibrações semelhantes às de um sismo de índice 2,4 escala Richter

Essa vibração induzida teve uma amplitude da ordem da metade da máxima considerada pelo efeito do vento

50



51

Normalização nacional

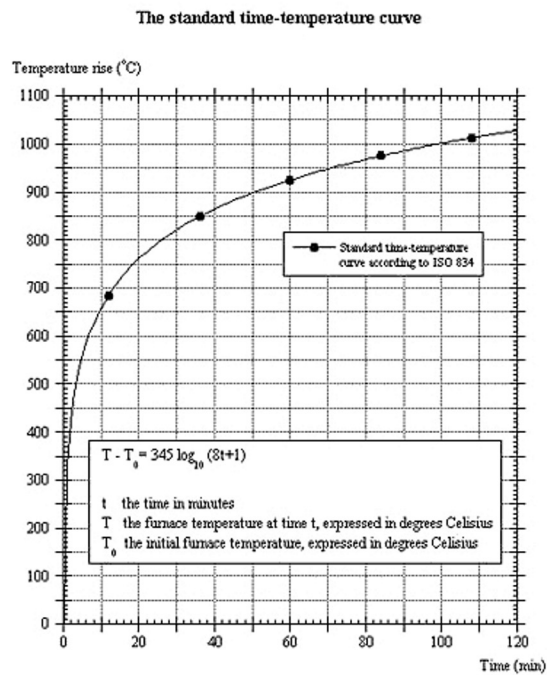
- **ABNT NBR 5628:2001**
Componentes construtivos estruturais – determinação da resistência ao fogo
- **ABNT NBR 14432:2001**
Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações - Procedimento
- **ABNT NBR 15200:2012**
Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio
- **INSTRUÇÃO TÉCNICA Nº 08/2011**
Resistência ao fogo dos elementos de construção

52

**Incêndio
padrão**

**Crescimento
da
temperatura**

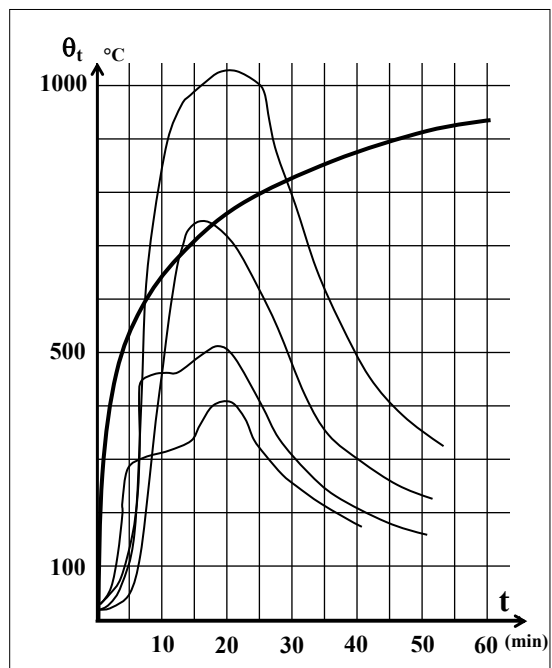
Curva ISO 834



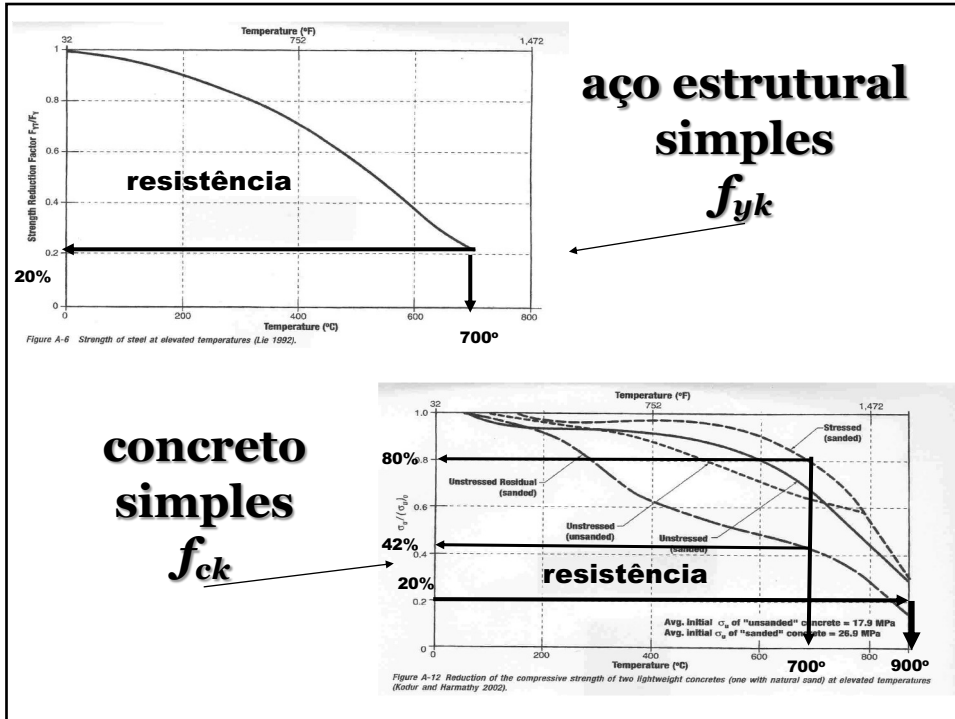
53

**Incêndio
real**

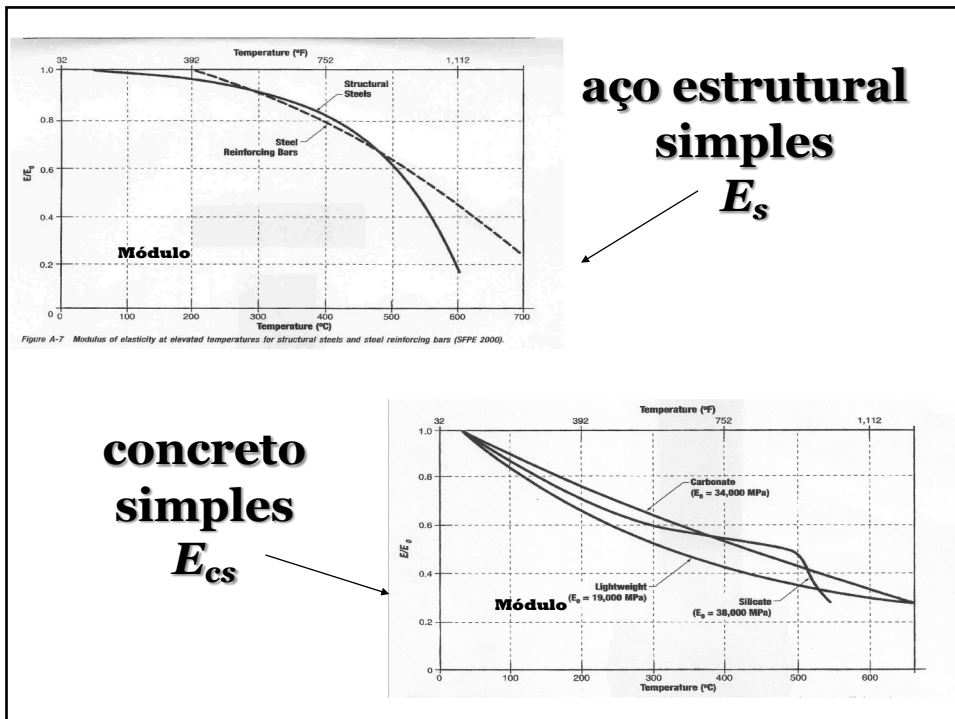
**depende das
dimensões,
forma, natureza e
volume da carga
térmica, e da
ventilação,
janelas, porta,
aberturas**



54



55



56

Distribuição da temperatura em perfis de aço

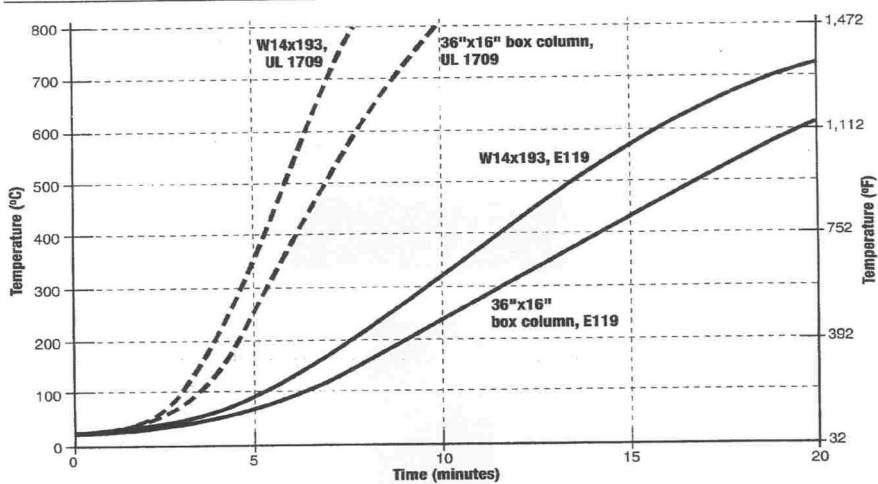


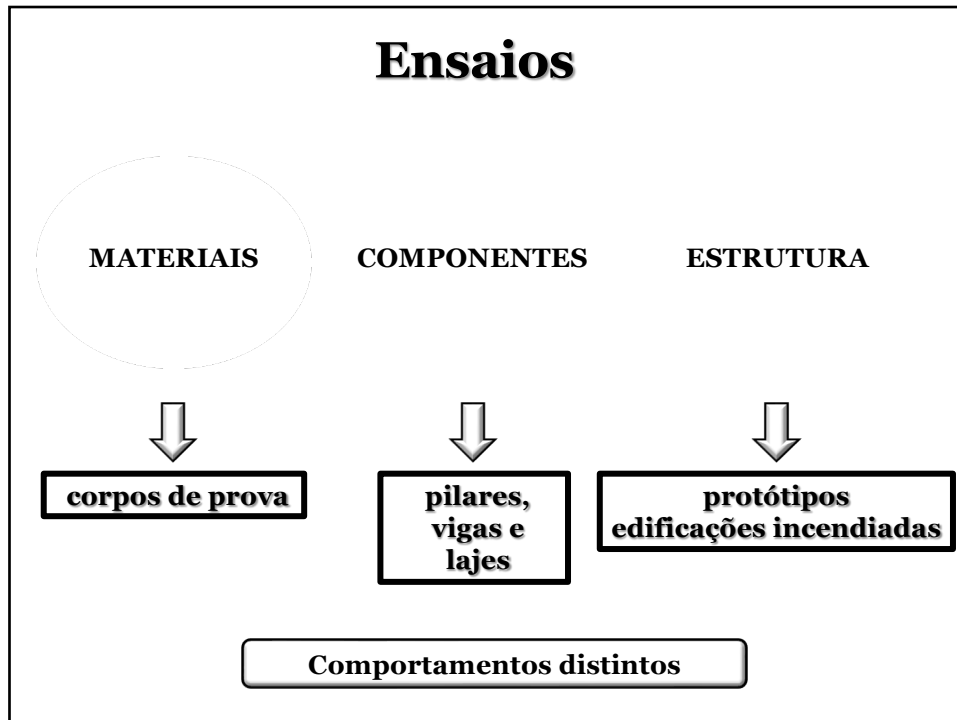
Figure A-9 Steel temperature rise due to fire exposure for unprotected steel column.

