



GRUPO
icdd
 CONSTRUINDO CONHECIMENTO

AULA INAUGURAL

**Incêndio e Colapso do Edifício
 Wilton Paes de Almeida**
Lições Aprendidas



"do Laboratório de Pesquisa ao Canteiro de Obras"

Paulo Helene
 Diretor PhD Engenharia
 Conselheiro Permanente IBRACON
 Prof. Titular Universidade de São Paulo
 Gestor e Ex-Presidente ALCONPAT Internacional
 Diretor Técnico do Instituto Brasileiro do Concreto
 Member fib(CEB-FIP) Model Code for Service Life Design
 Conselheiro da CNTU e SEESP

SINDUSCON
29 de março de 2019
Curitiba/PR

1

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

2



Syst me Hennebique
Paris, Rue Danton1

7 andares
França 1.900
30m

$f_{ck} = ?$
119 anos !

*edifício em concreto
armado mais antigo do
mundo*

3



4



5



6

Mortes em situação de Incêndio

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

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

8

Incêndio ou Fogo nas Estruturas

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

9



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***

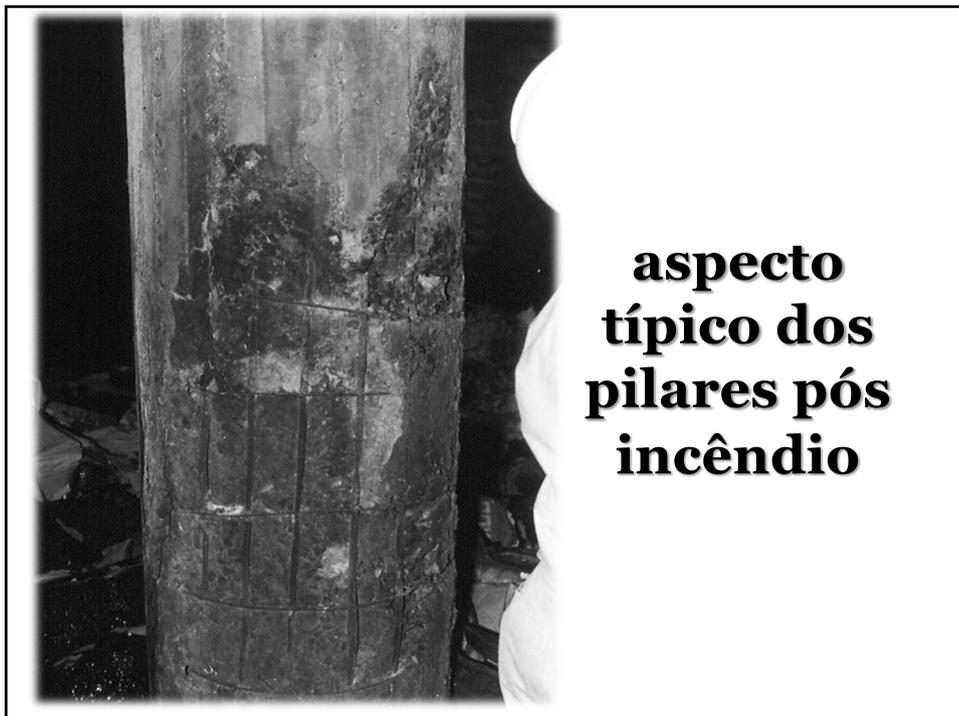
10



11



12



**aspecto
típico dos
pilares pós
incêndio**

13



14



15



Edifício JOELMA

**São Paulo, Brasil
1974
Estrutura de Concreto Armado**

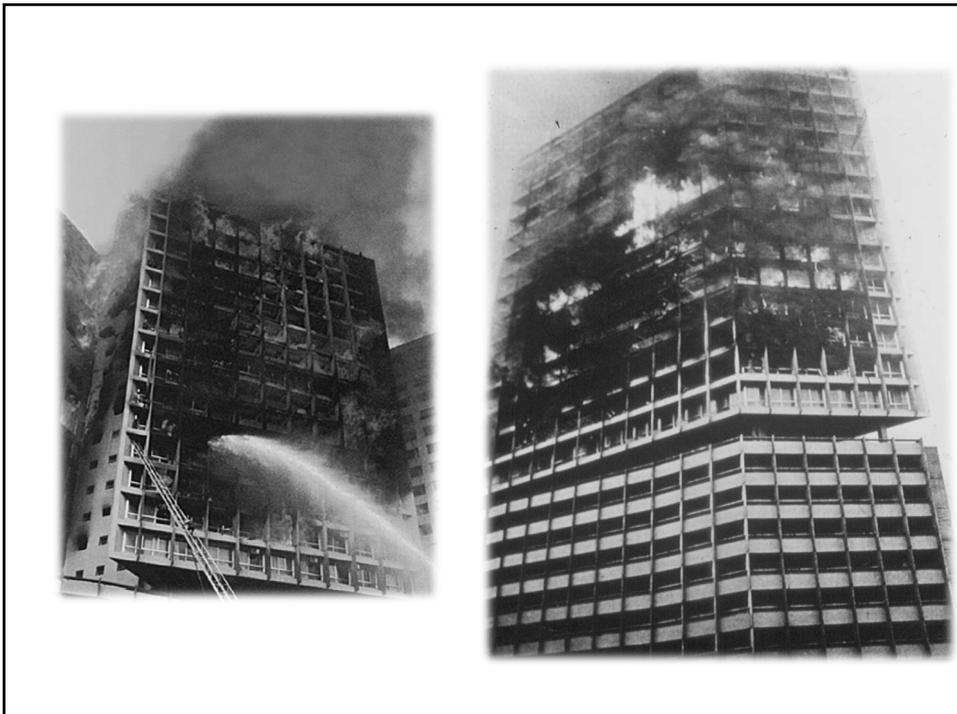
**26 andares
10 andares de garagem
+ 15 andares de escritórios**

**Construção: 1969-1971
Incêndio: 1 Fev. 1974**

***duração: 6h30min
390min***

***em uso
nada colapsou***

16



17



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#_=_

18

Incêndio de 1981



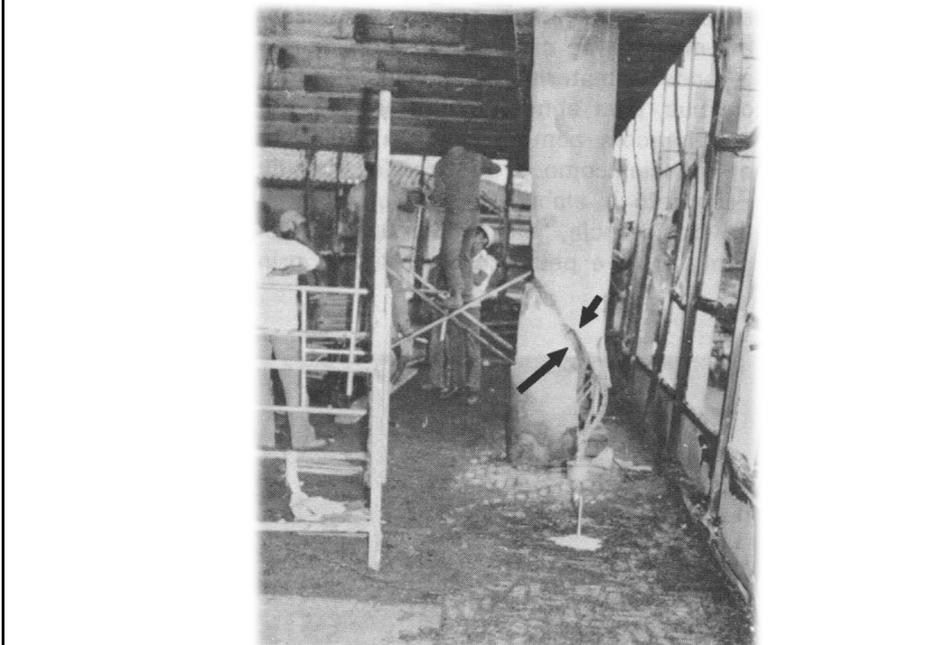
19

Incêndio de 1981

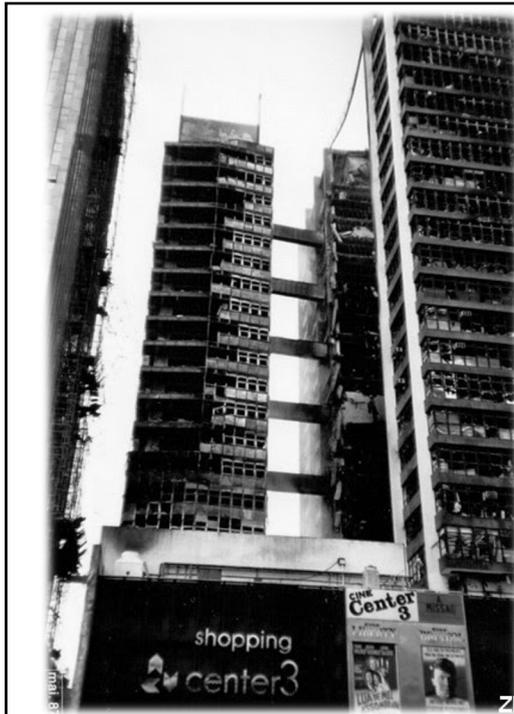


20

Incêndio de 1981



21



Edifícios da CESP

**São Paulo, Brasil
1987**

**Estruturas de concreto
armado
Inaugurada 1956**

**Sede I: 19 pavimentos,
80m de altura
Sede II: 21 pavimentos,
87m de altura**

Incêndio: 21 mai. 1987

***duração: 7h00
420min***

***em uso
Colapso parcial***

22



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

23



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

24



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

25



Aeroporto Santos Dumont

Rio de Janeiro, Brasil
1998
Estrutura de Concreto Armado

25mil m² de área construída

Construção: 1937-1947
Incêndio: 13 Fev. 1998

duração: 8h 48min

em uso
nada colapsou

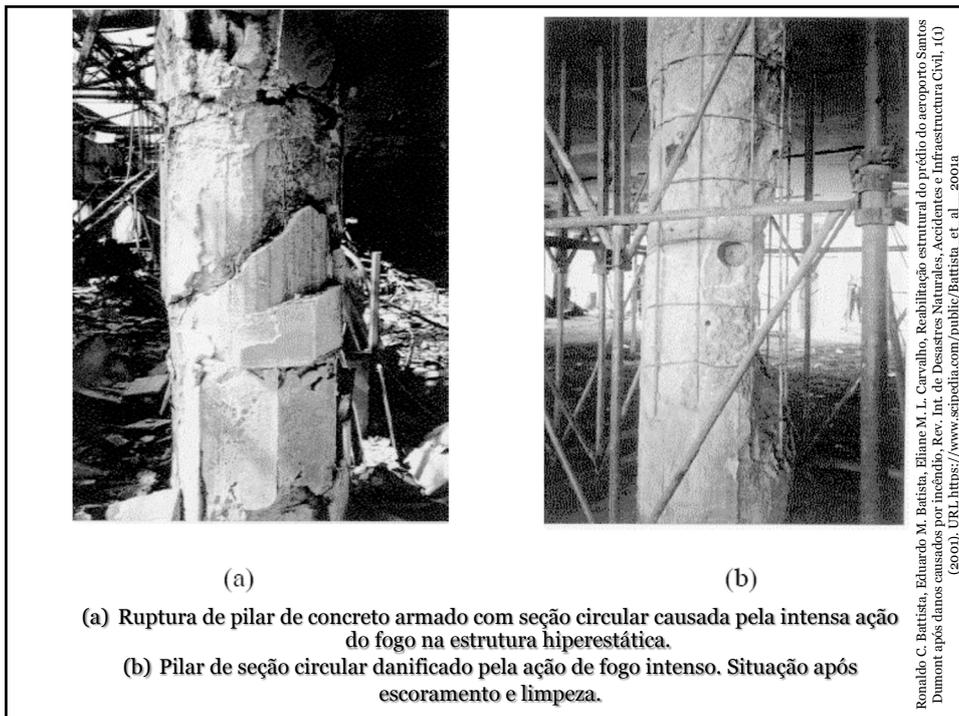
26



27



28



29



30



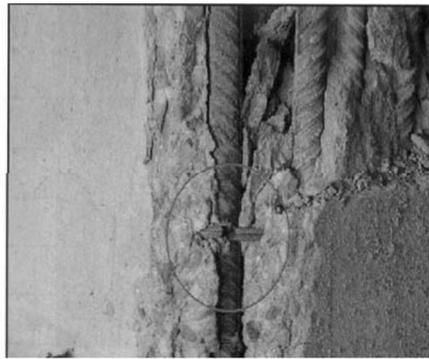
31



32



33



“ 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.

34



Parque Central Torre Torre Leste

**Parque Central
Construção: 1979
Altura: 221 m
56 andares**

**Incêndio: 22 andares
Duração: 20h
Zona sísmica: IV
Caracas
Venezuela
17.10.2004**

***concreto não colapsou
recuperado e em uso***

35



36

No domingo, 17 de outubro de 2004 às 00:05 da manhã, o incêndio iniciou no 34º andar da Torre "Este" do Parque Central, Caracas, Venezuela. O incêndio se extinguiu por si mesmo no final do domingo, cerca de 8 h da noite.

O incêndio transpassou uma macro laje de refúgio contra incêndio construída em concreto no 39º andar e permaneceu descontrolado até o 56º andar, até que se esgotou o material combustível.