57

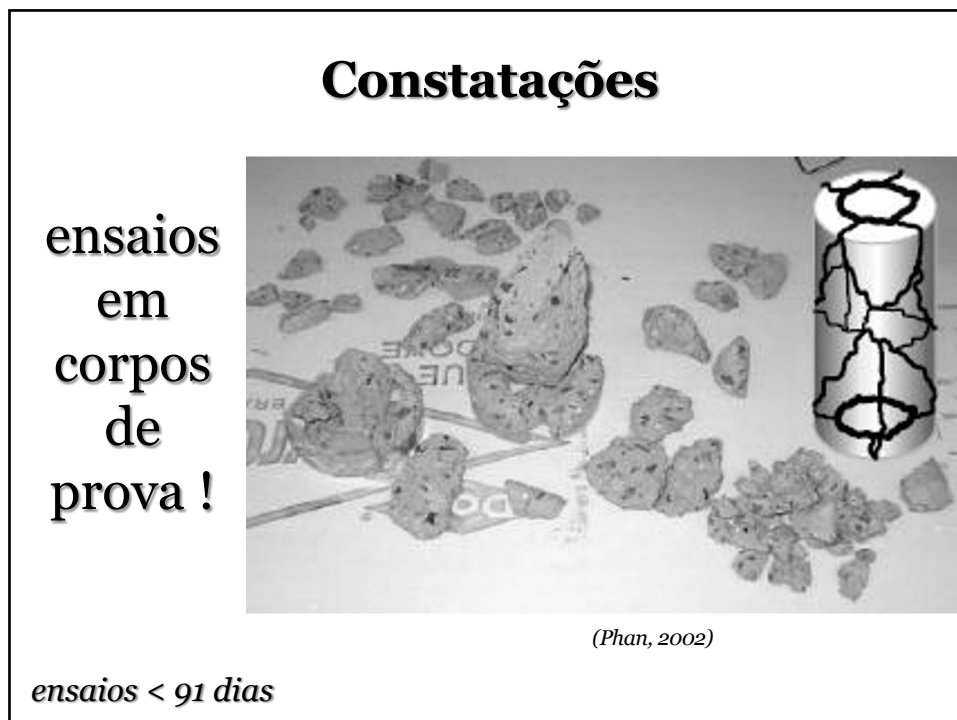
Distribuição da temperatura em um pilar de concreto de 50 x 50 cm



58



59



60

The Cardington Fire Test

By Pal Chana and Bill Price, British Cement Association
Jul 15, 2003, 09:00

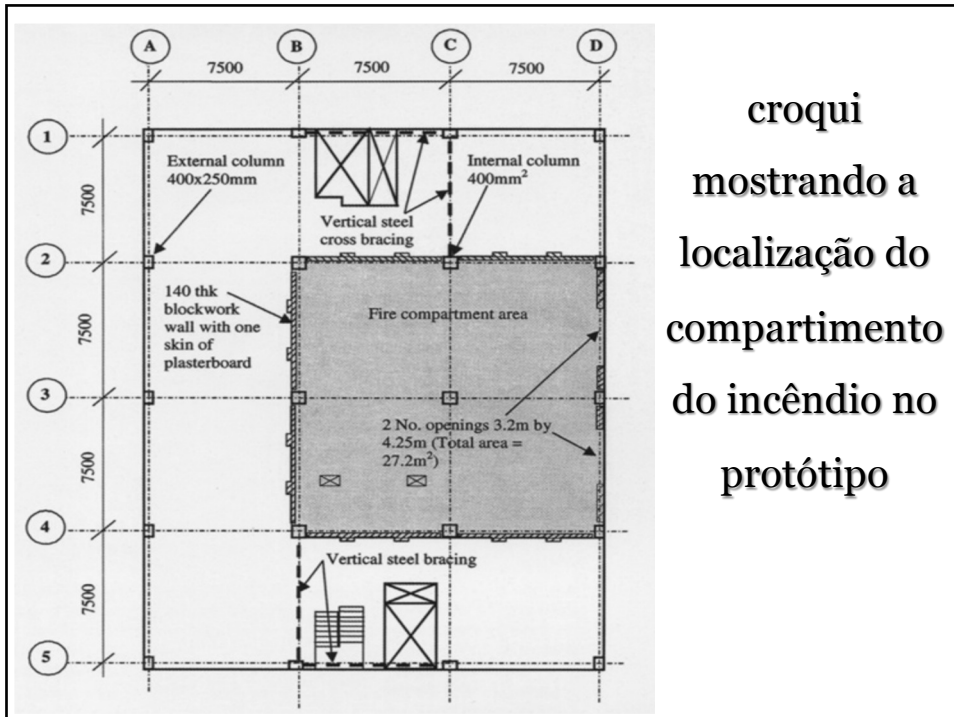
Email this article
Printer friendly page

- ✓ 7 pisos
- ✓ 25m de altura
- ✓ 3 x 4 de 7,5 m por 7,5 m
- ✓ Laje → espessura 15 cm
- ✓ Laje → $f_{ck} = 37$ MPa
- ✓ Vigas → $f_{ck} = 74$ MPa
- ✓ Cobrimento → 2 cm
- ✓ Pilares → $f_{ck} = 100$ MPa
- ✓ Cobrimento → 4 cm
- ✓ Agregados calcita e granito
- ✓ 2,7% fibras propileno
- ✓ umidade alta



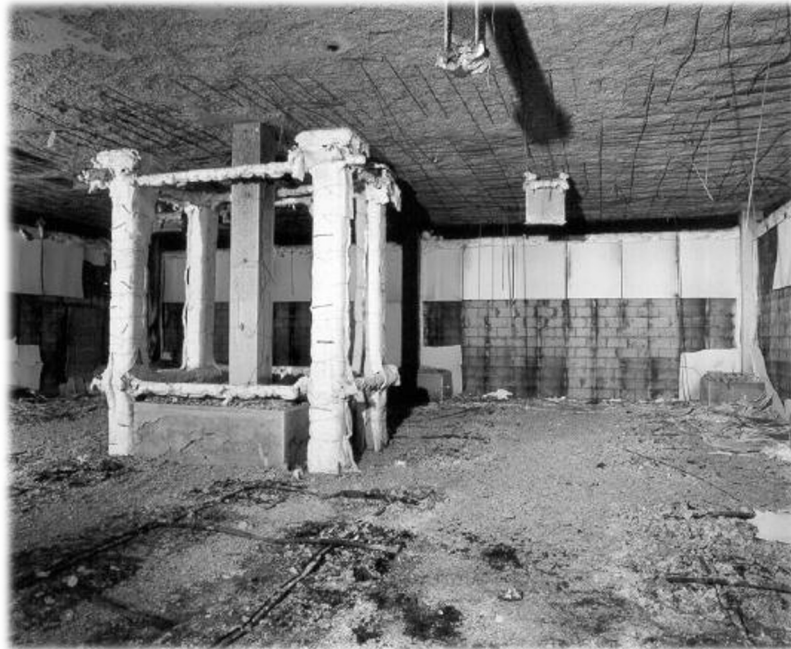
Cardington Concrete Building Frame

61



croqui
mostrando a
localização do
compartimento
do incêndio no
protótipo

62



120 minutos de incêndio

63

1. estrutura de concreto suportou sem colapsar;
2. satisfaz a critérios de desempenho, estabilidade, isolamento/compartimentação e integridade;
3. *spalling* na laje do piso e teto;
4. pilares HPC (103 MPa) tiveram excelente desempenho;
6. laje conseguiu suportou cargas de projeto com flechas residuais da ordem de 70mm

64

INVESTIGAÇÃO

Universidade de São Paulo

Brasil
2002 → 2010

PhD student: Carlos Britez
Supervisor: Paulo Helene

65

História



Edifício e-Tower
São Paulo, Brasil
2002
 $f_{cm} = 125\text{MPa}$
world record
6 pilares em 7 pisos
2 meses jan/fev 2002

66



67

“ HPCC in Brazilian Office Tower”

*Concrete International.
ACI, American Concrete
Institute, v. 25, n. 12, p.
64-68, 2003*

**HELENE, Paulo &
HARTMANN, Carine**



68

HPCC in Brazilian Office Tower

High-performance colored concrete offers strength, thinner columns, more usable space, and aesthetics

BY PAULO HELENE AND CARINE HARTMANN



Fig. 1: Architectural rendering of the e-Tower

Currently nearing completion, the e-Tower in São Paulo, Brazil, employs high-performance (high-strength) colored concrete (HPCC) having an $f_c = 125$ MPa. Employed within five columns for the first seven floors of the structure, the HPCC was batched in a normal commercial concrete plant, mixed by truck on the way to the site through heavy urban traffic, and placed 40 to 60 min after leaving the plant.

The experience represents a first-time use in Brazil of such a special concrete straight out of the research laboratory, with the objective of maximizing occupancy space, easing concrete placement, and thereby increasing productivity. At the same time, the coloring of the concrete columns achieves desired architectural effects in occupied portions of the structure and in its parking garage area.

At completion, e-Tower will be a modern office building (Fig. 1) offering 800 parking garage spaces, two excellent restaurants, a convention and business center, a

semi-Olympic-sized swimming pool and fitness center, and a rooftop helicopter landing pad. It will also have an "intelligent" air conditioning system and provisions for energy and water system savings. Floor area for the completed 162-m-high, 42-story tower will be 52,000 m². Among the five tallest buildings in Brazil, the e-Tower can be considered a high-rise structure, or "skyscraper," under the international classification adopted by the Council on Tall Buildings and Urban Habitat.

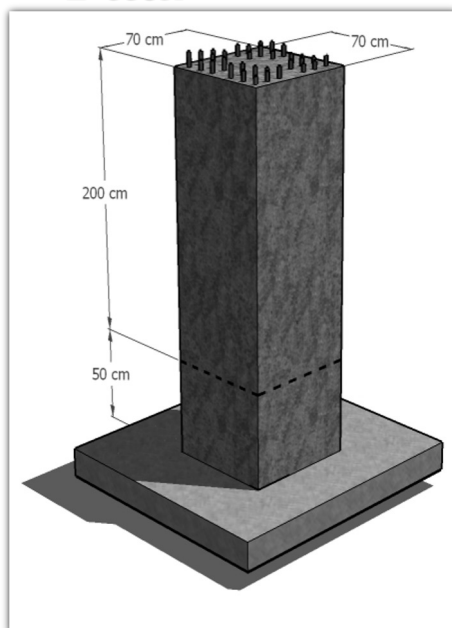
BRAZILIAN CONCRETE BACKGROUND

Brazil is one of the most advanced nations in concrete technology in South America, having a tradition of constructing tall buildings over 100 m high. It is a long tradition. Seventy-four years ago, in 1929, Brazilian engineers designed the Martinelli Building, reputed to be the highest concrete tower in the world at the time with its height of 106 m above the streets of São Paulo. In 1960, they inaugurated the Palácio Zazuza Kogan concrete tower, the

64 DECEMBER 2003 / Concrete International

69

Pilar



- ✓ **70 cm x 70 cm**
- ✓ **altura: 2 m**
- ✓ **massa: 2.500kg**
- ✓ **idade: 8 anos**
- ✓ **$f_{ck,est} = 112$ MPa**
- ✓ **$f_{cm} = 125$ MPa**
- ✓ **cobrimento: 25 mm**
- ✓ **relação a/c = 0,19**

70

Condições similares às reais
Pilar mantido em ambiente externo



71

Pilar: corte, içamento e transporte



fio diamantado



72

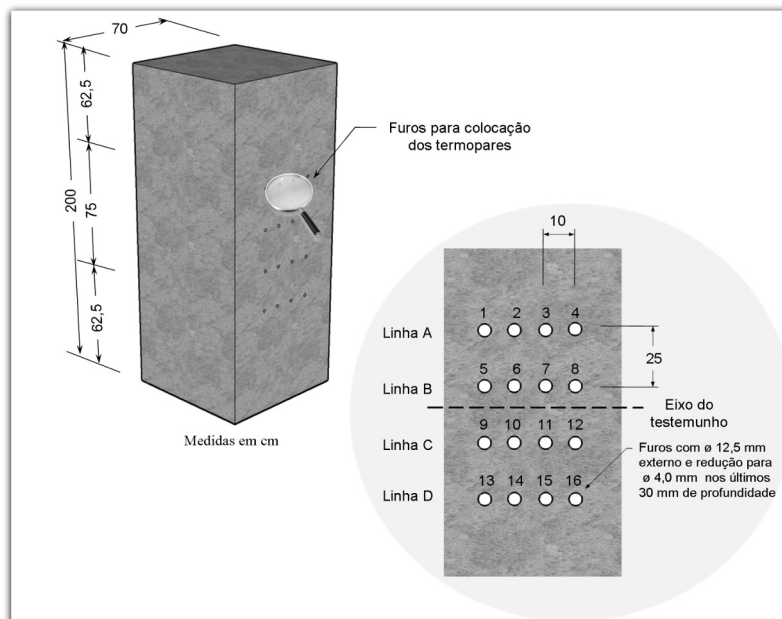
Testemunhos extraídos



Após 8 anos
140 MPa

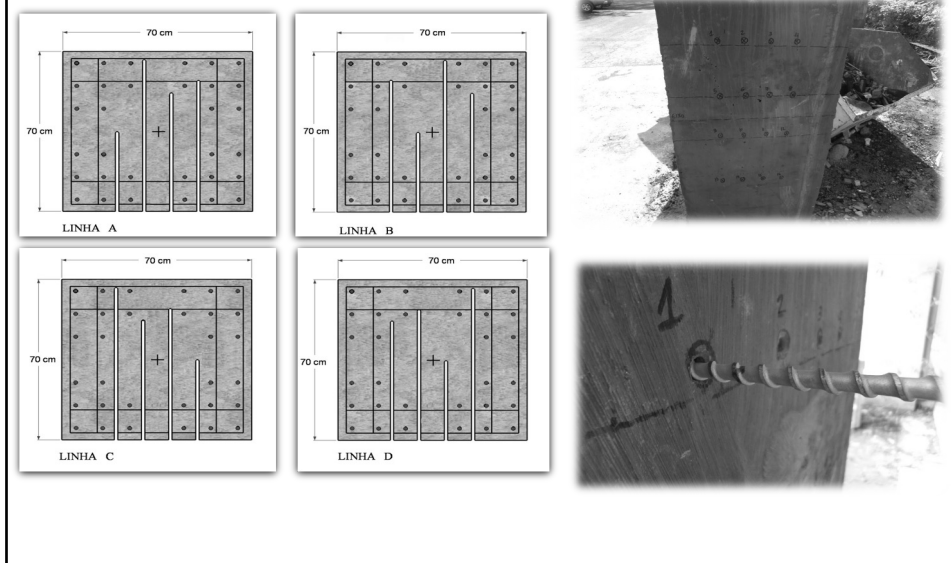
73

Esquema dos termopares



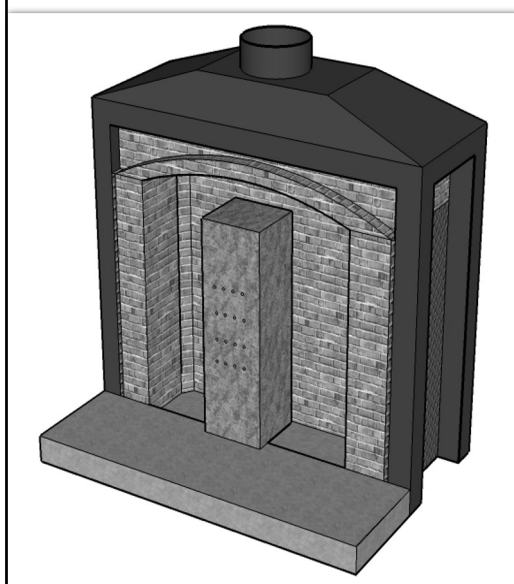
74

posição dos termopares



75

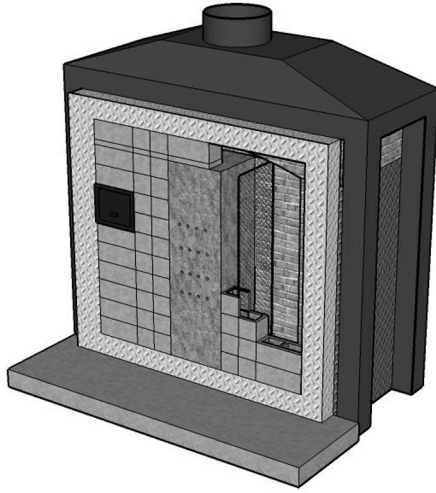
posicionamento no forno



- ✓ forno IPT (tradição)
- ✓ sem carregamento
- ✓ Exposição: 3 faces
- ✓ Curva padrão ISO 834
- ✓ Simulação: 180 minutos

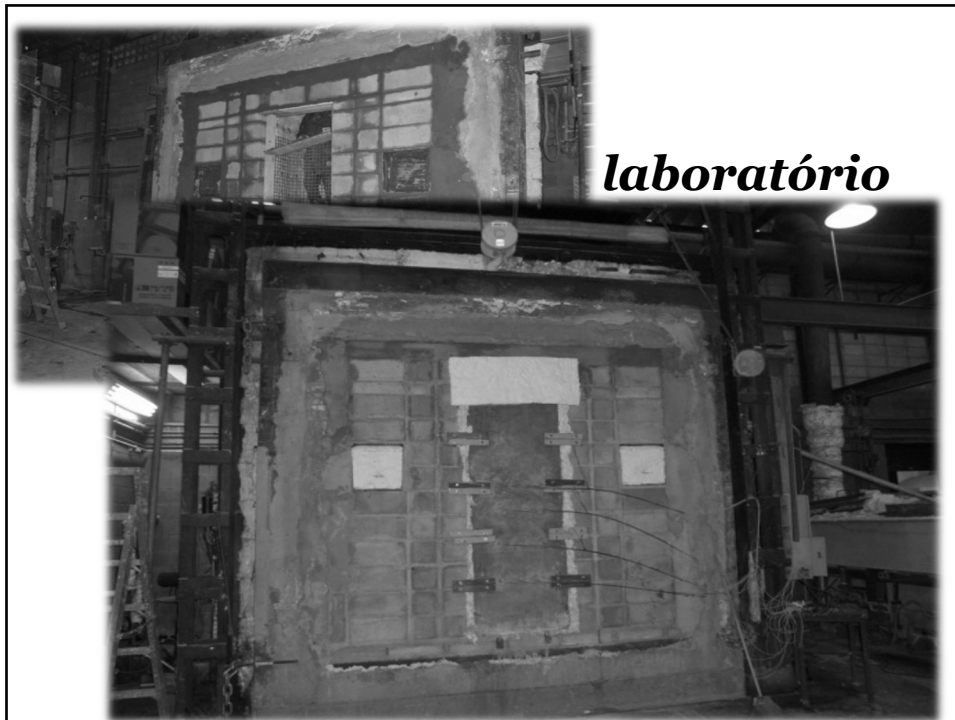
76

forno de labareda a gás



- ✓ alvenaria fechamento refratário
- ✓ gaiola de segurança
- ✓ fibra cerâmica interna
- ✓ grauteamento
- ✓ preenchimento com areia
- ✓ janelas de alívio

77



laboratório

78

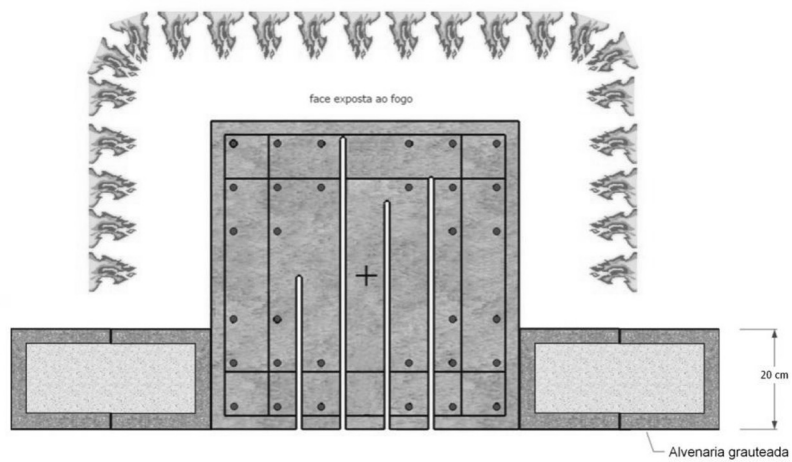
IPT
2010



Pedro Bilesky, Paulo Helene, Francisco Graziano, Ricardo França & Carlos Brites

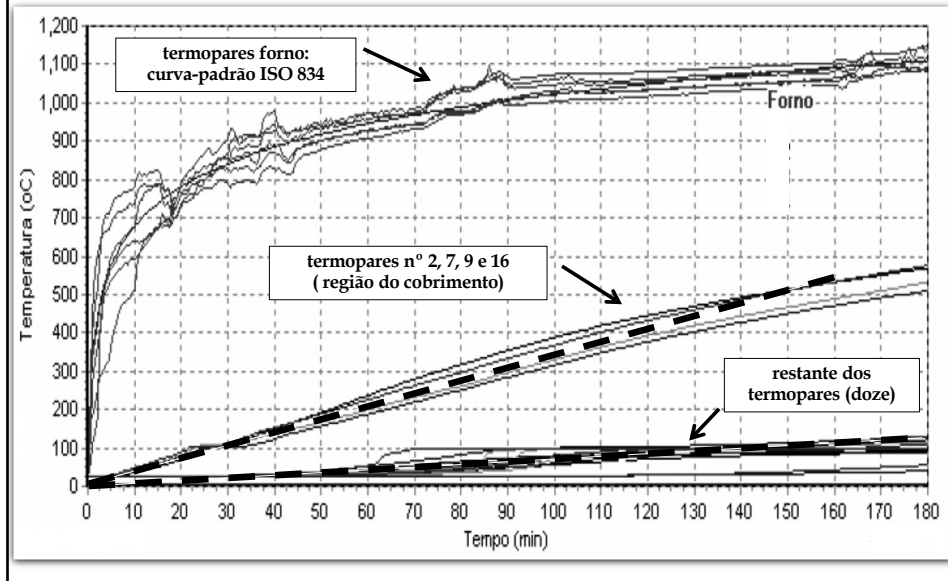
79

esquema da simulação (planta)