37



38



39



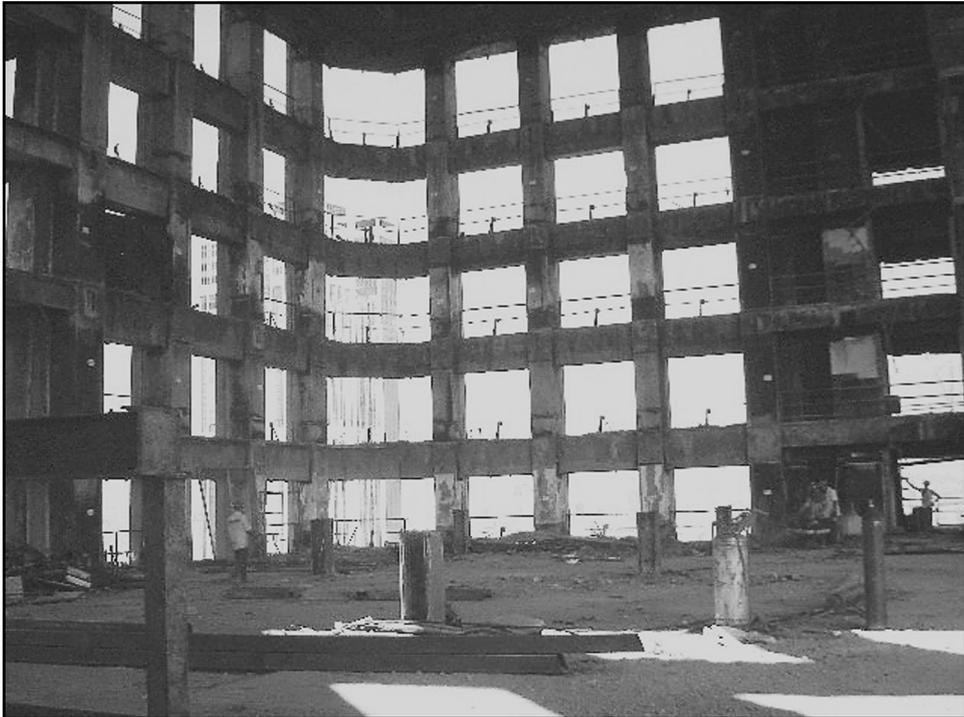
40



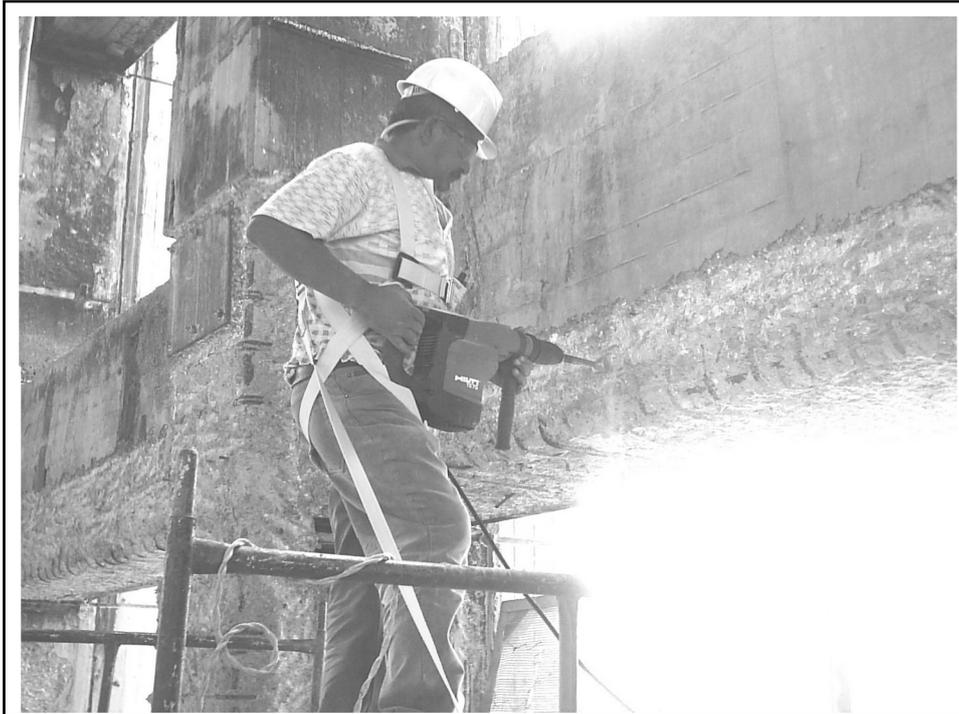
41



42



43



44



**World Trade Center
2001**

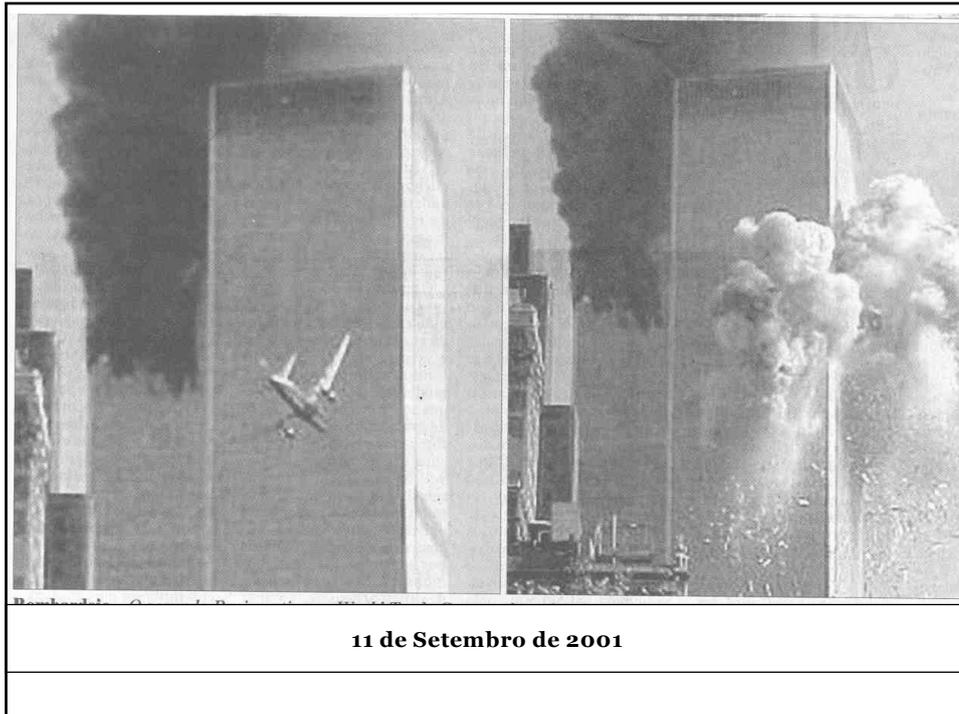
**Nova Iorque, EUA
Construção: 1973
Estrutura metálica
110 andares
6 subsolos**

**Construção: 1966 a 1973
incêndio 11 Set. 2001**

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

colapsaram

45



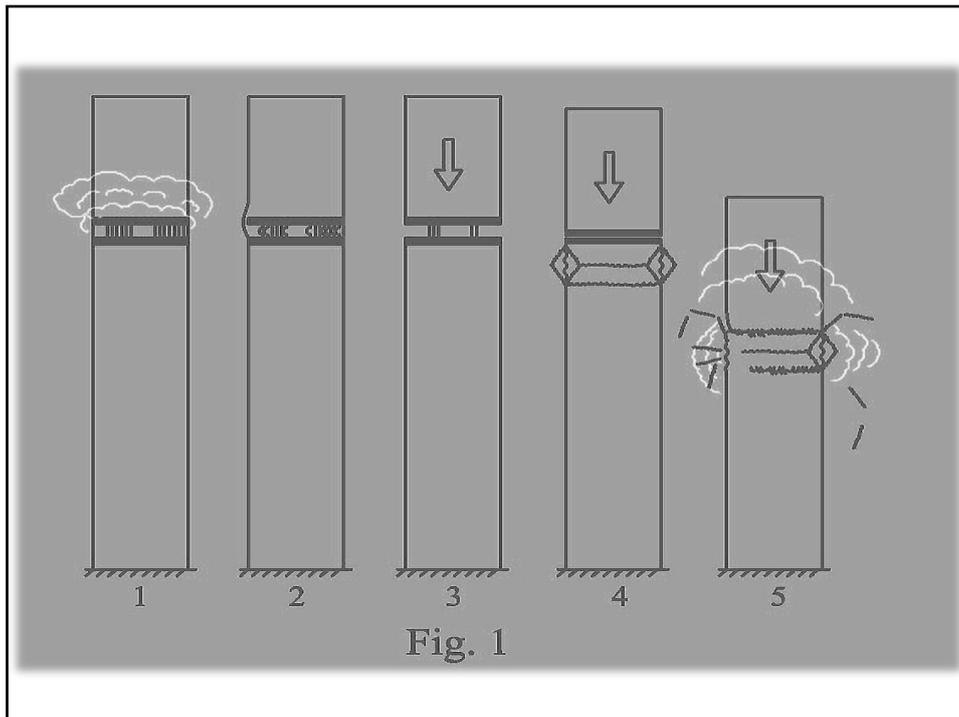
46

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

47



48

Normalização nacional

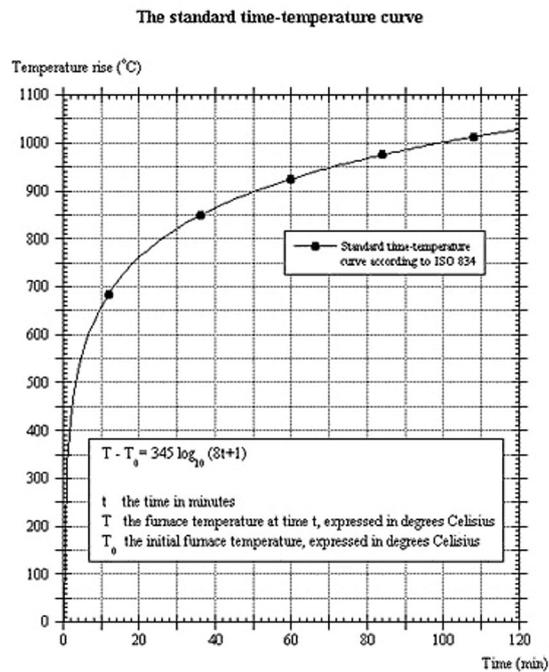
- **ABNT NBR 5628:2001**
Componentes construtivos estruturais – determinação da resistência ao fogo
- **ABNT NBR 14432:2001**
Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações - Procedimento
- **ABNT NBR 15200:2012**
Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio
-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