80

Evolução das temperaturas



81

Integridade



arestas perfeitas

82

Integridade depois de 180min



- ✓ spalling muito superficial
- ✓ ocorrência: 36 min (inicial)
- ✓ som “pipocamento”, depois parou
- ✓ arestas intactas
- ✓ profundidade: de 0 a 48 mm
- ✓ média do deslocamento superficial 9,3 mm

83



84

Conclusões

Investigação baseada somente no comportamento dos materiais não é suficiente para explicar o efetivo comportamento das estruturas sob incêndio

Pilares de concreto de alta resistência (140MPa), com 8 anos de idade, bem armados, e cobrimento nominal $c = 25mm$ e com $c_1 = 47mm$ resistem bem ao incêndio padrão por até 3h (180 minutos)

85



86

Ficha Técnica

- Projeto arquitetônico: Roger Zmekhol
- Construção: Morse & Bierrenbach
- **Projeto estrutural: ????**
- Execução: 1961 - 1965
- Andares: 24
- Área do terreno: 650 m²
- Área construída: 12.000 m²
- Tombamento: 1992
- Desabamento: 01.05.2018

87

anamnese ***pesquisa***

ROBERTO NOVELLI FIALHO

Edifícios de escritórios na cidade de São Paulo

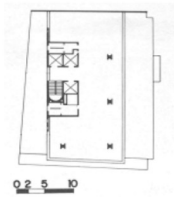
Tese apresentada à FAUUSP para obtenção do título de doutor
Área de concentração: Projeto de Arquitetura
Orientador: Prof. Dr. Rafael A. C. Perrone

SÃO PAULO
2007

88

anamnese *pesquisa*

Capítulo 5



fonte:
Arquitetura Moderna Paulistana, pg.59

Coroamento

Ático
Escritórios

Corpo

22 pavimentos tipo
3 elevadores
Planta livre
Volume único
Prisma de base retangular
Pele de vidro
Caixilharia em alumínio
Estrutura de concreto

Subsolo

2 pavimentos
Garagem



Base

Térreo livre
Acesso restrito e controle
Loja
Pé-direito duplo

028

Centro

Edifício Wilton Paes de Almeida

1961

autor:

Roger Zmekohl

endereço:

Rua Antonio de Godoy x Av. Rio Branco - Centro

área do terreno: 650,00 m²

área construída: 10.000,00m²



O edifício com 22 pavimentos e 2 subsolos, segue os princípios do edifício "miesiano", adotando em seu grande volume prismático a solução de "curtain wall" e estrutura metálica com perfis metálicos tipo "H" com lajes de concreto. O edifício se beneficia das amplas visuais propiciadas pelo Largo do Paissandu.

89

Capítulo 3

Edifício Wilton Paes de Almeida (1961): projeto de Roger Zmekohl localizado na Rua Antonio de Godoy esquina com Avenida Rio Branco. O edifício com 22 pavimentos e 2 subsolos, segue os princípios do edifício "miesiano", adotando em seu grande volume prismático a solução de "curtain wall" e estrutura metálica com perfis metálicos tipo "H" com lajes de concreto.

anamnese *pesquisa*



Edifício Wilton Paes de Almeida (fig.80)

90

ARQUIVO

HOME PROJÉTOS ARQUITET_S SOBRE CONTATO

<http://www.arquivo.arq.br/edificio-wilton-paes-de-almeida>



Edifício Wilton Paes de Almeida

ARQUITETO: Roger Zmekhol
ANO: 1961
ÁREA DO TERRENO: 650 m²
ÁREA CONSTRUÍDA: 12.000 m²
Nº DE PAVIMENTOS: 2
USO: Serviços
PAISAGISMO: Não possui
ARTE:
CONSTRUÇÃO: Morse & Bierrenbach
LOCAL: Rua Antonio de Godói (esq. Av. Rio Branco) - nº 22 - República - São Paulo - SP - Brasil
ESTRUTURA: Metálica com lajes em concreto
PROJETO ESTRUTURAL:
PERÍODO DE CONSTRUÇÃO: 1961 - 1968
ESTADO DE CONSERVAÇÃO: Péssimo
DESCARACTERIZAÇÃO: Baixa
CONCURSO:
PUBLICAÇÕES:
- Acrópole, nº 323, p 34-37, nov 1965.
- FIALHO, Roberto Novelli. Edifícios de escritórios na cidade de São Paulo. Tese (Doutorado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - Universidade de São Paulo. 2007.

91

anamnese
pesquisa

Aleiteia

CURIOSIDADES

A trajetória do prédio que desabou no centro de São Paulo

São Paulo Antiga | Maio 02, 2018



Edifício Wilton Paes de Almeida - Espandindo

Compartilhar 511 f t G+ e Comentar 1

Conheça a história e veja fotos inéditas do Edifício Wilton Paes de Almeida

<https://pt.aleiteia.org/2018/05/02/a-trajetoria-do-predio-que-desabou-no-centro-de-sao-paulo/>



BIBLIOGRAFIA CONSULTADA:

- O Estado de S. Paulo – 28/02/1961
- O Estado de S. Paulo – 03/07/1965
- O Estado de S. Paulo – 12/05/1979

92

We use cookies to improve our website and your experience when using it. By continuing to navigate this site, you agree to the cookie policy. To find out more about the cookies we use and how to delete them, see our [cookie policy](#).

CURIOSIDADES

A trajetória do prédio que desabou no centro de São Paulo

São Paulo Antiga | Maio 02, 2018

Conheça a história e veja fotos inéditas do Edifício Wilton Paes de Almeida

Quando pensamos em edifícios modernos e arrojados logo vislumbramos regiões como a Avenida Paulista, Berrini e Faria Lima. Entretanto o centro de São Paulo também possui exemplos notórios de arquitetura de vanguarda.

São construções que debutaram principalmente na década de 1960, época em que São Paulo ainda crescia a passos largos e ainda carregava o apelido de "Paliteiro da América Latina".

Curiosamente das 5ª principais construções desta época, três foram palco de tragédias: Os Edifícios Joelma, Andrauz e, em 2018, o Wilton Paes de Almeida. E é este último que iremos abordar neste artigo:

Ousado projeto arquiteto Roger Zmekhol, o Wilton Paes de Almeida partiu de uma obra onde foi aproveitado o máximo do pequeno espaço disponível para se erguer um arranha-céu, em uma área da cidade já densa e com poucos terrenos ainda disponíveis para a construção de edifícios.

Zmekhol projetou em um terreno de 650 m², um gigante de estrutura metálica com lajes de concreto.

Sua construção foi iniciada em 1961 e concluída em 1968, já no final da década, sendo realizada pela Morse & Bierrenbach. O prédio leva o nome do banqueiro Wilton Paes de Almeida, um de seus idealizadores e investidores que faleceu em 1965, antes da inauguração do edifício.

93

Estrutura mista de concreto e aço contribuiu para que prédio caísse mais rápido, diz especialista

Renata Moura
Da BBC Brasil em Londres

Há 1 hora



O incêndio e o subsequente desabamento de um prédio de 24 andares no centro de São Paulo nesta terça-feira foram uma "tragédia anunciada" pela falta de sistemas de proteção antifogo, por falta de ação do poder público e pela estrutura mista de concreto e aço do edifício, menos resistente ao fogo.

A análise é do professor de engenharia da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP) e especialista na área há 30 anos, Paulo Helene.

Projetado nos anos 1960 para uso comercial, o edifício Wilton Paes de Almeida já funcionou como sede da Polícia Federal e do INSS. Abandonado há pelo menos 17 anos, ele foi

BBC

1º
maio
2018
14:30h

94

16h do dia 1 de maio de 2018 metálicos !?!



95

BRASIL

Especialistas ainda tentam decifrar por que prédio em SP desabou em tão pouco tempo

Renata Moura e João Fellet
Da BBC Brasil em Londres e São Paulo

4 maio 2018



O texto e o título da reportagem foram alterados após o professor Paulo Helene, ex-presidente da Associação Latino-Americana de Patologias das Construções, ter revisado sua avaliação anterior e afirmado não ter encontrado vestígios das estruturas de metal que poderiam ter levado à queda do edifício em tão pouco tempo. Após ser alertada pelo professor sobre a mudança em sua avaliação, a BBC Brasil fez alterações no texto original.

Conforme os bombeiros avançam nas buscas por desaparecidos do incêndio no edifício Wilton Paes de Almeida, na última terça-feira - na manhã dessa sexta, o corpo da primeira vítima foi encontrado. Os bombeiros concluíram as buscas em outros pontos do prédio.

96

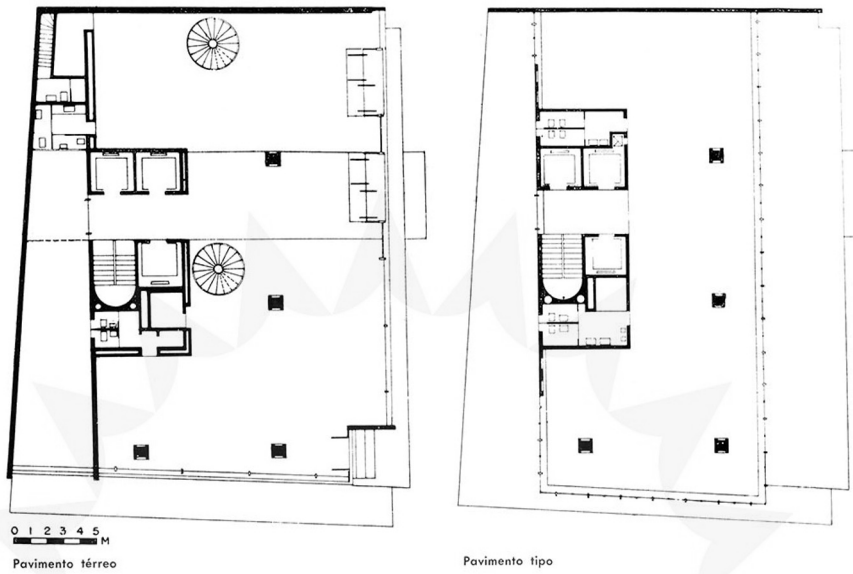
anamnese *pesquisa*



Revista Acrópole Número 323 Ano 27 Novembro 1965

97

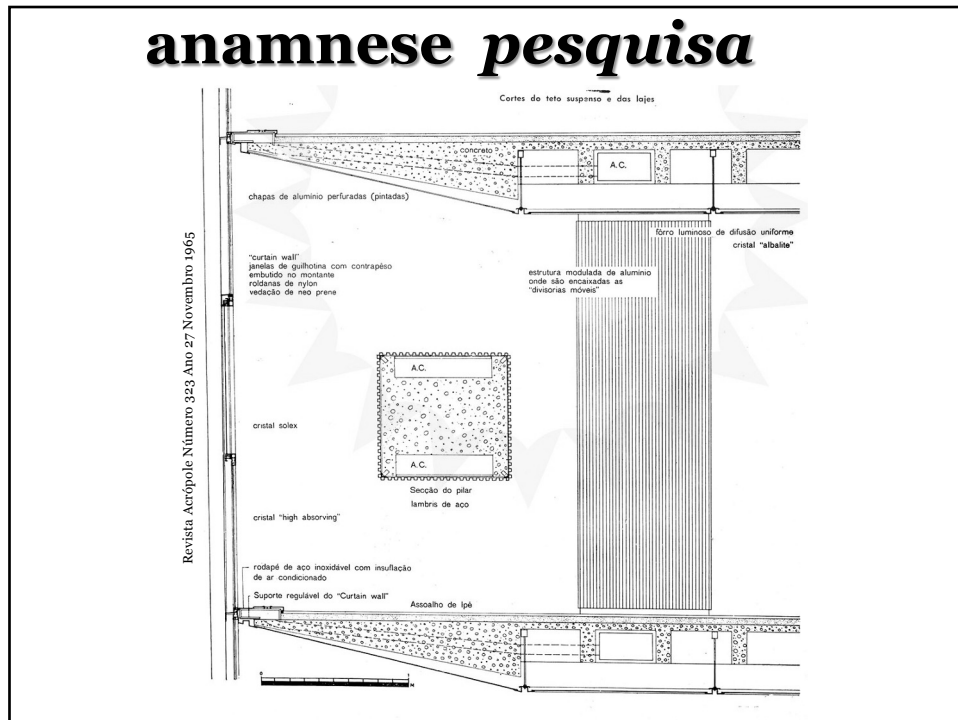
anamnese *pesquisa*



Revista Acrópole Número 323 Ano 27 Novembro 1965

98

anamnese *pesquisa*



99



100



101



102



103



**Estruturas de madeira na casa de
máquinas**

104

Geometria dos pilares

105



106

Histórico



107

Histórico de Usuários

Cronologia:

- 1968 – 1977: Companhia Comercial de Vidros do Brasil (ou CVB), Socomin, Banco Nacional do Comércio de São Paulo, Banco Mineiro do Oeste S/A e a Oleogazas
- 1980 – 2000: Caixa Econômica Federal
- 2000 – 2003: fechado SPU
- 2003 – 2006: Polícia Federal
- 2007 – 2013 : fechado (SPU)
- 2013 – 2018: invadido pelo MLSM

108

Invasão



109

Invasão



110

Invasão



111

Invasão



112

O Incêndio

Madrugada de 01/05/2018, 01:30h: incêndio que iniciou-se no 5º andar do prédio e alastrou-se pelos demais andares (subsolo ao 10º andar + penúltimo)



113

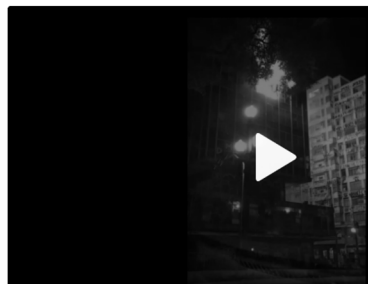
SÃO PAULO

Incêndio em prédio de SP foi causado por curto-circuito em tomada no 5º andar, diz secretário

Em depoimento, moradora disse que fogo começou em tomada onde estavam ligados TV, micro-ondas e geladeira.



Por César Galvão, TV Globo, São Paulo
03/05/2018 16h27 - Atualizado 03/05/2018 21h33



Edifício Wilton Paes de Almeida



114

Início às 1h30 (vídeo)



115

Desabamento às 2h50 (vídeo)



116



117



118

Após o desabamento...



119

Após o desabamento...



120

coleta de amostras para ensaios



121

Plano de ensaios e investigação

- Levantamento geométrico laje, viga e pilar
- Conhecimento da armadura: ensaio de tração, dobramento, alongamento e ductilidade, composição química e metalografias
- Caracterização mineralógica do agregado
- Extração e ensaio de resistência à compressão, à tração e módulo de elasticidade
- Pacometria
- Ultrassom e módulo dinâmico
- Absorção de água, índice de vazios permeáveis e massas específicas
- Caracterização mineralógica por difratometria de raios X e análises térmicas por ATD-TG
- Reconstituição de traço e consumo de cimento
- Profundidade de carbonatação
- Análise do material granular
- Verificação (“especulação”) estrutural



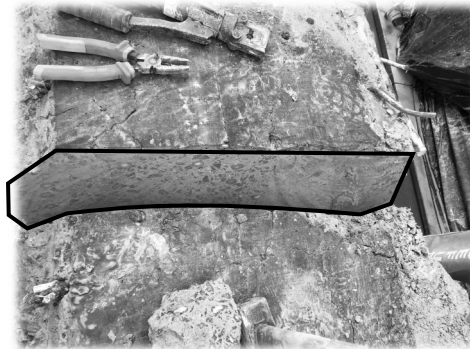
122

preparação da amostra



- ✓ Corte das barras com maçarico de acetileno
- ✓ Corte do concreto com fio diamantado

UPM Universidade
Presbiteriana Mackenzie



123

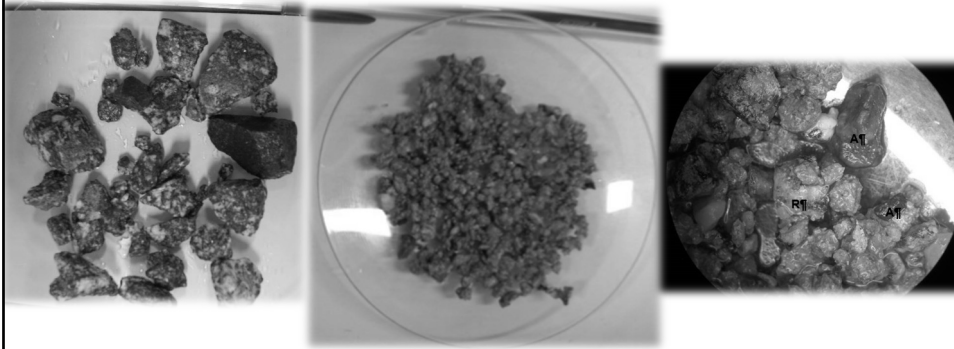
extração de testemunhos



**Universidade
Presbiteriana
Mackenzie
UPM**

124

análise petrográfica *Cláudio Sbrighi Neto*



- granito britado: rocha ígnea, $D_{max} = 25\text{mm}$
- areia grossa lavada de rio
- quartzo preservado: o concreto deve ter experimentado temperaturas inferiores a 573°C ;
- agregados não estavam fissurados ou lascados

125

reconstituição de traço

As amostras de concreto foram submetidas ao tratamento térmico e químico, seguindo procedimento da ABCP (POT-GT 3016).

TABELA 1- Reconstituição do traço em partes de massa

Identificação da amostra	Composição	
	Cimento	Agregados
Pilar	1	5,9
Estrutura	1	6,2

126

consumo de cimento e propriedades do concreto

TABELA 2 – Determinação da absorção, índice de vazios e massa específica – NBR 9778

Ensaio	Amostra		
	Pilar	Estrutura	Concreto Carlos Britez
Absorção após imersão e fervura (%)	6,52	6,68	
Índice de vazios após saturação e fervura (%)	14,75	15,21	17,75
Massa específica da amostra seca (g/cm ³)	2,26	2,28	2,21

considerando água de hidratação igual a 0,3

→ consumo de **309 kg/m³**

127

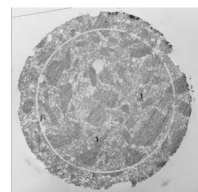
compressão



- ✓ ABNT NBR 7680 e NBR 5739
- ✓ Resistência média de 21,8MPa

$$f_{ck} = 15\text{MPa}$$

ABCP Associação Brasileira de Cimento Portland



128

tração



- ✓ ABNT NBR 7222
- ✓ Resistência média de 2,1MPa

ABCP Associação Brasileira de
Cimento Portland



129

ultrassom e módulo de elasticidade

Laboratório da PhD Engenharia, ensaio de ultrassom e calculado o módulo de elasticidade dinâmico, que em média foi de **27GPa** (equivalente a $E_{ci 0,3 f_{c}} = 24GPa$)

CP	Elongitudinal (GPa)	±	Eflexional (GPa)	±	Ultrassom (m/s)
08	19,8	0,13	12,31	0,13	3663
09	-	-	-	-	3788
10	-	-	-	-	3669

$$Vp = \sqrt{\frac{E(1 - \nu)}{\rho(1 - 2\nu)(1 + \nu)}}$$

Onde:

- ✓ Vp é a velocidade de onda longitudinal,
- ✓ E é o módulo de elasticidade,
- ✓ ν é o coeficiente de Poisson, e
- ✓ ρ é a massa específica do concreto.

130

espessura de carbonatação

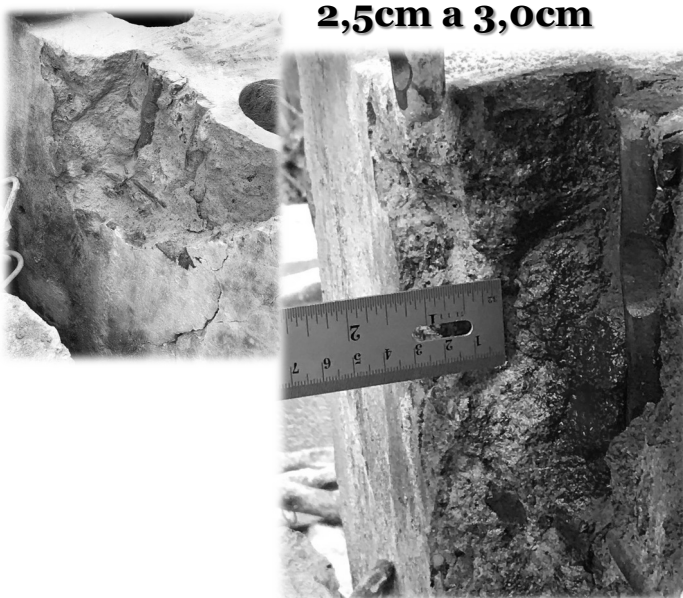


2,5cm a 3,0cm

**Universidade
Presbiteriana
Mackenzie
UPM**

131

espessura de carbonatação



2,5cm a 3,0cm

**Universidade
Presbiteriana
Mackenzie
UPM**

132

armadura

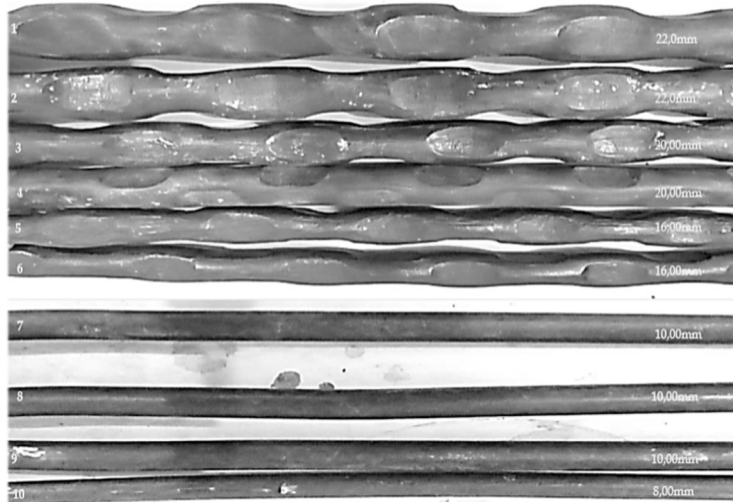
Barras longitudinais entalhadas com bitolas de 22, 20, e 16 mm. CA 50B

Barras transversais lisas com bitola de 10 mm

CA 32 A

Barras complementares lisas com bitola de 8 mm.

CA 32 A



Laboratórios
da
ArcelorMittal

133

EB-3
1965

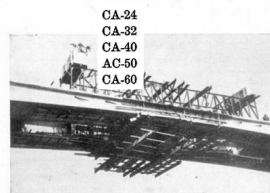
CA-24
CA-32
CA-40
CA-50
CA-60

armadura

ESTRUTURA

REVISTA TÉCNICA

DAS CONSTRUÇÕES



NOVA ESPECIFICAÇÃO DE AÇOS
PARA CONCRETO ARMADO
CHARNEIRAS PLÁSTICAS EM LAJES DE
EDIFÍCIO
LINHAS DE INFLUÊNCIA
FLEXÃO OBLÍQUA COMPOSTA

1965

58

Prof. Eduardo Thomaz

134

armadura

CATEGORIA	COEF. DE ADE-RENCIA	MARCA	FABRICANTE	DENOMINAÇÃO ANTIGA DA CATEGORIA	OBSERVAÇÕES
CA - 50 B	$\eta = 1,8$	Nervator 50	Aço Torsima S. A.	CA - T 50	barras torcidas com 2 saliências helicoidais e cristais transversais
CA - 50 B	$\eta = 1,8$	Peristal 50	Peristal S. A. Laminação e Comércio	—	barras com mósas formadas por compressão transversal
"	"	Resistahl 50	Aços de Alta Resistência Ltda.	—	"
CA - 60 B	$\eta = 1,8$	Nervator 60 ou Rippen-Tor	Aço Torsima S. A.	CA - T 58 (1)	barras torcidas com 2 saliências helicoidais e cristais transversais
Fios					
CA - 60 B	$\eta = 1$	Cleide 6.000 T 60	Cleide S. A. Siderúrgica Barra Mansa S. A.	—	fios (arames) trefilados lisos
"	"			—	"
CA - 60 B	$\eta = 1,5$	Bema 60	Companhia Siderúrgica Belgo Mineira	—	fios (arames) trefilados com entalhes ou sulcos
"	"	Sima 60	Aço Torsima S. A.		"
MALHAS SOLDADAS					
CA - 60 B	—	Malhas Sima Telas Telcon	Aço Torsima S. A. Telcon Indústria e Comércio	—	malhas com nós soldados
"	—			—	"

135

armadura

PEÇAS DE CONCRETO ARMADO COM AÇO PERISTAHL

(Interpretação dos resultados de ensaios realizados no Instituto Tecnológico da Aeronáutica)

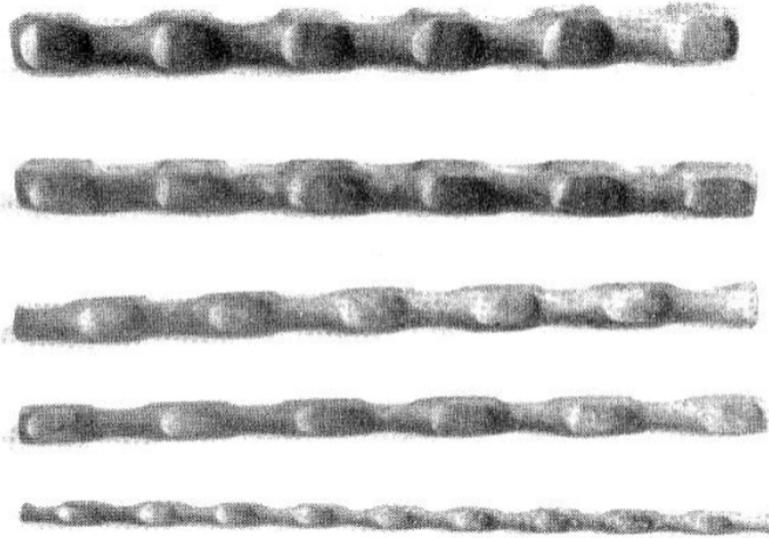
TELEMACO VAN LANGENDONCK

SUMÁRIO

- I — Finalidade dos ensaios
- II — Corpos de prova.
- III — Propriedades dos materiais.
- IV — Compressão.
- V — Ruptura por flexão.
- VI — Tensões na flexão.
- VII — Fissuração.
- VIII — Deformabilidade.
- IX — Conclusões.

136

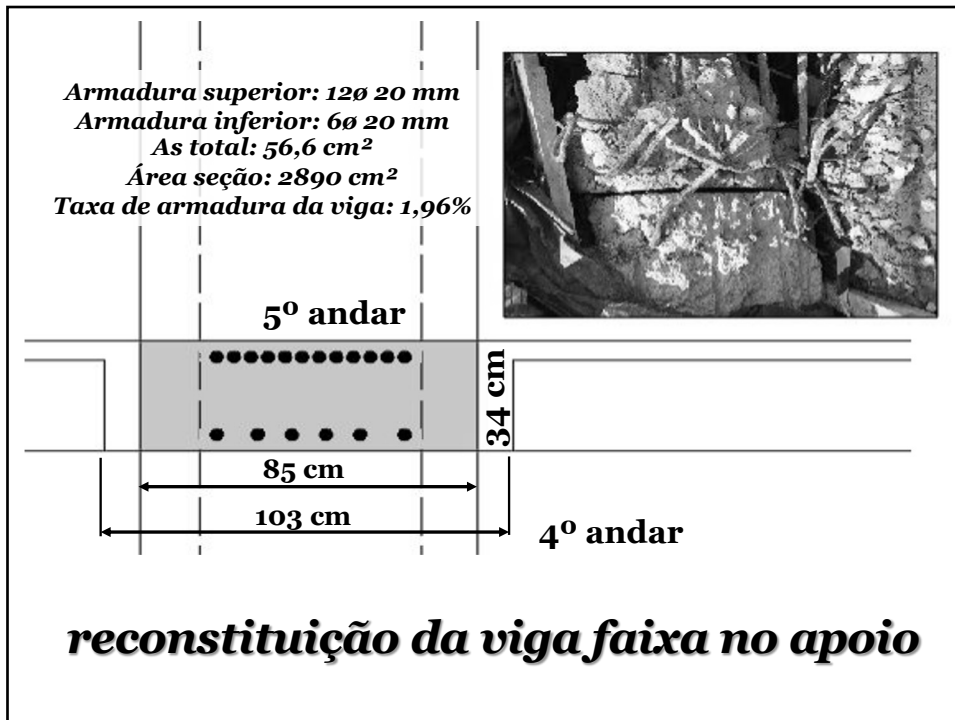
armadura



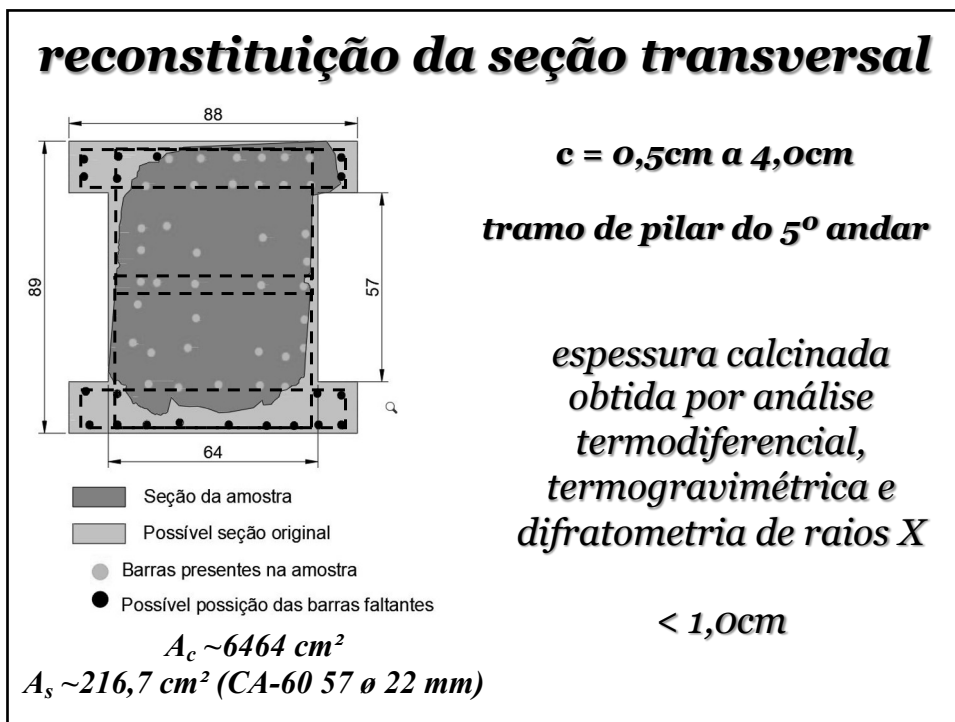
137

***reconstituição
da seção da viga
faixa e do pilar***

138

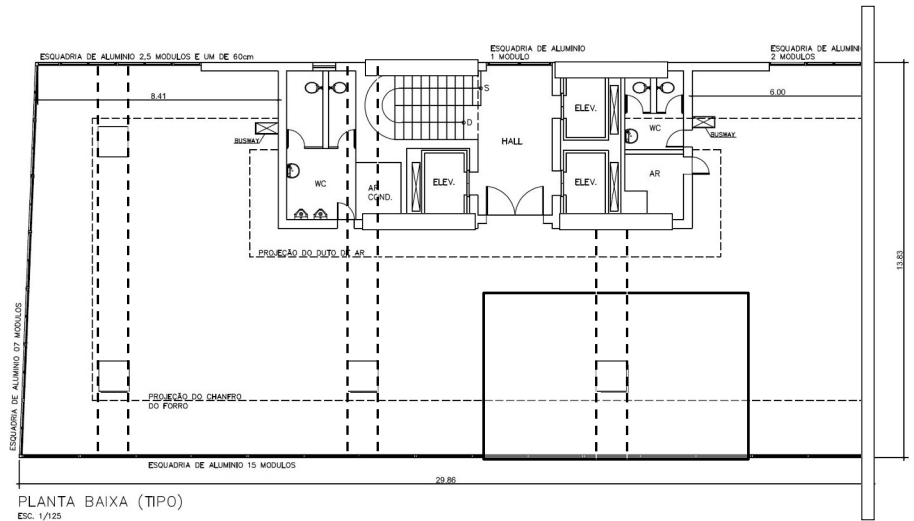


139



140

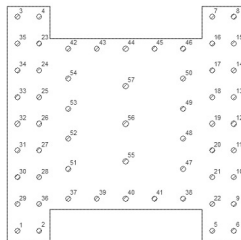
verificação estrutural



área de influência (CAD) = ~47,4m²

141

verificação estrutural



$$N_d = A_c \times \sigma_{cd} + A_s \times \sigma_{sd}$$

$$\sigma_{sd} = E_s \times \epsilon_{c2}$$

$$\sigma_{sd} = 21.000 \times 2\text{‰}$$

$$\sigma_{sd} = 42 \text{ kN/cm}^2$$

$$N_d = 6464 \times 0,85 \times \frac{1,5}{1,4} + 216,7 \times 42$$

$$N_d = 13.800 \text{ kN ou } 1.380 \text{ tf}$$

$$N_k = 9.857 \text{ kN ou } 986 \text{ tf}$$

142

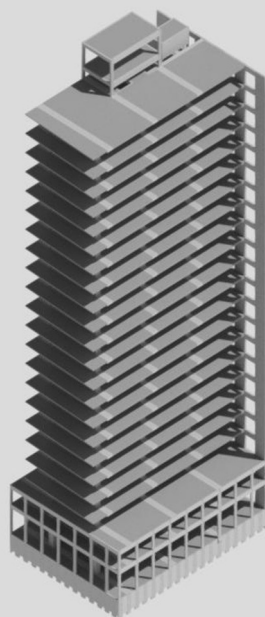
verificação estrutural

capacidade do pilar sem momentos:

$$N_k \approx 986 \text{ tf}$$

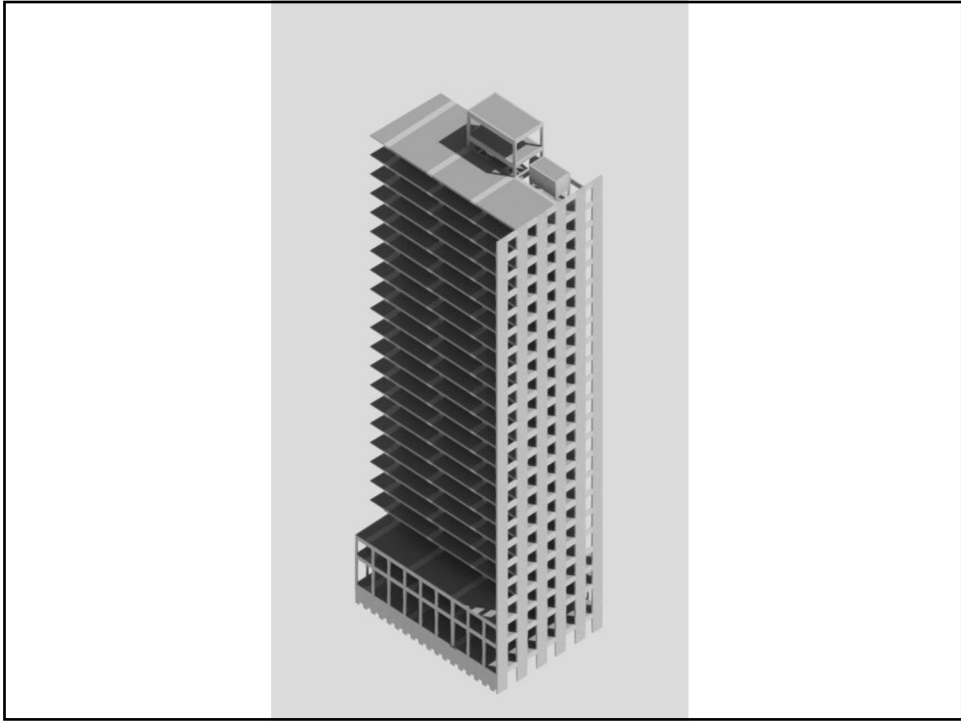
correspondente a cerca de 25 pavimentos → geometria condiz com tramo entre 4º e 5º Pav.

143



Modelo numérico de cálculo,
ou pórtico espacial,
simplificado, elástico
linear, referente às
solicitações,
considerando
 $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$ e módulo
de elasticidade de
acordo com o ensaiado
 $E_{ci} = 24 \text{ GPa}$