49

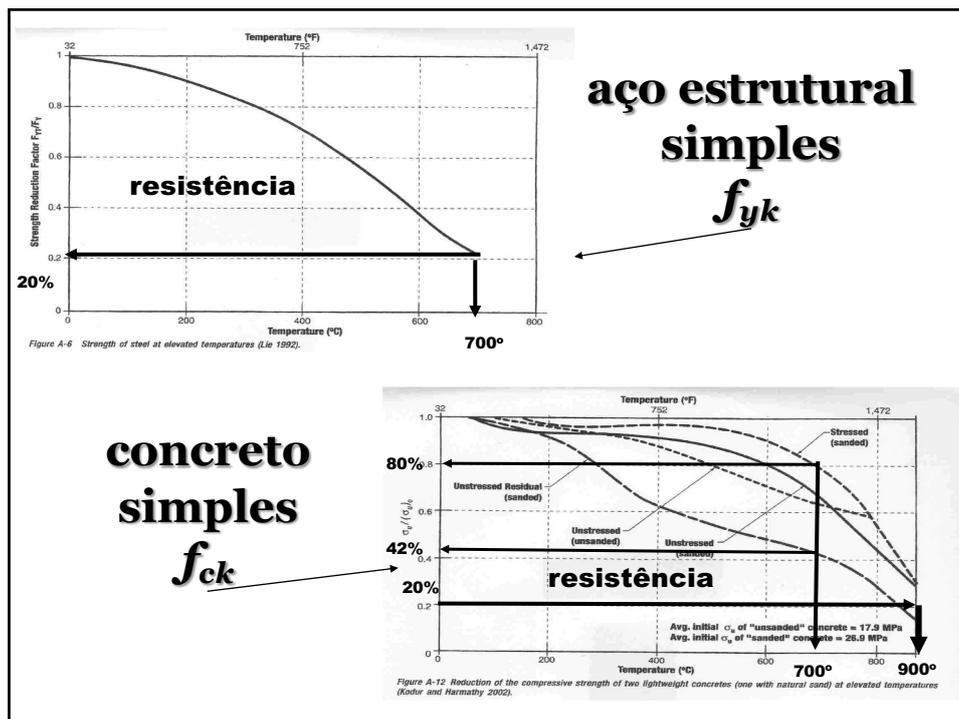
**Incêndio
padrão**

**Crescimento
da
temperatura**

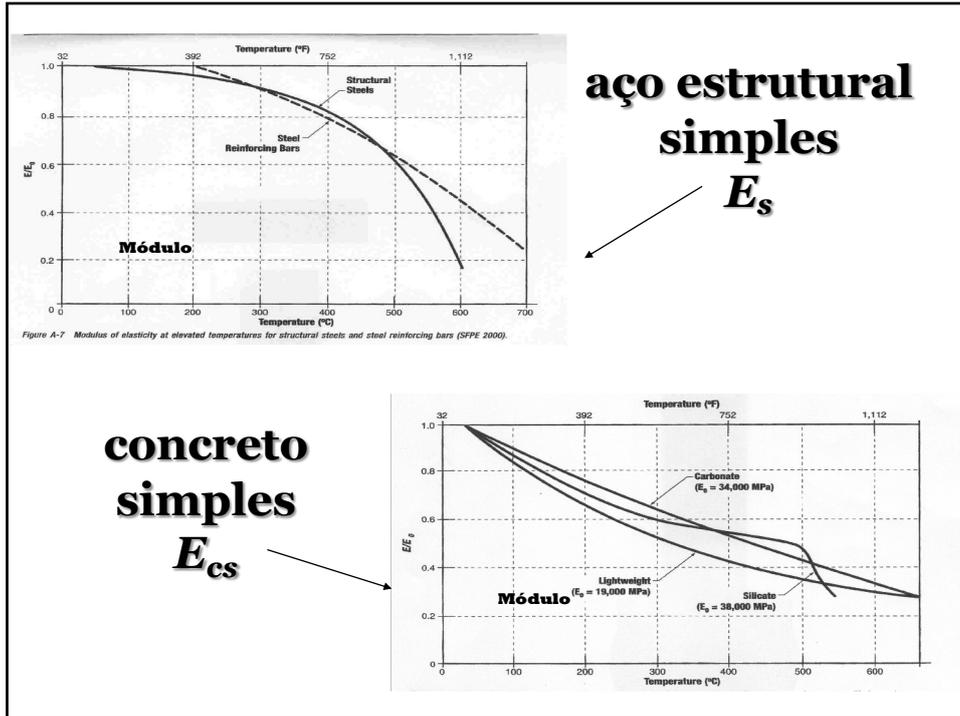
Curva ISO 834



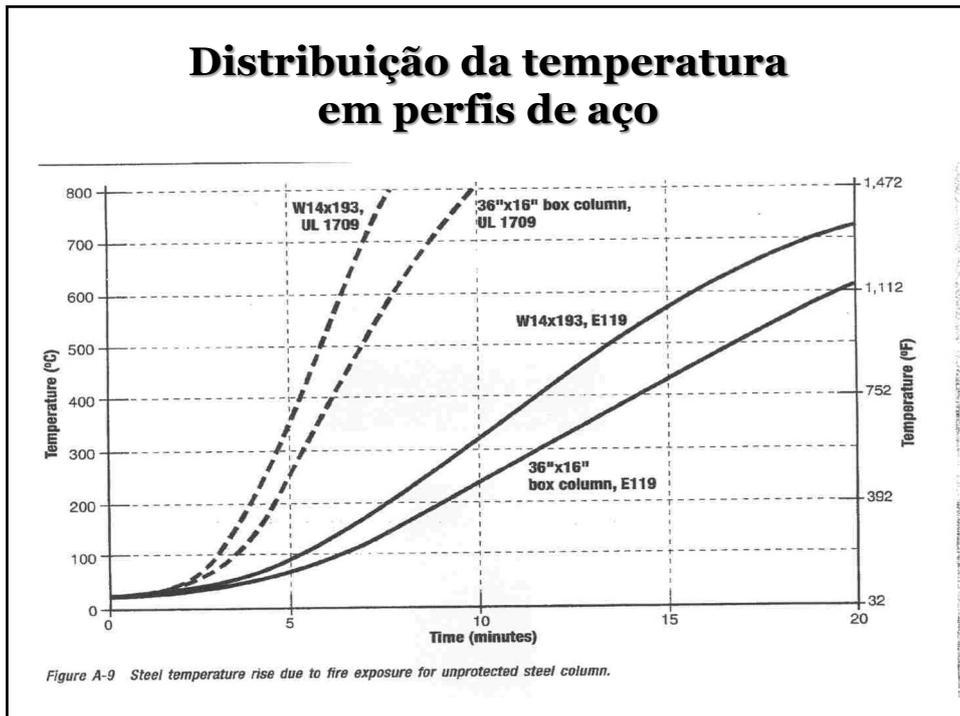
50



52



53



54

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



55

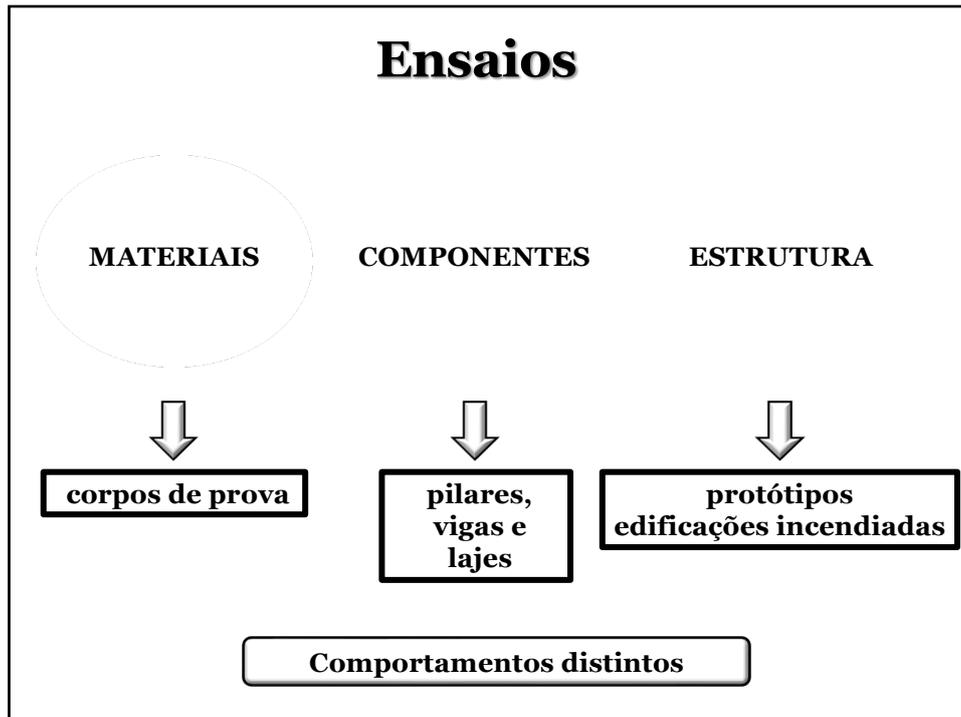
Concreto e Incêndio

Concreto é versátil
Concreto não é inflamável
Concreto é incombustível
Concreto é resistente
Concreto é isolante térmico

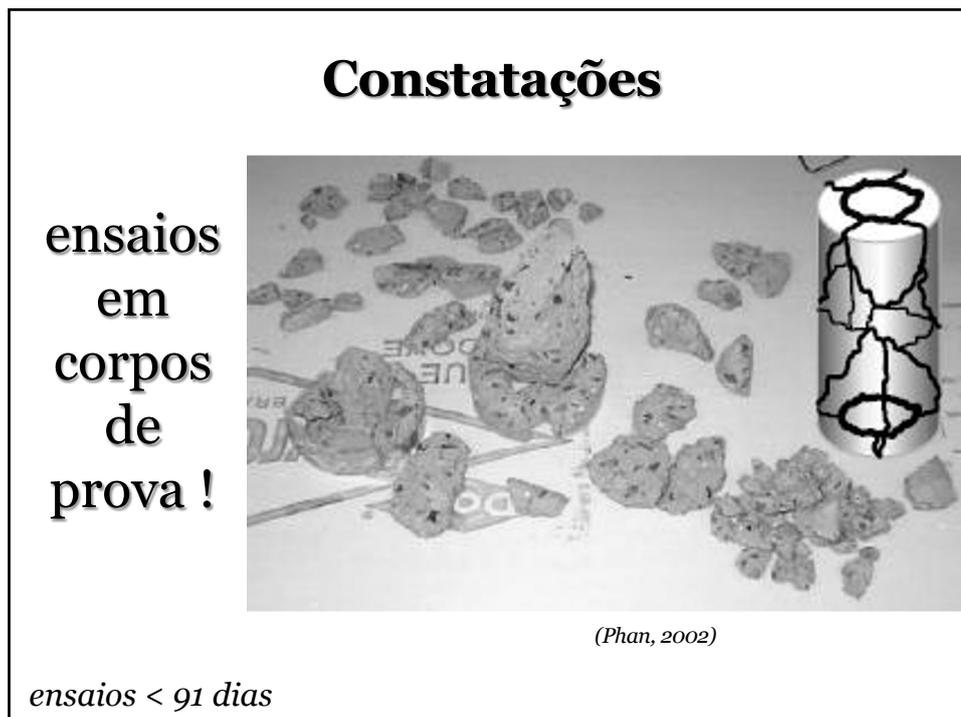
Concreto perde resistência
Concreto pode destacar/desplacar (*spalling*)

0 a 100 °C → umidade → vapor d'água → íntegro
100 a 350 °C → CSH perde água → pode deslocar
350 a 900 °C → $\text{Ca}(\text{OH})_2$ → CaO → agregados soltam
900 a 1200 °C → fusão parcial, CO_2

56



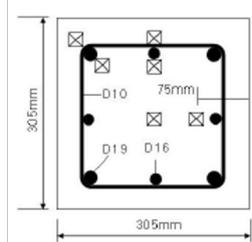
57



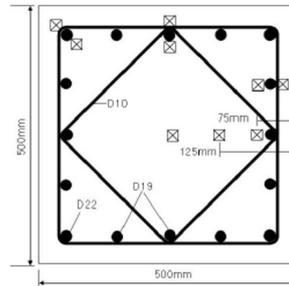
58

Constatações

dimensões/seção transversal



30,5 cm x 30,5 cm x 3,4 m



50 cm x 50 cm x 3,4 m

**pilares de 120 MPa
(mesmos concreto, taxa de aço
e intensidade de
carregamento)**

(Park et al., 2007)

ensaios < 91 dias

59

Constatações

dimensões / seção transversal
 f_{ck} 120 MPa



Spalling: até 13mm
Resistência ao fogo:
176 min
Colapso por
compressão

30,5 cm x 30,5 cm x 3,4 m



Spalling: de 0mm
até 5mm
Resistência ao fogo:
240 min
Não houve colapso

50 cm x 50 cm x 3,4 m

(Park et al., 2007)

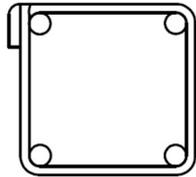
ensaios < 91 dias

60

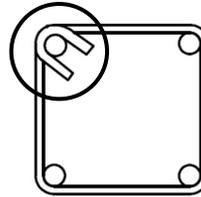
Constatações

detalhes / **armadura**

Elemento de concreto armado (pilar)



(a) Configuração convencional de estribos



(b) Configuração modificada de estribos

**espaçamento de estribos:
0,75 vezes do convencional**

(Kodur, 2005)

ensaios < 91 dias

61

Constatações

detalhes / **armadura**



Configuração Convencional de Estribos

(Kodur, 2005)

f_{ck} 83 MPa



Configuração Modificada de Estribos

ensaios < 91 dias

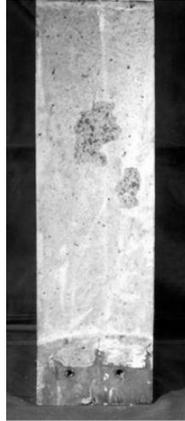
62

Constatações

fibras de polipropileno



Sem fibras



Com fibras

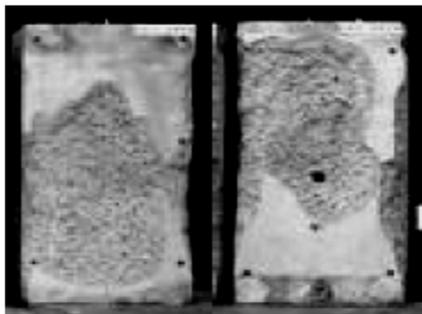
**maiores
quantidades com
menores
diâmetros e
maiores
comprimentos,
diminuem o
*spalling***

(Kawai, 2005)

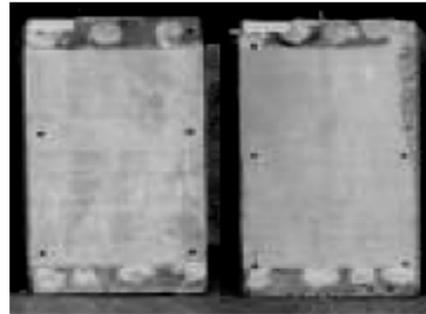
ensaios < 91 dias

63

constatações experimentais



63 dias



1 ano

(Morita et al, 2002)

influência da idade, do grau de hidratação e da umidade

64

The Cardington Fire Test

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

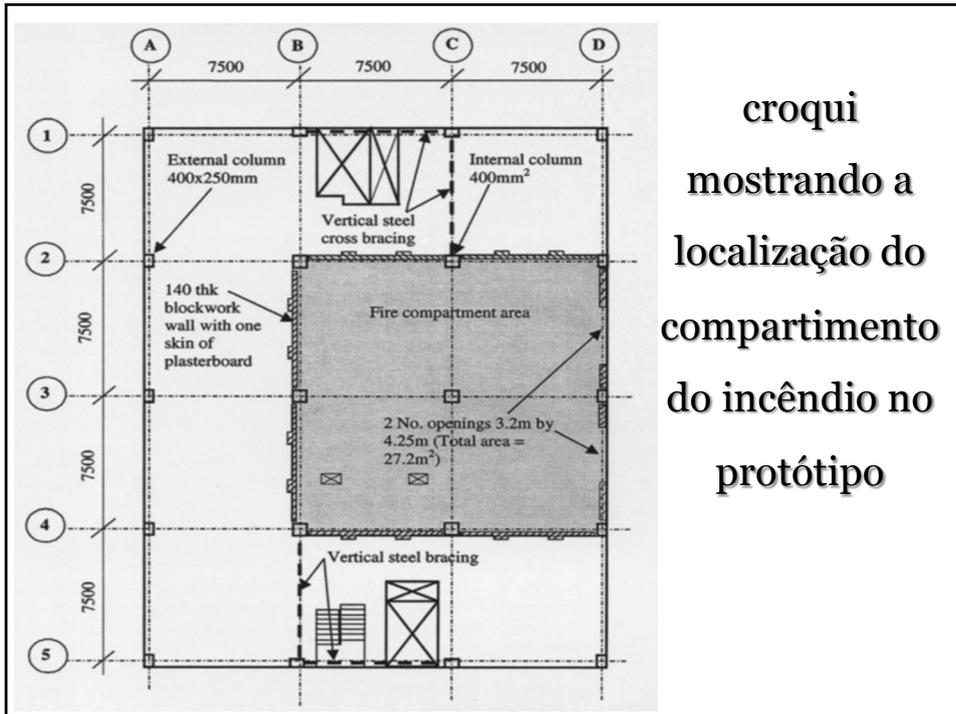
Email this article
Printer friendly page

- ✓ 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

65



croqui
mostrando a
localização do
compartimento
do incêndio no
protótipo

66



120 minutos de incêndio

67

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

68

INVESTIGAÇÃO

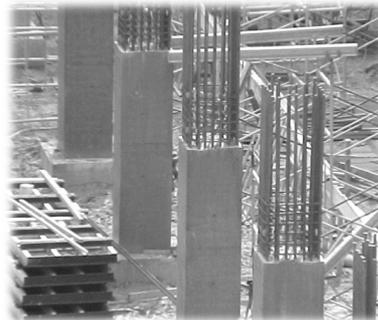
Universidade de São Paulo

Brasil
2002 → 2010

PhD student: Carlos Britez
Supervisor: Paulo Helene

69

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

70



71

“ HPCC in Brazilian Office Tower”

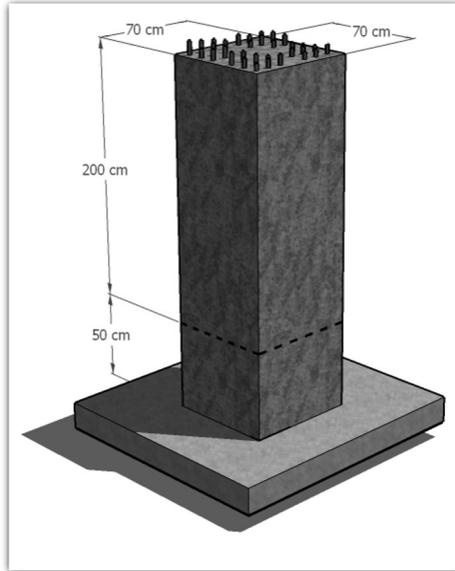
*Concrete International.
ACI, American Concrete
Institute, v. 25, n. 12, p.
64-68, 2003*