144



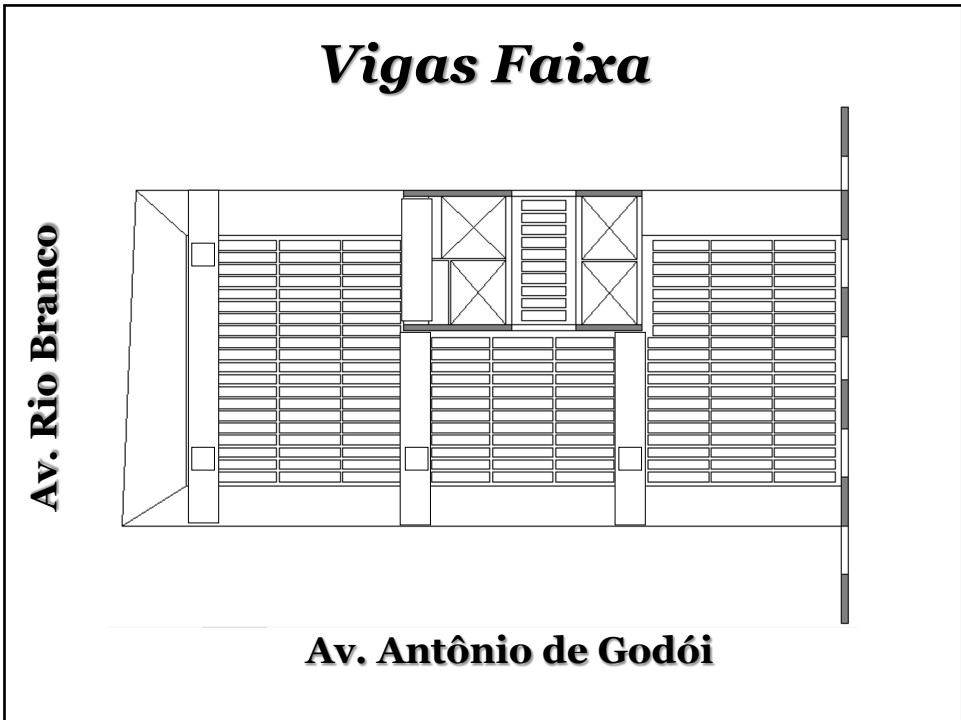
145



146



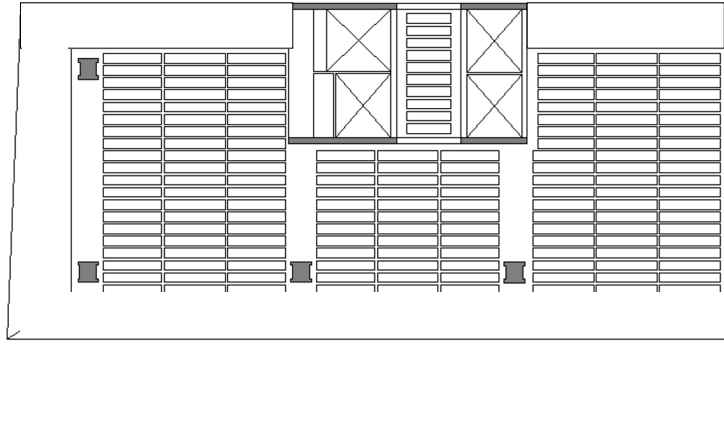
147



148

Laje maciça em balanço

Av. Rio Branco

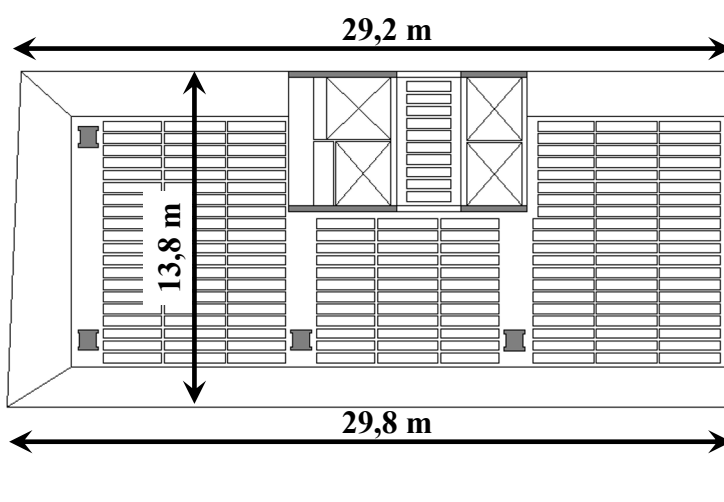


Av. Antônio de Godói

149

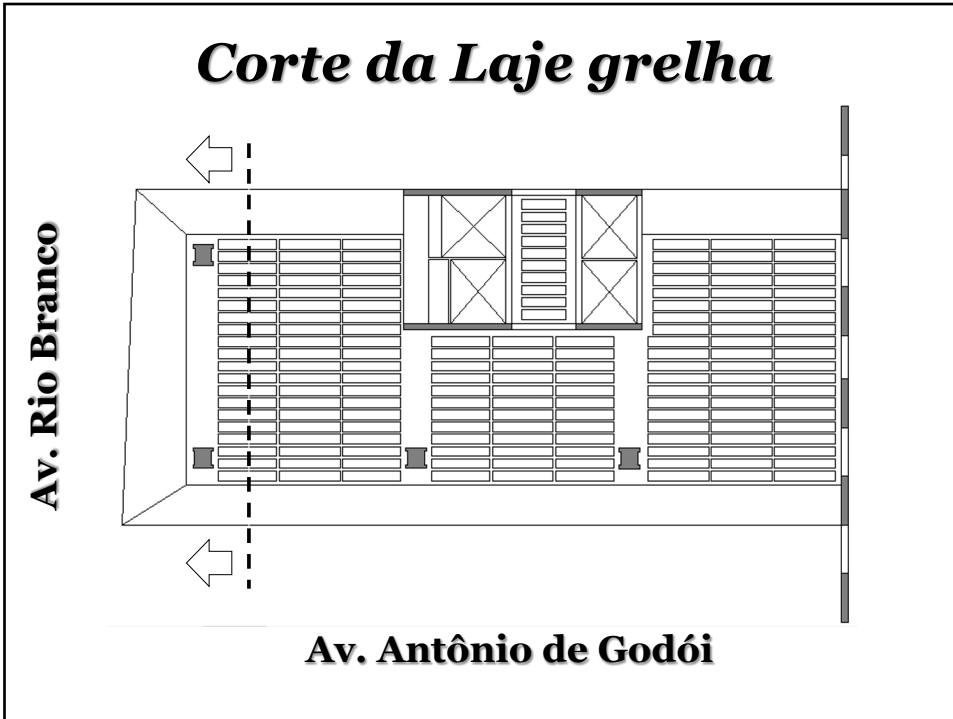
Geometria em planta

Av. Rio Branco

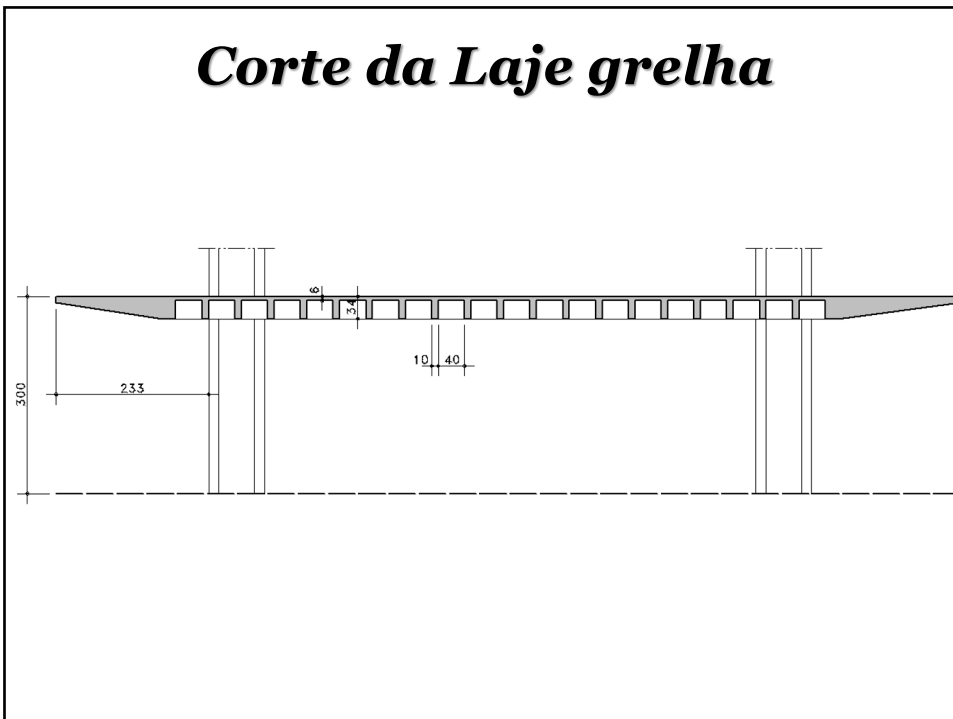


Av. Antônio de Godói

150



151



152

DESLOCAMENTOS ÚLTIMOS

***modelo ELU ($\gamma_F = 1,4$)
com variação térmica e
com vento do dia
01.05.2018***

153



154

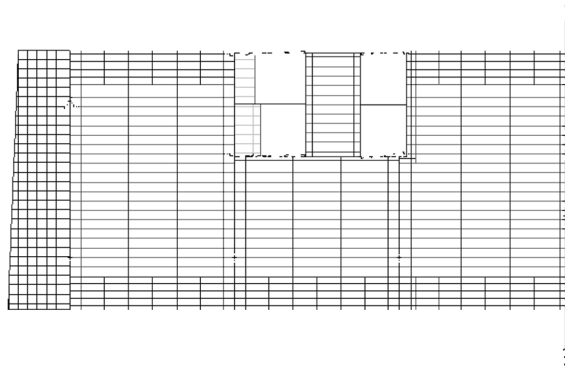


155



156

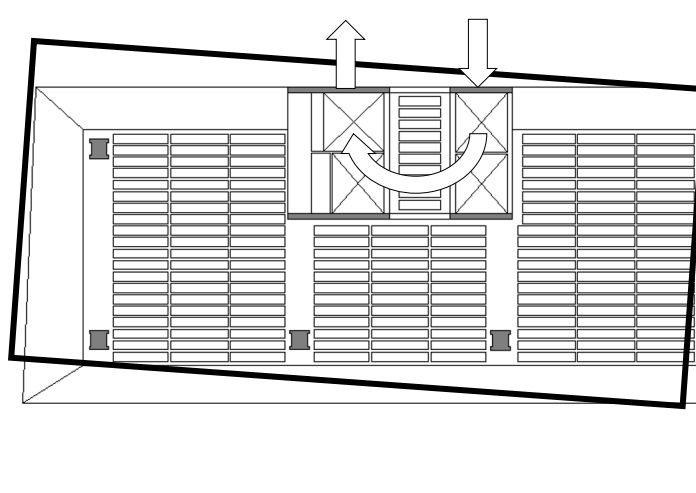
Restrição do edifício vizinho justaposto



***Ed.
Caracu***

157

Hipótese da mecânica do colapso



158

Variação de 200° C:

ELU -> 28 cm

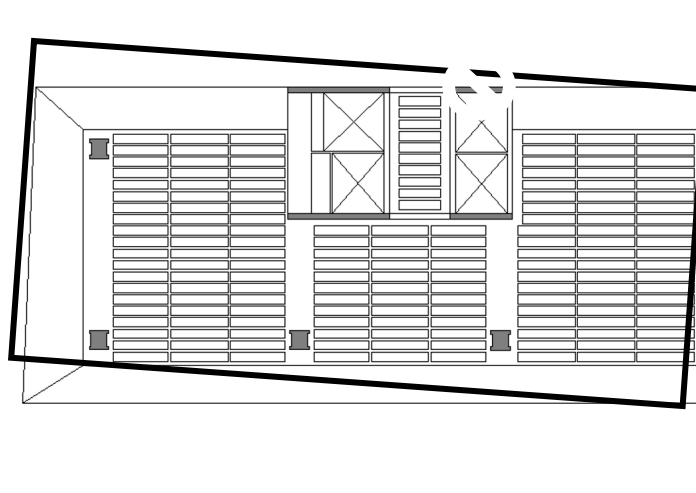
Variação de 500° C:

ELU -> 58 cm

temperatura → acarreta aumento de
10 vezes no momento dos pilares da
caixa de elevador, quando
comparado com o momento apenas
devido a carga vertical.

159

Hipótese da mecânica do colapso



160



161



162

FOLHA DE S. PAULO

DESDE 1921 *** UM JORNAL A SERVIÇO DO BRASIL

DIRETOR DE REDAÇÃO: OTAVIO FRASS FILLAD

SEXTA-FEIRA, 11 DE MAIO DE 2018

EDIÇÃO SP/DF • CONCLUÍDA ÀS 06h 45m

Geisel avalizou execuções na ditadura, diz documento

Documento de 1974 libera o governo brasileiro de acusações de que, segundo o chefe da CIA, o ex-presidente Erasmir Góes avalizou execuções na ditadura de uma política de repressão no âmbito do governo da ditadura militar no Brasil. O texto, publicado em um livro, revela detalhes de como Geisel avalizou execuções na ditadura militar no Brasil.

Sócio da Dolly é preso sob suspeita de fraude fiscal

Um dos sócios da empresa de entretenimento Dolly, Luiz Carlos de Almeida, foi preso preventivamente em São Paulo. Ele é acusado de liderar esquema de fraude em impostos não pagos. Sua defesa contestou a prisão preventiva e afirmou que necessita trabalhar.

Governador de SP acelera medidas visando eleições

Em meio às eleições municipais, o governador de São Paulo, Geraldo Alckmin, acelerou medidas visando a realização das eleições municipais. O governador anunciou que vai acelerar a entrega de licenças para o funcionamento das prefeituras.

Cidade para comer com os seus filhos ou levar a sua mãe

Com o objetivo de melhorar a qualidade de vida dos cidadãos, o governo de São Paulo anunciou medidas para facilitar a vida das famílias. Uma das medidas é a criação de áreas de lazer e recreação em parques e praças.



Luiz Carlos de Almeida, sócio da Dolly, segura cartaz durante manifestação em São Paulo. Ele é acusado de liderar esquema de fraude em impostos não pagos. Sua defesa contestou a prisão preventiva e afirmou que necessita trabalhar.



Trump e Kim se reunirão em 12 de junho. O presidente dos Estados Unidos aguarda três presos americanos libertados pelo líder norte-coreano Kim Jong-un antes, reunião entre os líderes ocorrerá em Singapura.

SP tem 25 mil edifícios fora de regra mais dura antifogo

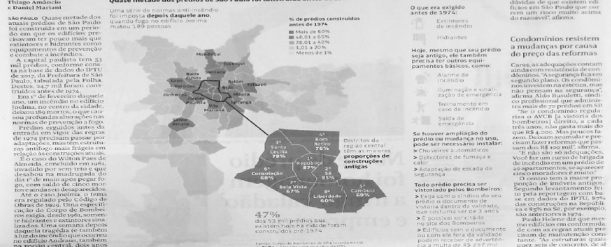
47% dos prédios da capital paulista foram construídos antes de incêndio no Joazeiro (1974), que levou a mudanças nas normas. Uma semana após o incêndio, a prefeitura anunciou que vai emitir ordens de embargo para 25 mil prédios que não atendem às normas de segurança. Os prédios foram construídos antes de um incêndio em 1974 que levou a mudanças nas normas de segurança. A prefeitura anunciou que vai emitir ordens de embargo para 25 mil prédios que não atendem às normas de segurança.

cotidiano

FOLHA DE S. PAULO • 11 DE MAIO DE 2018

Quase metade dos prédios de SP são de antes das regras duras contra incêndio

Dos 53 mil edifícios da cidade, 24,7 mil foram construídos em período anterior à tragédia do Joazeiro, em 1974



Um levantamento realizado pela Prefeitura de São Paulo revelou que quase metade dos edifícios da cidade foram construídos antes de um incêndio em 1974 que levou a mudanças nas normas de segurança. O levantamento mostrou que 47,1% dos 53 mil edifícios da cidade foram construídos antes de 1974, enquanto 52,9% foram construídos depois. Isso significa que mais de 24 mil prédios não foram submetidos às regras de segurança mais rigorosas que foram implementadas após o incêndio no Joazeiro.



Remanescentes de um prédio destruído em São Paulo. O incêndio no Joazeiro em 1974 levou a mudanças nas normas de segurança para edifícios.

Lições aprendidas

1. Estrutura de Concreto mal projetada pode colapsar em pouco tempo;
2. Nunca desprezar ou minimizar ação do fogo – “ser precavido”;
3. Cuidado com pele de vidro sem barreiras;
4. Muitos prédios em situação similar, apesar de “legalmente habitados / abandonados”;
5. Cabe ao proprietário a responsabilidade, mas a quem cabe fiscalizar?

165

Lições aprendidas (medidas)

1. **Revisar o projeto estrutural sob temperaturas elevadas (250° C);**
2. **Arquivar Projeto Executivo Estrutural ou projeto “as built” no (*Habite-se*);**
3. *Inspeção Periódica; Proteção Passiva e Ativa obrigatória; Redundância & Robustez no projeto*

166

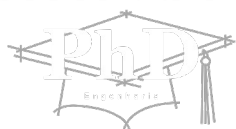
Obrigado !

Prof. Alfonso Pappalardo Júnior
Eng. Alio Ernesto Kimura
Geol^a. MSc. Ana Livia Silveira
Dr. Antonio Fernando Berto
Sr. Antonio Paulo Pereira
Geol. Arnaldo Forti Battagin
Prof. Bernardo Tutikian
Eng. Carlos Augusto Nonato da Silva
Dr. Carlos Britez
Sr. Cesar Augusto dos Santos
Dr. Claudio Sbrighi
Eng. M.Sc. Douglas Couto
Perito Edgar Rezende Marques
Sr. Eduardo Antônio Franca
Prof. Eduardo Thomaz
Prof. Enio Pazini Figueiredo
Sr. Francisco Pereira Souza
Sr. Gustavo de Andrade Silva
Sra. Heloisa Penteado Proença
Eng. Jefferson Dias de Souza Junior
Eng^a. Jéssika Pacheco
Sr. José Luiz de Moraes Andrade
Eng. José Luiz Varela
Eng. Júlio Timerman
Sr. Lázaro de Castro

Eng. Leandro Coelho
Sr. Luiz Adauto Moraes Mazarin
Eng. Luiz Aurélio Fortes da Silva
Prof^a. Magda Salgueiro Duro
Sr. Marcelo Cherubim
Sr. Marcos Penido
Sr. Matheus Moreira
Sr. Mauricio Brun Bucker
Sr. Maurício da Silva Lazzarin
Perita Mônica Bernardi Urias
Sr. Nelson Candido Rosa
Sr. Odair Secco
Major Oscar Samuel Crespo
Prof. Oswaldo Cascudo
Eng. Me. Pedro Bilecky
Sr. Ricardo Luis Lopes
Dr. Rogério Cattelan de Lima
Sr. Ronald M. Nascimento
Prof. Sérgio Lex
Prof. Simão Priszkulnik
Sra. Thamyris Torsani Pimentel
Prof. Valdir Pignatta e Silva
Prof. Vitor Levy Castex Aly
Sr. Waldir Aparecido dos Santos
Sr. Waldir Aparecido dos Santos Filho

167

OBRIGADO!



"do Laboratório de Pesquisa ao Canteiro de Obras"

paulo.helene@concretophd.com.br

www.concretophd.com.br

www.phd.eng.br

55.11.2501.4822

55.11.9.5045.4940

<https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2019/04/19.04.30ParecerCompletoPaesAlmeida.pdf>

168