**HELENE, Paulo &
HARTMANN, Carine**



72

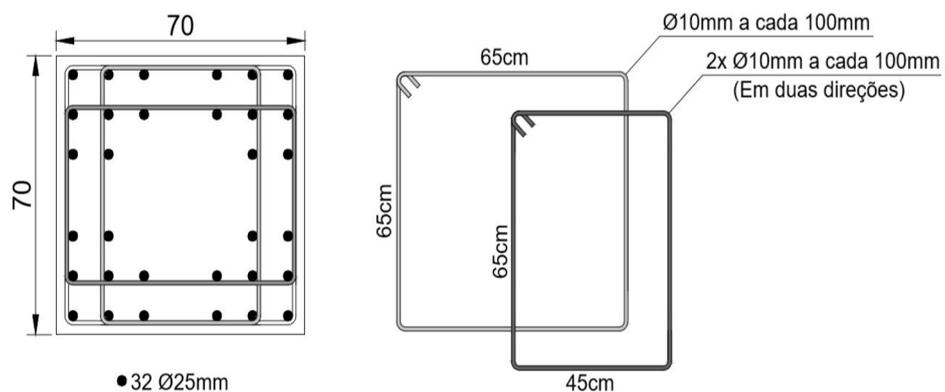
Pilar



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

73

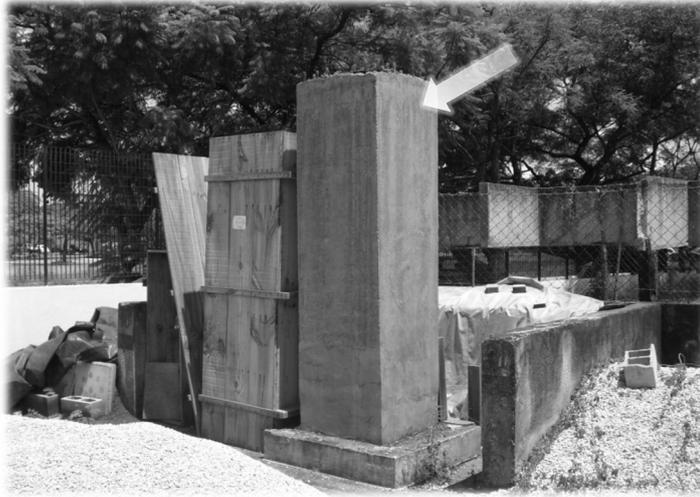
Seção transversal



**geometria e configuração da
armadura**

74

Condições similares às reais
Pilar mantido em ambiente externo



75

Pilar: corte, içamento e transporte



fio diamantado



76

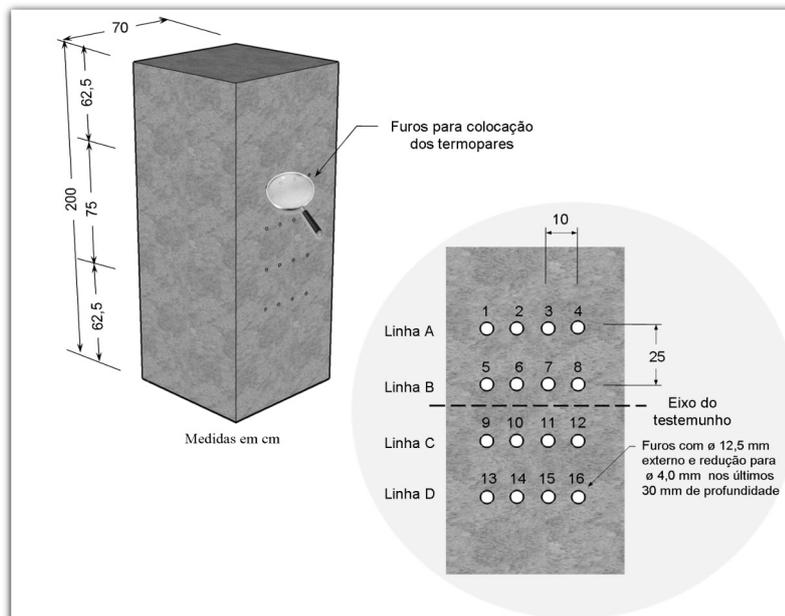
Testemunhos extraídos



Após 8 anos
140 MPa

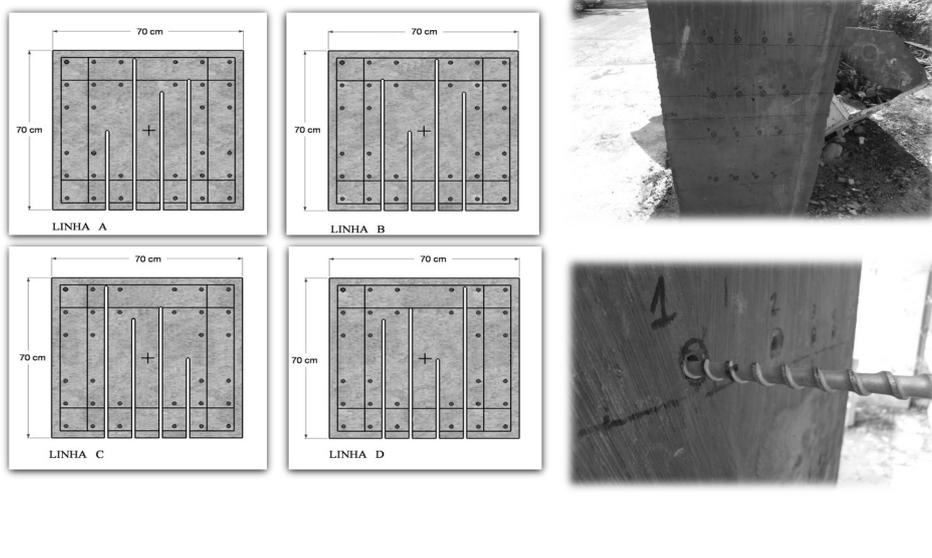
77

Esquema dos termopares



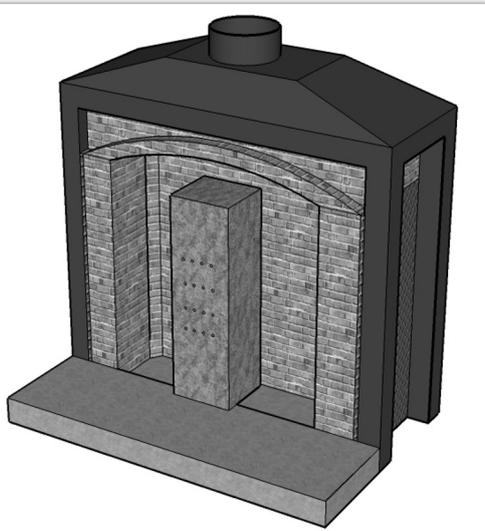
78

posição dos termopares



79

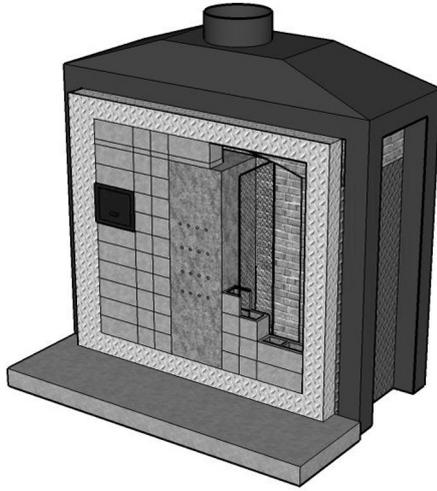
posicionamento no forno



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

80

forno de labareda a gás



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

81



laboratório

82

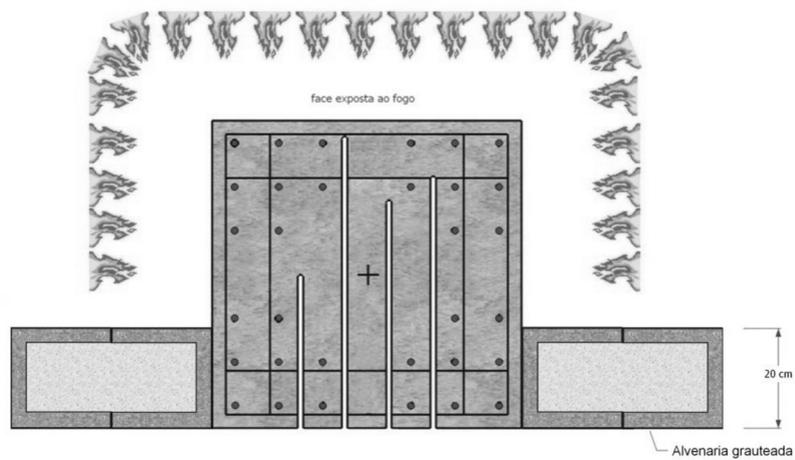
IPT
2010



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

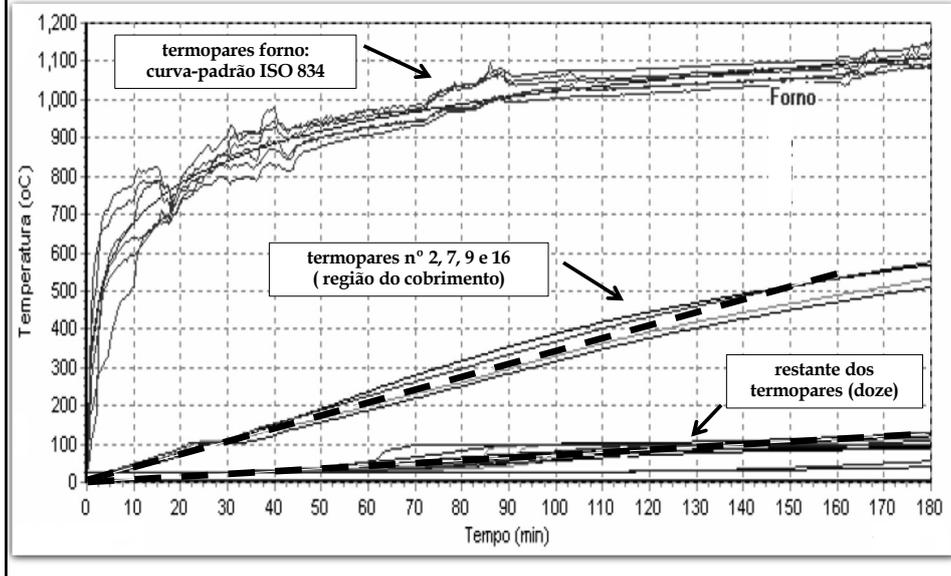
83

esquema da simulação (planta)



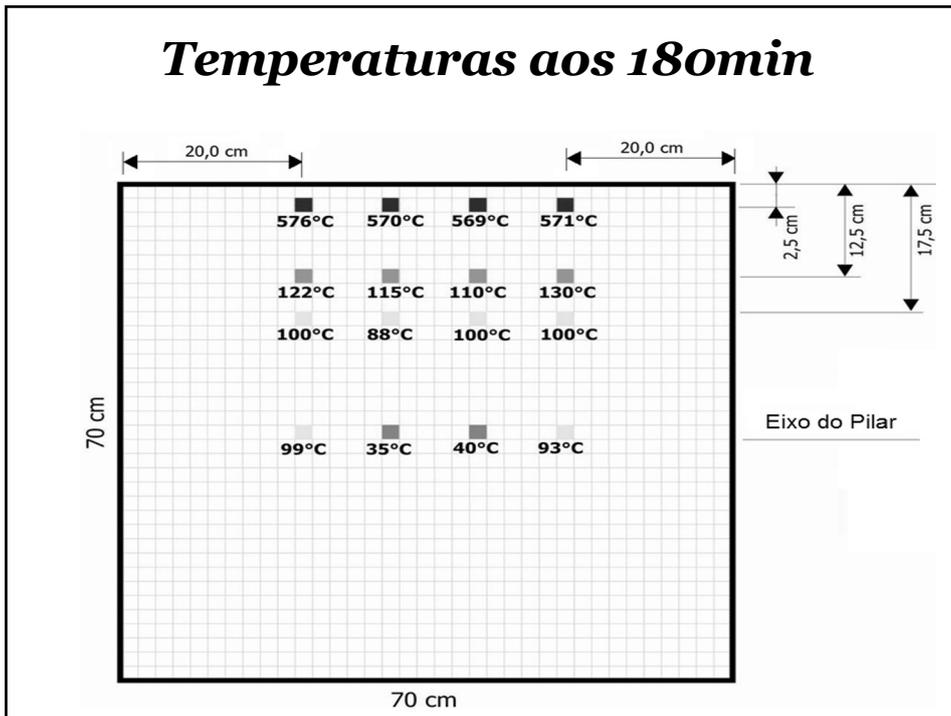
84

Evolução das temperaturas



85

Temperaturas aos 180min



86

Integridade



arestas perfeitas

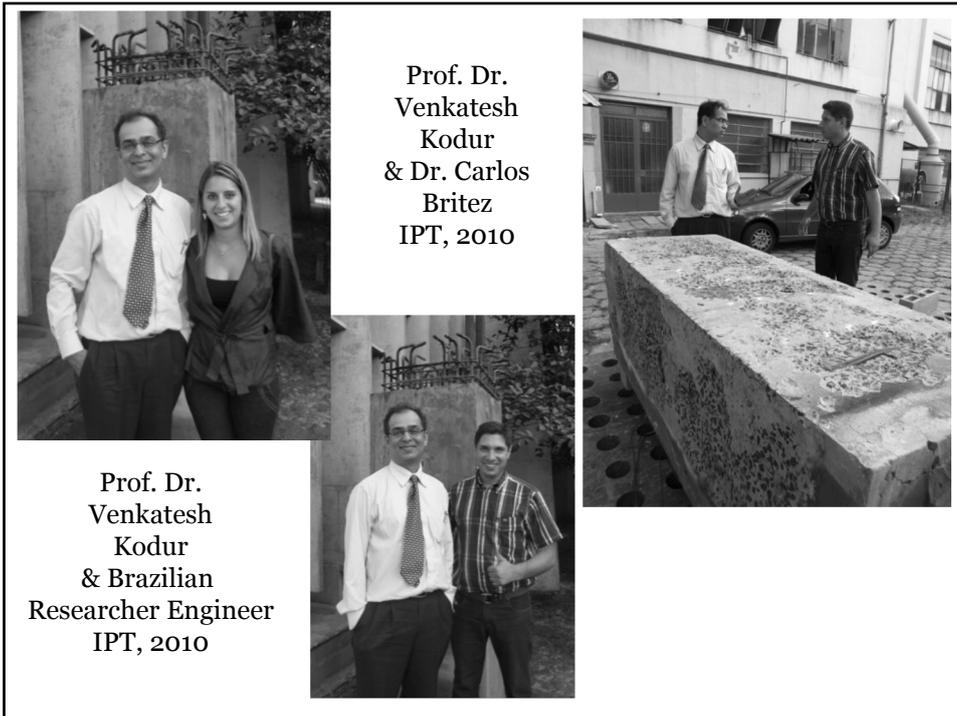
87

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

88



Prof. Dr. Venkatesh Kodur & Dr. Carlos Brites IPT, 2010

Prof. Dr. Venkatesh Kodur & Brazilian Researcher Engineer IPT, 2010

89



90

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)

91



92

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

93

anamnese ***pesquisa***

ROBERTO NOVELLI FIALHO

Edifícios de escritórios na cidade de São Paulo

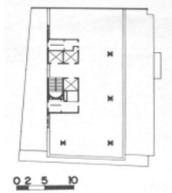
Tese apresentada à FAUUSP para obtenção do título de doutor
Área de concentração: Projeto de Arquitetura
Orientador: Prof. Dr. Rafael A. C. Perrone

SÃO PAULO
2007

94

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.

95

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)

96

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.

97

anamnese
pesquisa

Aleiteia

CURIOSIDADES

A trajetória do prédio que desabou no centro de São Paulo

São Paulo Antiga | Maio 02, 2018



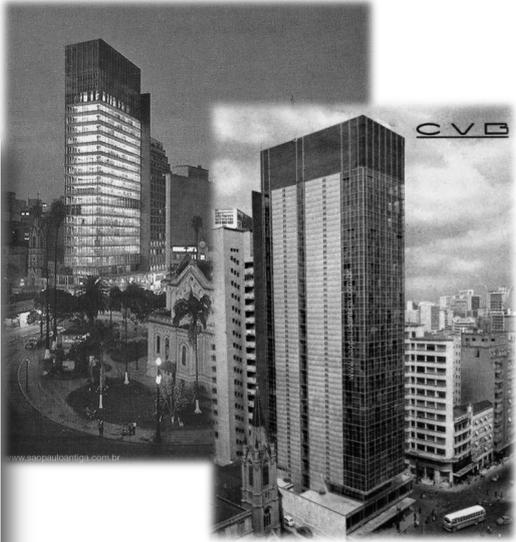
Edifício Wilton Paes de Almeida - Espandópolis

Compartilhar 511    

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

98

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, Andaraus 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.

99

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

100

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



101

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.

102

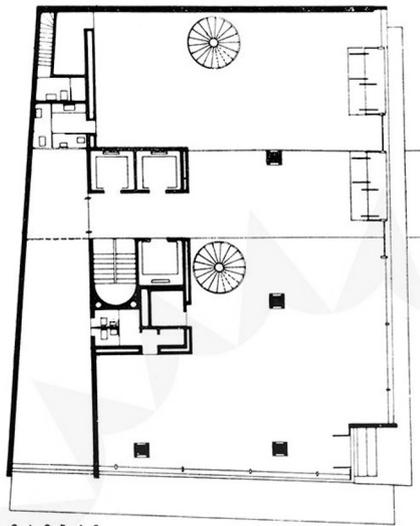
anamnese *pesquisa*



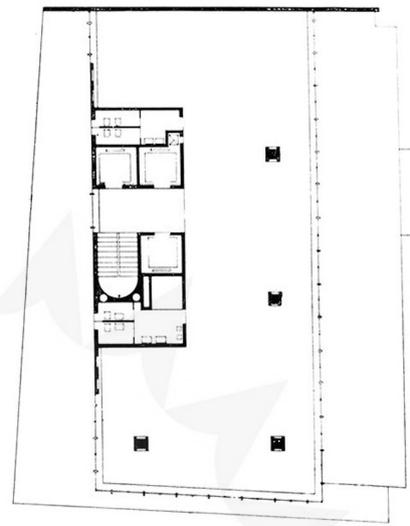
Revista Acrópole Número 323 Ano 27 Novembro 1965

103

anamnese *pesquisa*



Pavimento térreo

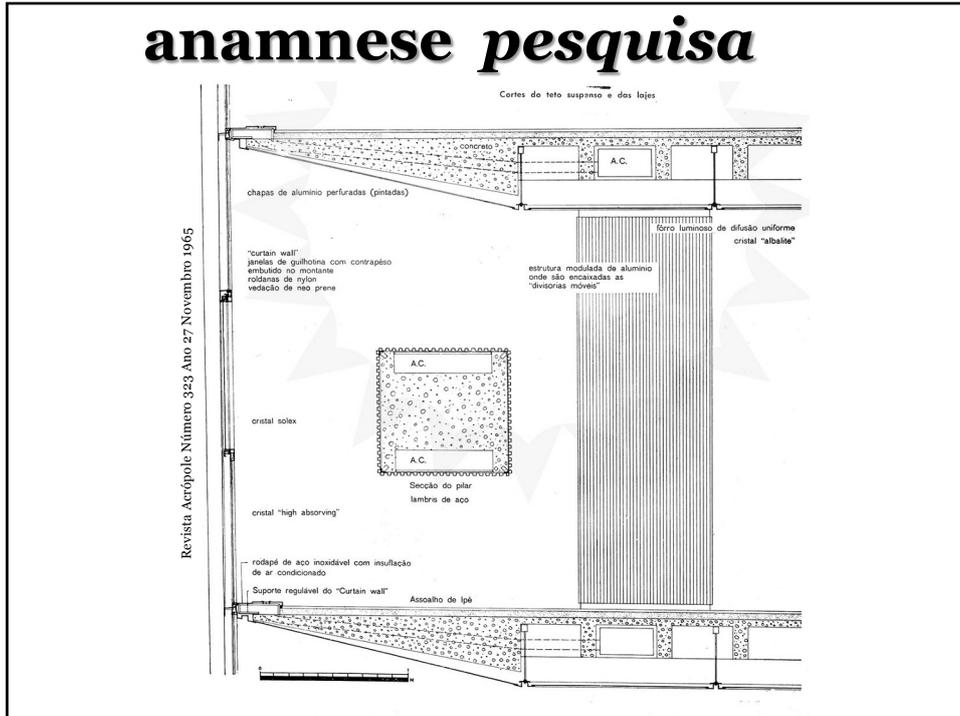


Pavimento tipo

Revista Acrópole Número 323 Ano 27 Novembro 1965

104

anamnese *pesquisa*



105



106



107



108



109

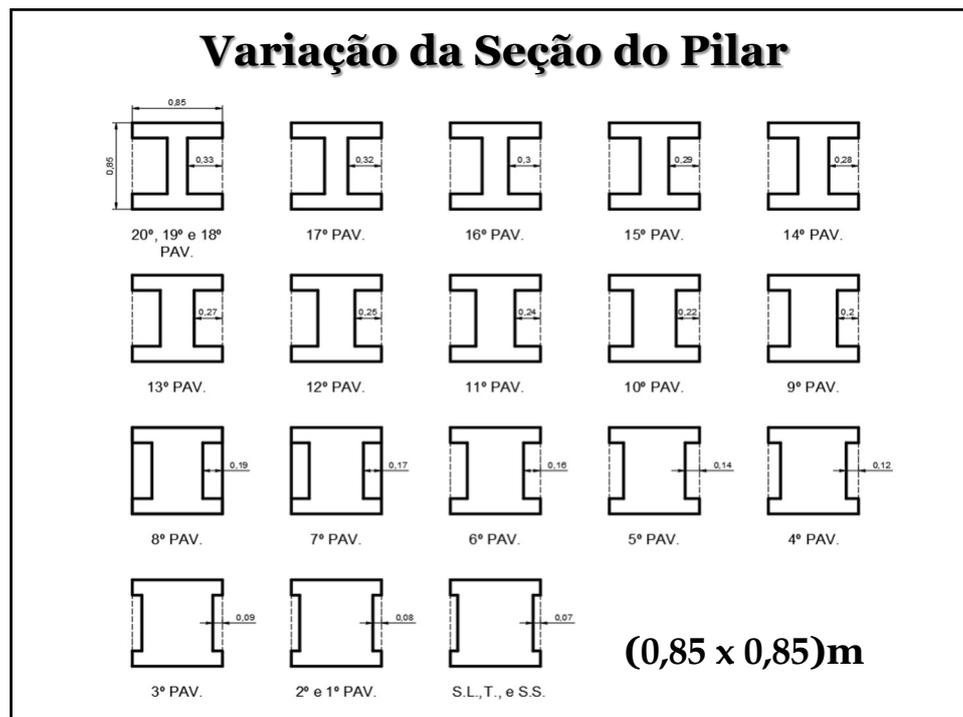


**Estruturas de madeira na casa de
máquinas**

110

Geometria dos pilares

111



112

Histórico



113

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

114

Invasão



115

Invasão



116

Invasão



117

Invasão



118

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)



119

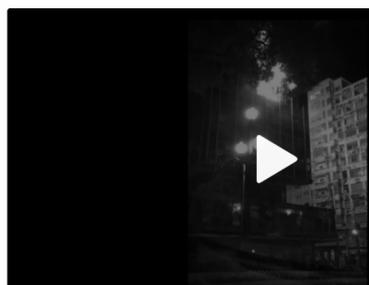
SÃO PAULO

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



120

Início às 1h30 (vídeo)



121

Desabamento às 2h50 (vídeo)



122



123



124

Após o desabamento...



125

Após o desabamento...



126

Após o desabamento...



127

Após o desabamento...



128

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 Municipal
de São Paulo,
SPObras, Secretaria
de Infra estrutura
Urbana e IBRACON
Maio 2018**

129

coleta de amostras para ensaios



IBRACON



130

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



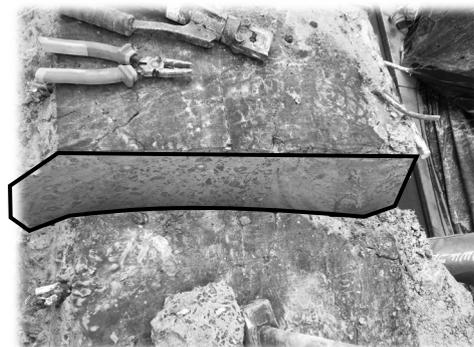
131

preparação da amostra



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

UPM Universidade
Presbiteriana Mackenzie



132

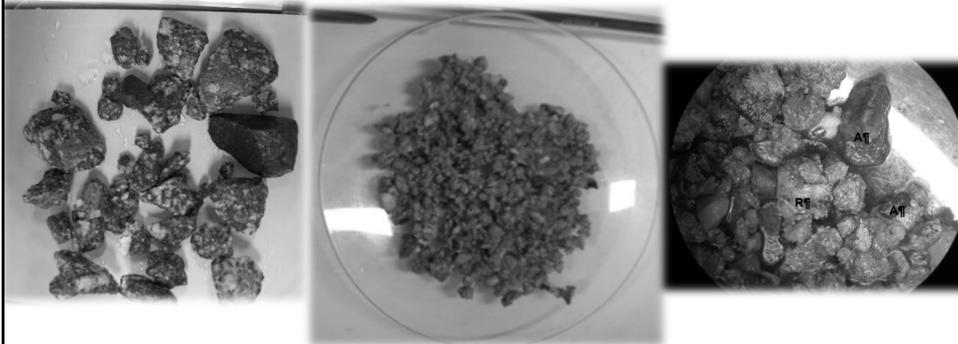
extração de testemunhos



**Universidade
Presbiteriana
Mackenzie
UPM**

133

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

134

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

135

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 Brites
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**

136

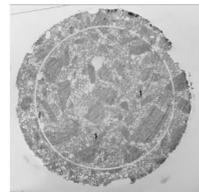
compressão



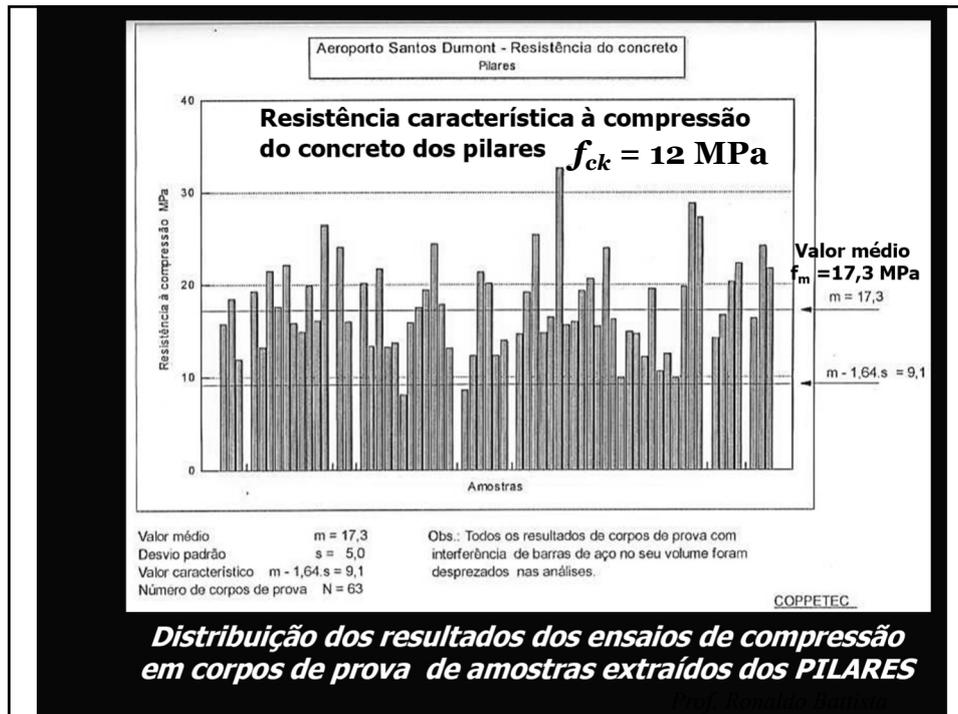
- ✓ ABNT NBR 7680 e NBR 5739
- ✓ Resistência média de 21,8MPa

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

ABCP Associação Brasileira de
Cimento Portland



137



138

tração



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

ABCP Associação Brasileira de
Cimento Portland



139

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.

140

espessura de carbonatação

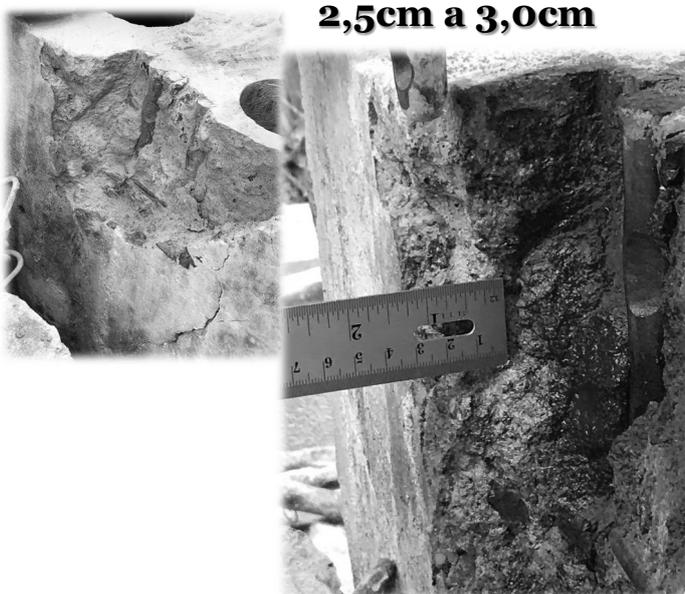


2,5cm a 3,0cm

**Universidade
Presbiteriana
Mackenzie
UPM**

141

espessura de carbonatação



2,5cm a 3,0cm

**Universidade
Presbiteriana
Mackenzie
UPM**

142

armadura

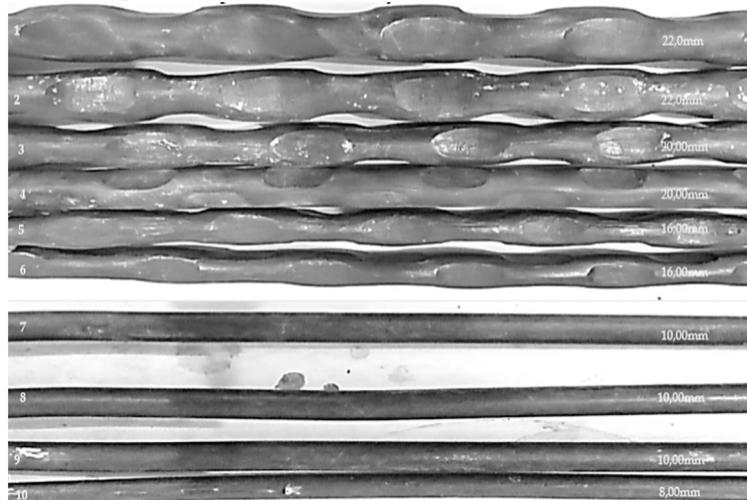
Barras longitudinais entalhadas com bitolas de 22, 20, e 16 mm. CA 60

Barras transversais lisas com bitola de 10 mm

CA 32

Barras complementares lisas com bitola de 8 mm.

CA 32

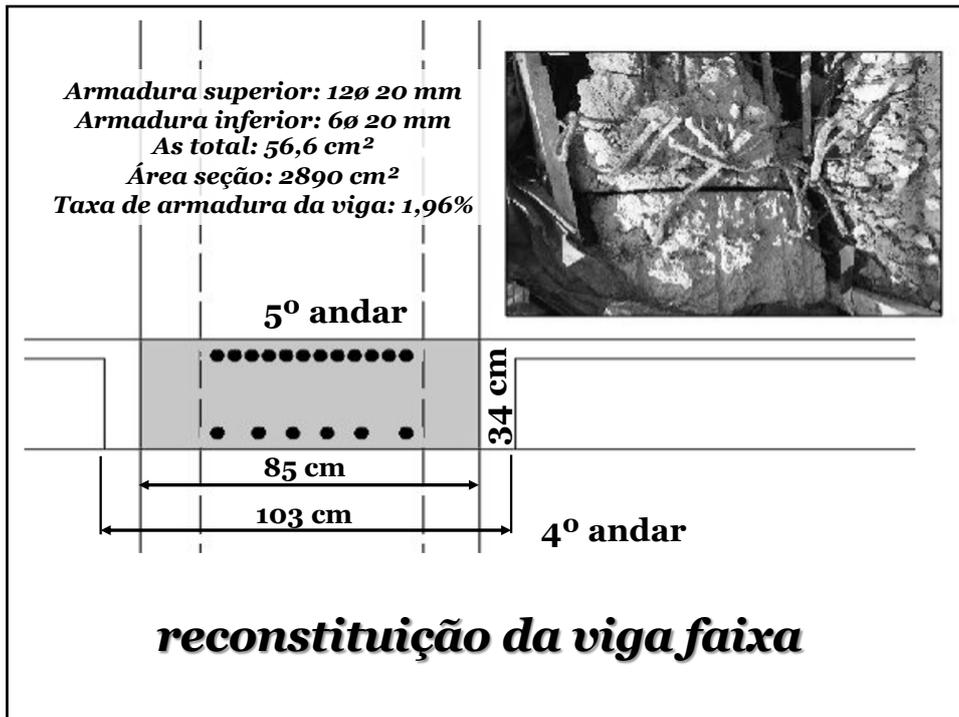


*Laboratórios
da
ArcelorMittal*

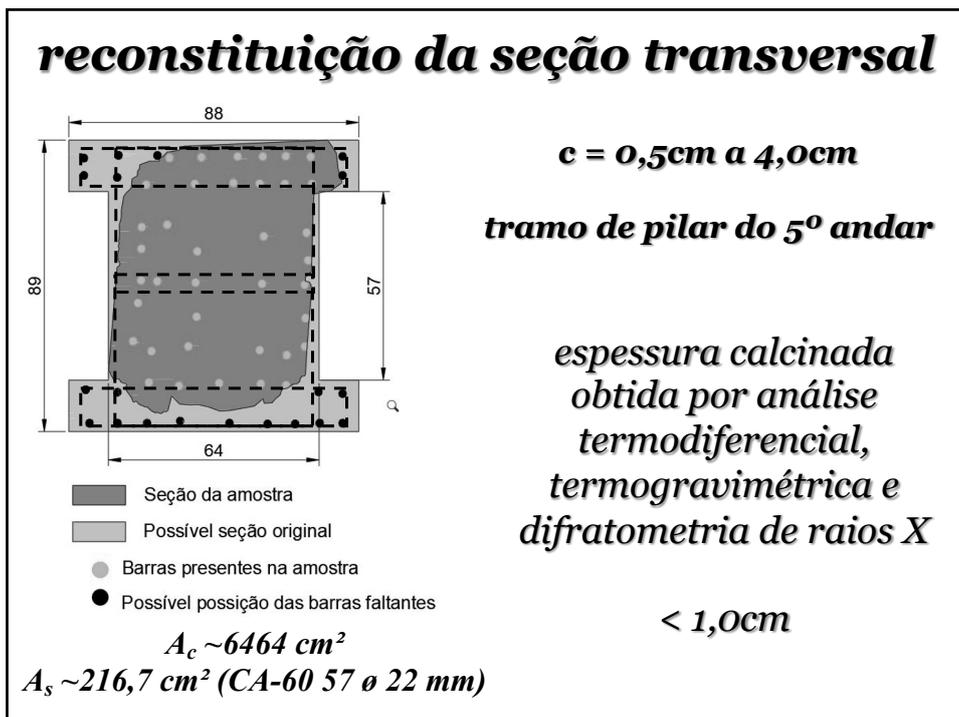
143

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

144



145



146

verificação estrutural

área de influência $\approx 47,4\text{m}^2$

espessura média $\approx 22,9\text{ cm}$

peso próprio = $2.500\text{ kgf/m}^3 \rightarrow 572,5\text{ kgf/m}^2$

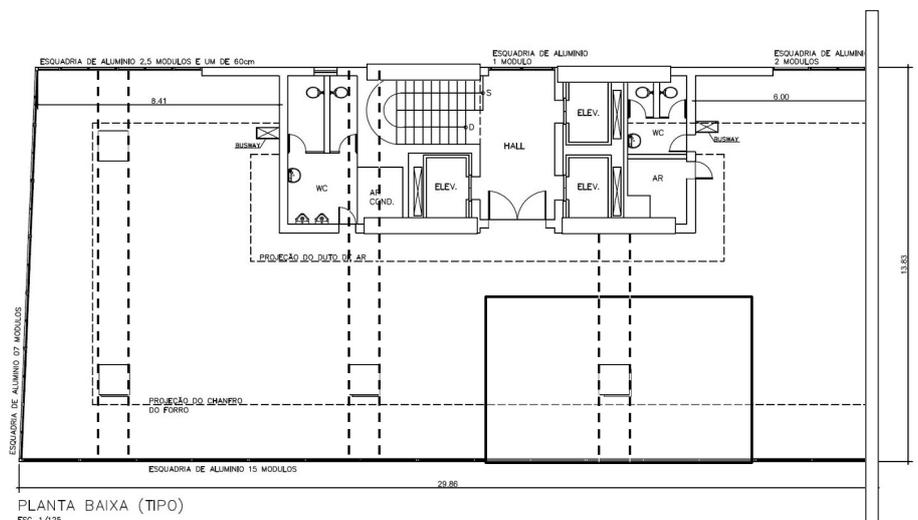
carga permanente estimada $\approx 150\text{ kgf/m}^2$

sobrecarga estimada $\approx 250\text{ kgf/m}^2$

carga total: $972,5\text{ kgf/m}^2$

147

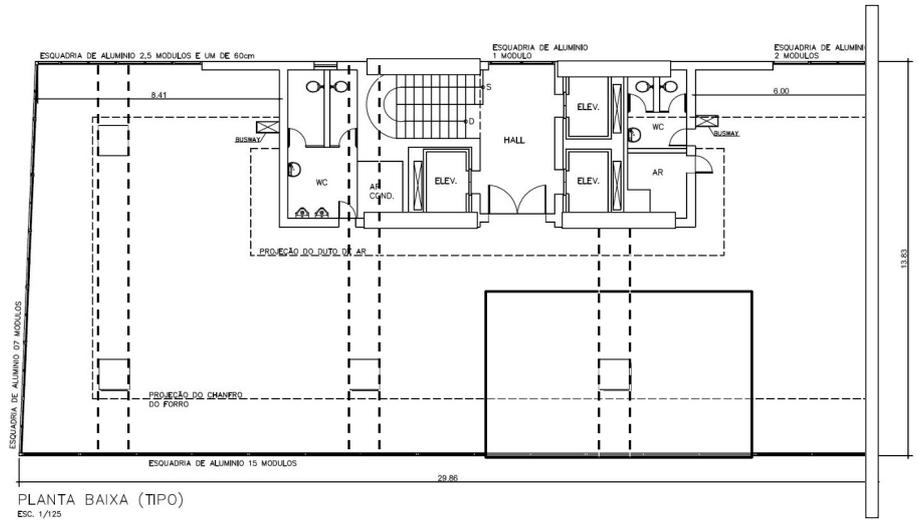
verificação estrutural



área de influência (CAD) = $\sim 47,4\text{m}^2$

148

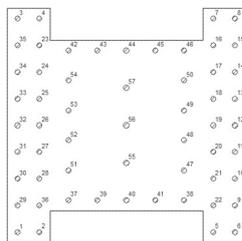
verificação estrutural



Estimado pelos desenhos carga de ~ 46 tf / pav.

149

verificação estrutural



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

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

$$\sigma_{sd} = 21000 \times 2\text{‰}$$

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

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

$$N_d = 13800 \text{ kN ou } 1380 \text{ tf}$$

$$N_k = 9857 \text{ kN ou } 986 \text{ tf}$$

150

verificação estrutural

capacidade do pilar sem momentos:

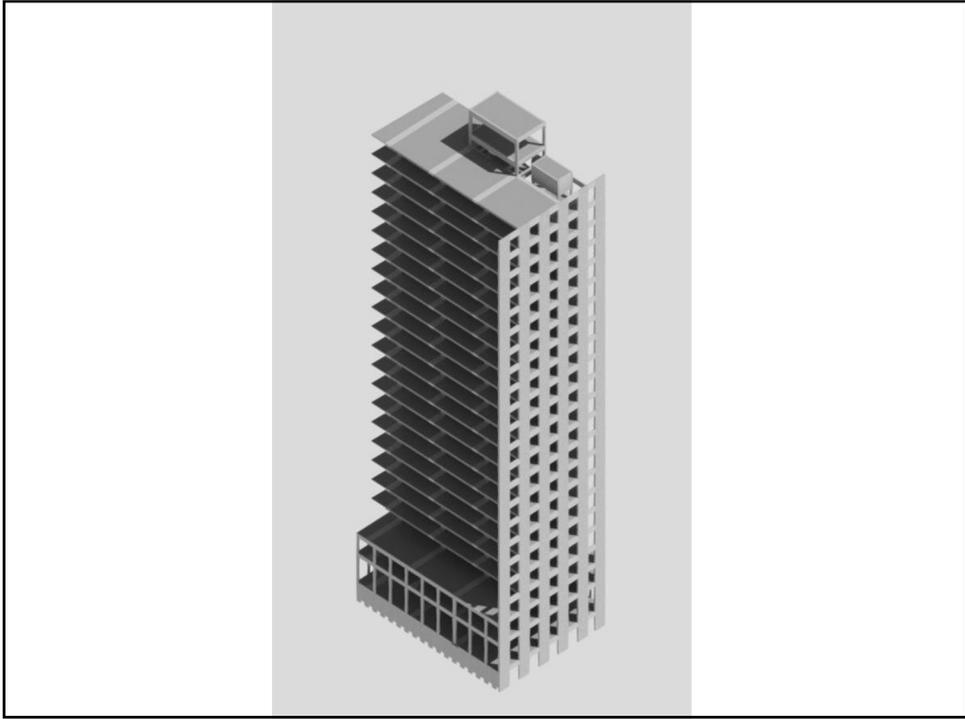
$$N_k \approx 986 \text{ tf}$$

***correspondente a cerca de 20
pavimentos → geometria condiz
com tramo entre 4º e 5º Pav.***

151



152



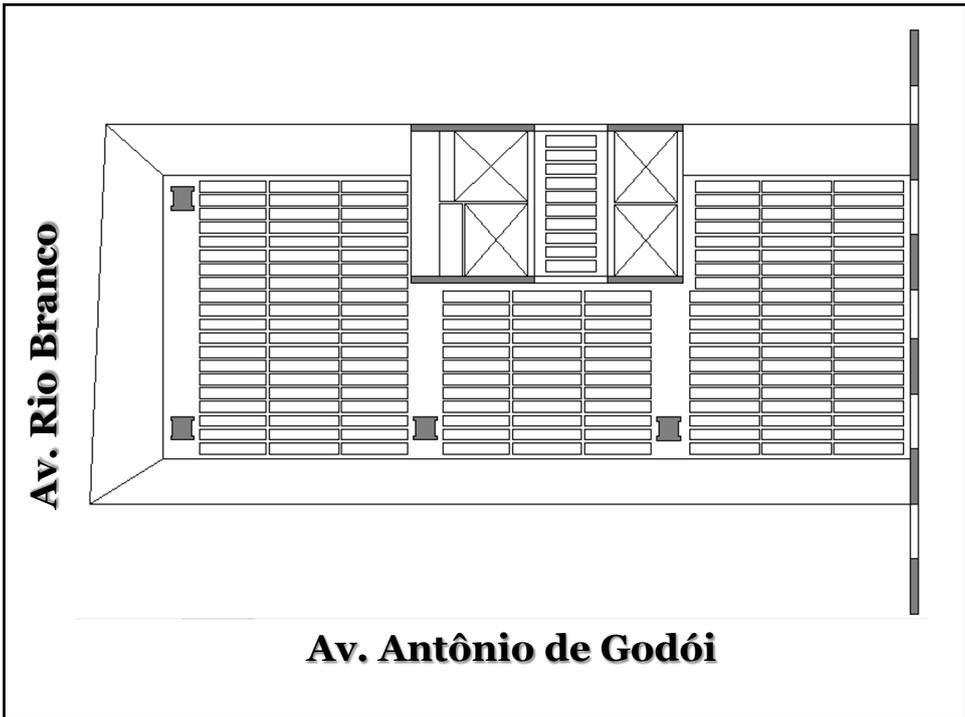
153



154



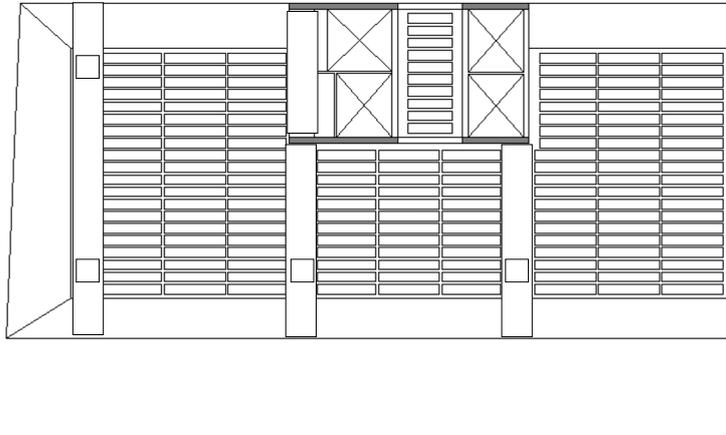
155



156

Vigas Faixa

Av. Rio Branco

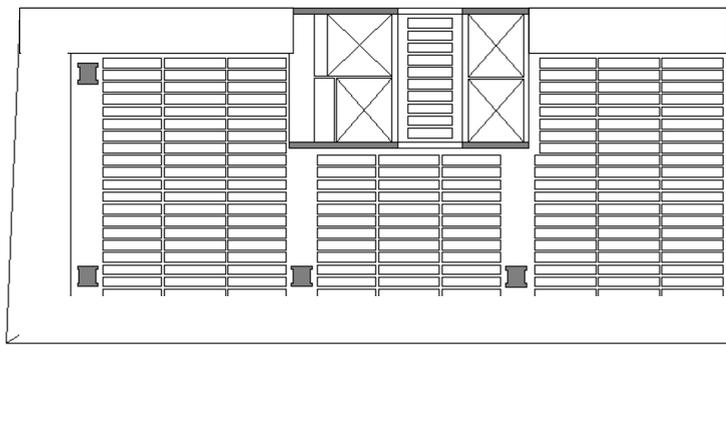


Av. Antônio de Godói

157

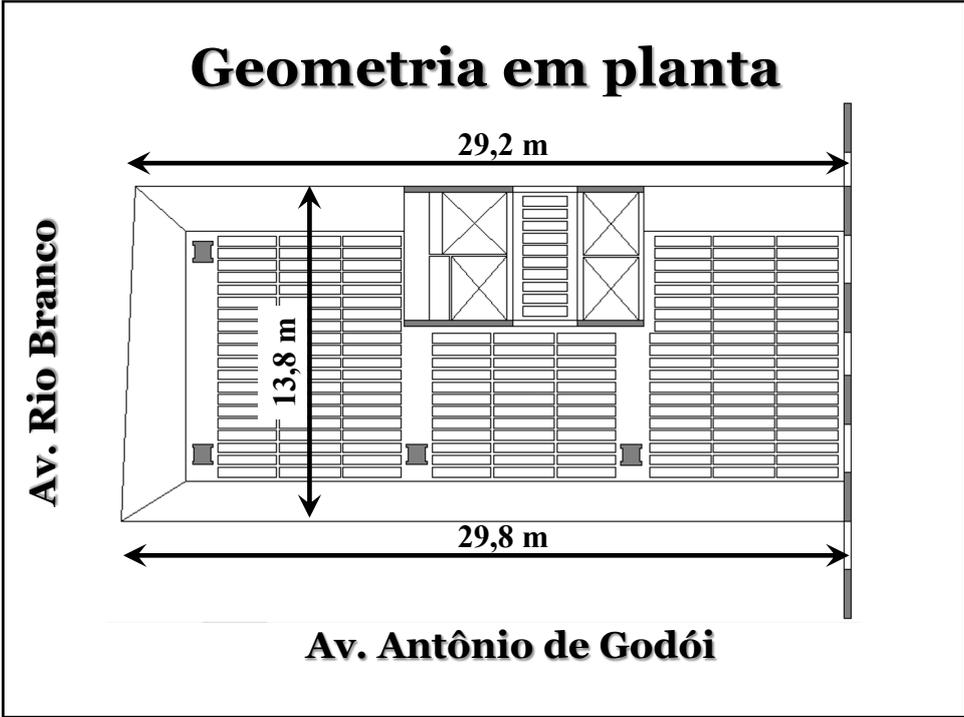
Laje em balanço

Av. Rio Branco

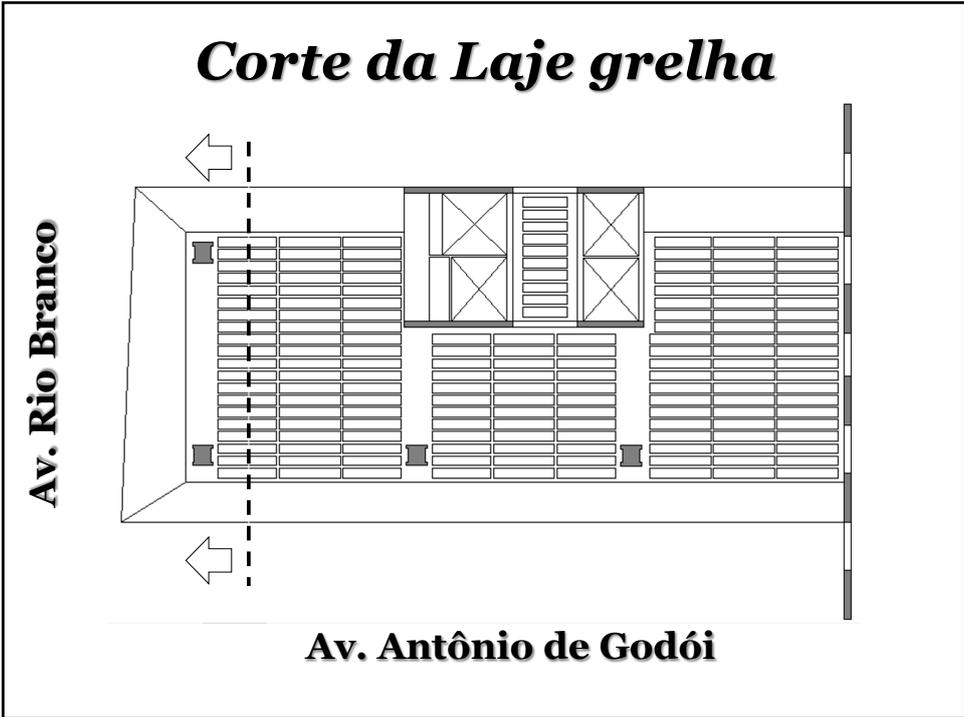


Av. Antônio de Godói

158

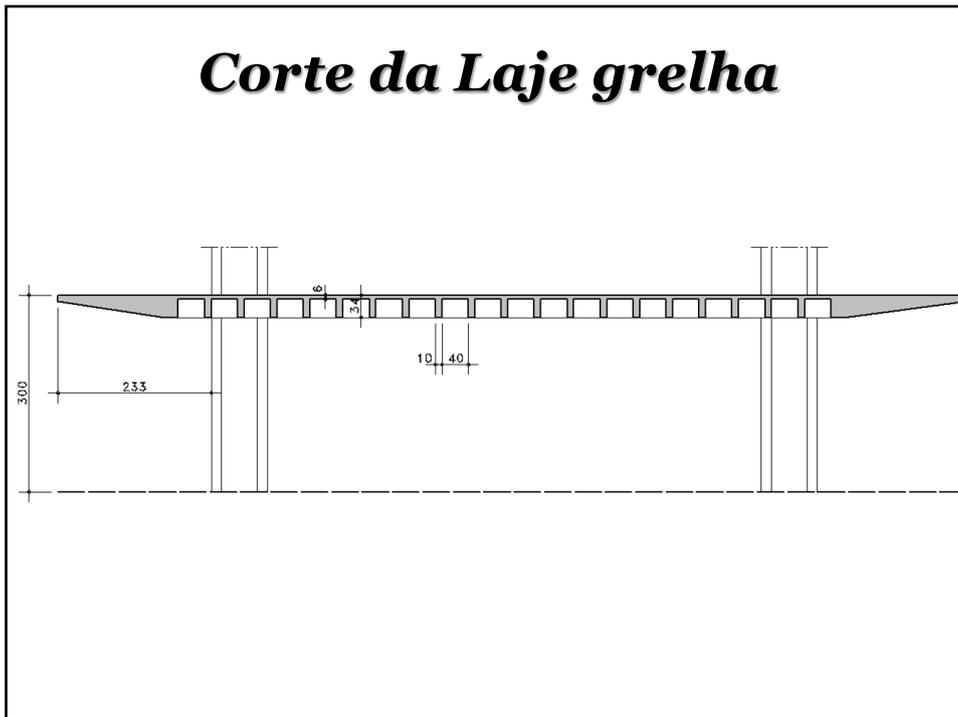


159



160

Corte da Laje grelha



161

Crêterios assumidos

Carga permanente: 150 kgf/m^2 → Baseado no revestimento existente declarado pela SPU (regulariza o + piso de madeira);

Sobrecarga: 250 kgf/m^2 → Baseado nas edifica es da época e relatos da SPU;

Ferramenta de análise: CAD/TQS;

Modelo utilizado: Modelo VI ( nico que “convergiu”);

Adotados cr terios da norma **NB-1:1978** (mais próxima a da época de projeto e também devido a geometria dos elementos estruturais);

Feito um modelo **com vento** segundo a **ABNT NBR 6123:1988** e outro modelo **sem vento** pois nessa época alguns projetistas não consideravam vento;

Feito outro modelo apenas com **varia o térmica** para avaliar os deslocamentos da estrutura devido a dilata o térmica durante o incêndio;

Estabilidade Global avaliada via processo P-Delta.

162

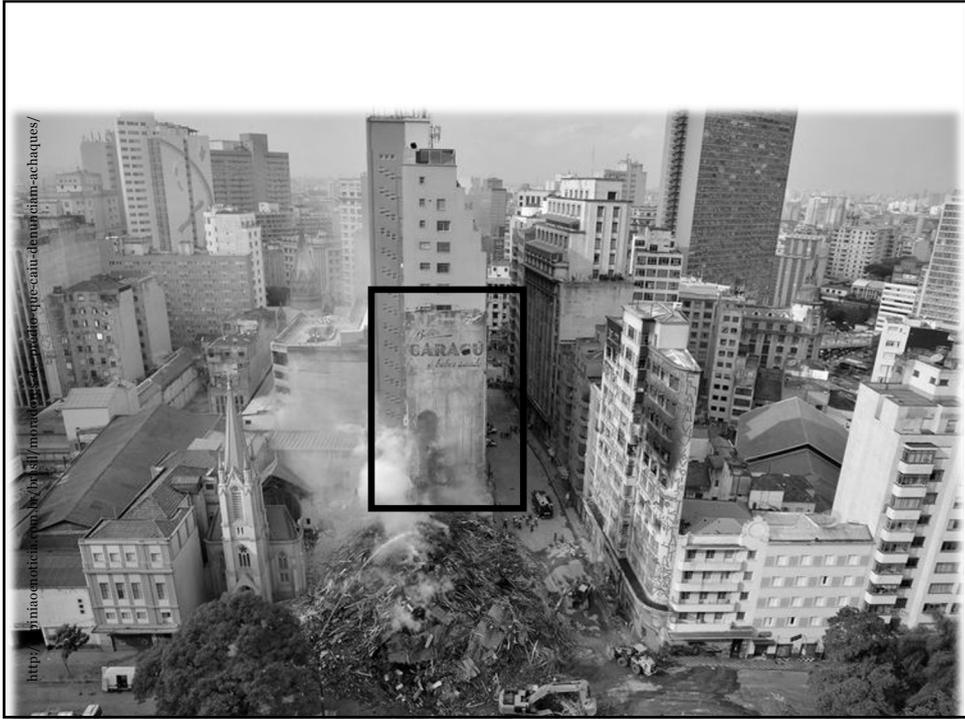
DESLOCAMENTOS ÚLTIMOS

***Modelo ELU com
variação térmica
sem vento***

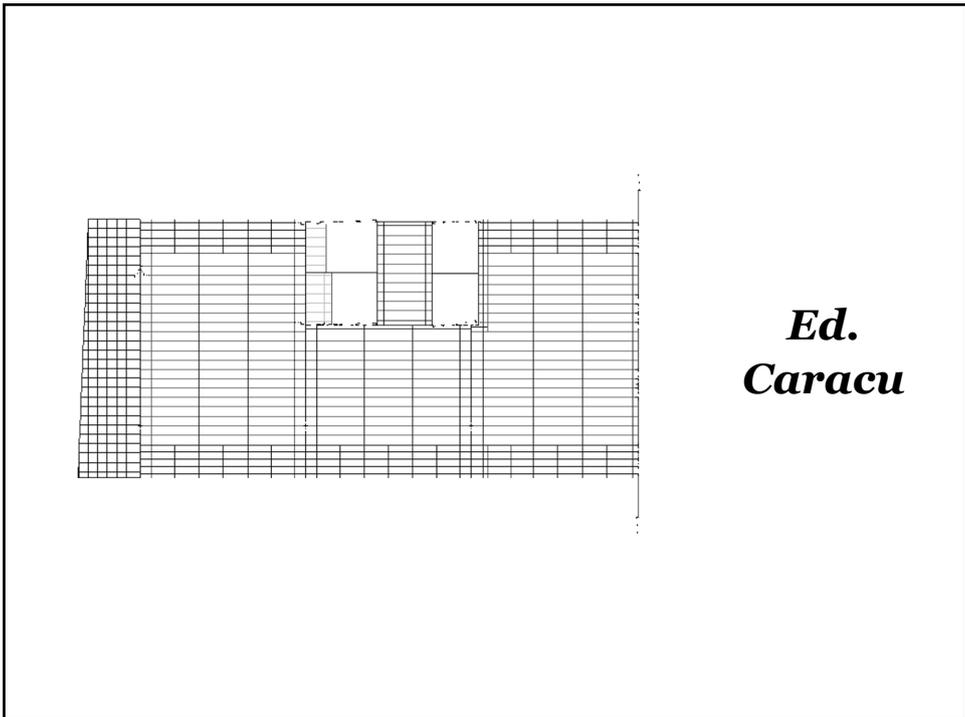
163



164

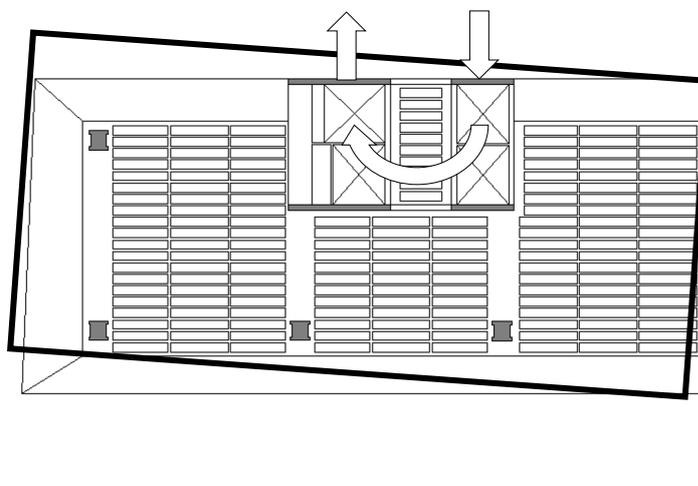


165



166

Hipótese da mecânica do colapso



167

Variação de 200° C:

ELS -> 21 cm

ELU -> 28 cm

Variação de 500° C:

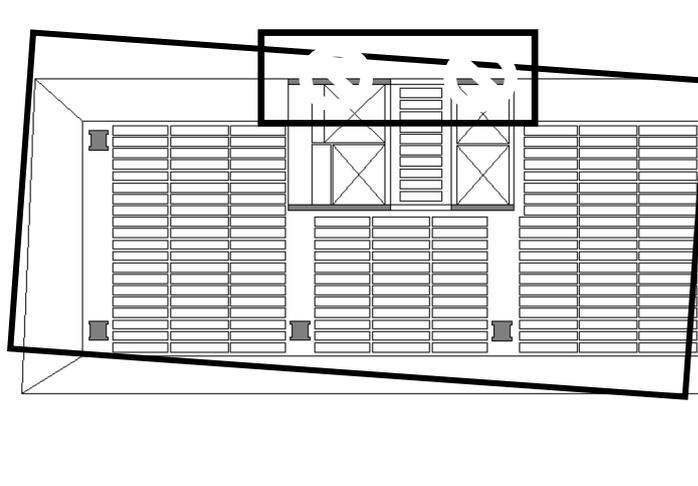
ELS -> 36 cm

ELU -> 58 cm

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

168

Hipótese da mecânica do colapso



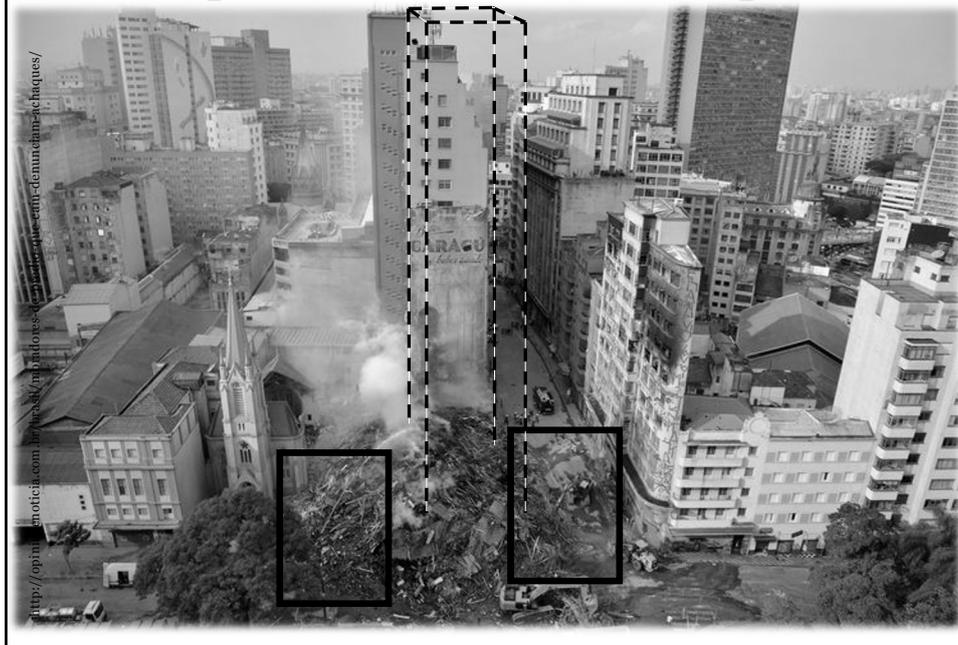
169

Hipótese da mecânica do colapso



170

Hipótese da mecânica do colapso



171

**Edifício
Av. Rio Branco
em frente à igreja
“pele de vidro”**



172

FOLHA DE S. PAULO

DESDE 1921 *** UM JORNAL A SERVIÇO DO BRASIL

DIRETOR DE REDAÇÃO: OTAVIO FRASS FILLARDI SEXTA-FEIRA, 11 DE MAIO DE 2018 EDIÇÃO SP/DF CONCLUÍDA À NOITE - R\$ 4,00

Geisel avalizou execuções na ditadura, diz documento

Documento de 1974 libera polígono assassino construído que, segundo relato de chefe da CIA, o ex-presidente Ernesto Geisel avalizou execuções em uma prisão sob supervisão de militares de alto escalão da ditadura militar no Brasil. O texto, publicado em 2017, foram divulgados pelo jornalista da Folha Matias Spektor após as



Lairte Codomo, sócio da Dolly, segura cartaz alusivo a concorrente Coca-Cola, que disse não ocorrer processos em que não esteja envolvido.

Sócio da Dolly é preso sob suspeita de fraude fiscal

Um dos sócios da empresa de refrigerantes Dolly, Lairte Codomo, foi preso preventivamente em São Paulo. Ele é acusado de fazer esquema de fraude que envolvia a Dolly e um imposto não pago. Sua defesa contesta a prisão preventiva e afirma que recorreu.

Governador de SP acerta medidas visando eleições

Marcelo Frota, governador de São Paulo, anunciou nesta quinta-feira (10) a transição de governo de seu governo. Ele anunciou que a primeira medida será a criação de uma comissão para investigar o caso de um empresário que teria sido beneficiado pelo governo de seu pai.

SP tem 25 mil edifícios fora de regra mais dura antifogo

47% dos prédios da capital paulista foram construídos antes de incidir no Ioelma (1974), que levou a mudança nas normas

De todos os prédios de São Paulo, 47% foram construídos antes de incidir no Ioelma (1974), que levou a mudança nas normas. Isso significa que mais de 25 mil edifícios não atendem às regras atuais de segurança contra incêndio. O governo estadual anunciou que vai implementar uma nova legislação para garantir a segurança dos cidadãos.

Trump e Kim se reunirão em 12 de junho

O presidente dos Estados Unidos e o líder norte-coreano se reunirão em 12 de junho em Singapura para discutir a situação da Coreia do Norte.

Grupos p. a. Vite lugares na cidade para comer com os seus filhos ou levar a sua mãe

Grupos de pais e mães estão organizando eventos para garantir que os filhos tenham lugares para comer em restaurantes e outros locais públicos.

Saúde R7 Criado por brasileiro, medicamento para medula prescrito no cérebro chega a hospital

Um medicamento desenvolvido por um brasileiro para tratar doenças da medula espinhal chegou a um hospital em São Paulo.

173

cotidiano

FOLHA DE S. PAULO *** SEXTA-FEIRA, 11 DE MAIO DE 2018

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

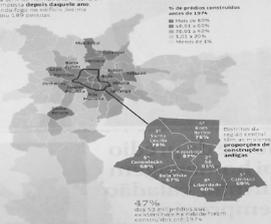
Das 53 mil edificações da cidade, 24,7 mil foram construídos em período anterior à tragédia do Ioelma, em 1974

Quase metade dos prédios de São Paulo foi construído antes de 1974

Uma análise de registros de construção em São Paulo mostrou que quase metade dos edifícios da cidade foram construídos antes de 1974, o ano em que o Ioelma ocorreu. Isso significa que mais de 25 mil prédios não foram submetidos às rigorosas normas de segurança contra incêndio estabelecidas após a tragédia.

Os dados foram obtidos a partir de registros do Departamento de Edificações do Município de São Paulo. A análise revelou que, embora o número de novas construções tenha aumentado significativamente desde 1974, o parque imobiliário da cidade ainda é composto por uma grande quantidade de edifícios antigos, muitos dos quais não atendem às atuais exigências de segurança.

Os especialistas alertam para a necessidade de uma maior fiscalização e atualização das normas de segurança para garantir a proteção dos cidadãos que vivem e trabalham em edifícios antigos.



Mapa de São Paulo com pontos de construção de prédios.

Os pontos no mapa representam a localização de prédios construídos em diferentes regiões da cidade. A densidade dos pontos é maior no centro e em áreas urbanizadas, indicando uma alta concentração de edifícios antigos.

Condenações recuam a mudança por causa de preço das reformas

Condenações recuam a mudança por causa de preço das reformas. Muitos proprietários de edifícios antigos não conseguem arcar com os custos elevados das obras necessárias para adequar os prédios às normas atuais de segurança.

Trabalhadores protestam por mudança de regras

Trabalhadores protestam por mudança de regras. Alguns setores da indústria e do comércio estão preocupados com o impacto das novas regulamentações de segurança, que podem aumentar os custos operacionais e afetar a competitividade.

Polícia investiga caso de morte em prédio

Polícia investiga caso de morte em prédio. Um caso de morte em um edifício residencial em São Paulo está sendo investigado pela polícia. O incidente ocorreu em um apartamento antigo, e as autoridades estão tentando determinar as causas da tragédia.

Incêndio em prédio de luxo

Incêndio em prédio de luxo. Um incêndio ocorreu em um edifício de alto padrão em São Paulo, causando danos materiais e afetando a segurança dos moradores. As autoridades estão trabalhando para conter o fogo e investigar as causas.

174

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?

175

Lições aprendidas (medidas)

- 1. Projeto Executivo Arquitetura (Prefeitura);**
- 2. Projeto Executivo Estrutural ou projeto “as built” no (*Habite-se*);**
- 3. Inspeção Periódica;**
- 4. Proteção Passiva e Ativa obrigatória;**
- 5. Redundância & Robustez no projeto**

176

Obrigado !

Prof. Alfonso Pappalardo Júnior
Geol^a, MSc. Ana Livia Silveira
Dr. Antonio Fernando Berto
Sr. Antonio Paulo Pereira
Geol. Arnaldo Forti Battagin
Prof. Bernardo Tutikian
Eng. Dr. Carlos Brites
Sr. Cesar Augusto dos Santos
Eng. MSc. Douglas Couto
Perito Edgar Rezende Marques
Sr. Eduardo Antonio Franca
Prof. Enio Pazini Figueiredo
Sr. Francisco Pereira Souza
Sr. Gustavo de Andrade Silva
Eng^a. Jéssika Pacheco
Eng. Jefferson Dias de Souza Junior
Sr. José Luiz de Moraes Andrade
Eng. José Luiz Varela
Sr. Lázaro de Castro

Eng. Leandro Coelho
Sr. Luiz Adauto Moraes Mazarin
Prof^a. Magda Salgueiro Duro
Sr. Matheus Moreira
Sr. Mauricio Brun Bucker
Perita Mônica Bernardi Urias
Sr. Nelson Candido Rosa
Major Oscar Samuel Crespo
Prof. Oswaldo Cascudo
Eng. Me. Pedro Bilesky
Dr. Rogério Cattelan de Lima
Sr. Ronald M. Nascimento
Prof. Sérgio Lex
Prof. Simão Prizskulnik
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

177

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 / 4823

55.11.9.5045.4940

178