



CEIMRE
UPE

*Prof. Carlos Welligton
Coordenador*

Colapso do edifício Wilton Paes de Almeida, São Paulo

Paradoxo Instrutivo



Recife, 22 de abril de 2025

Prof. Paulo Helene
*Diretor PhD Engenharia
Diretor Vice-Presidente do IBRACON
Prof. Titular Universidade de São Paulo
Fundador e Ex Presidente ALCONPAT Internacional
Deputy-Chairman fib (CEB-FIP) Model Code for Service Life Design
Conselheiro da CNTU, SEESP, ABNT e PMSP*

1

Mortes em situação de Incêndio

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

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

2

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

3

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 14:04 - Atualizado há 2 horas





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

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

4



5

Incêndio ou Fogo nas Estruturas

... utilizarei o caso do colapso do edifício Wilton Paes de Almeida em SP, em 01.05.2018, para discutir o paradoxo desse colapso, apresentando e conceituando vários temas sobre o comportamento do concreto e de suas estruturas frente a altas temperaturas.

Ressalva: Esta apresentação é apenas para fins educacionais. As hipóteses, opiniões e pontos de vista expressos nesta apresentação representam a opinião do autor e não representam uma posição oficial ou legal do poder público, do IBRACON, da PhD Engenharia, da USP, da ALCONPAT, da UPE, ou de qualquer uma das partes envolvidas neste colapso. Também esta apresentação não é um aconselhamento jurídico e nem um laudo ou parecer técnico judicial. Também não pode ser reproduzida sem autorização do autor.

Descargo de responsabilidad: Esta presentación es solo para fines educativos. Las hipótesis, opiniones y puntos de vista expresados en esta presentación representan la opinión del autor y no representan una posición oficial o legal del gobierno, IBRACON, PhD Engenharia, USP, ALCONPAT, UPE, o cualquiera de las partes involucradas en este colapso. Además, esta presentación no es un asesoramiento legal ni un informe judicial. También no puede ser reproducida sin autorización del autor.

6



Edifício Wilton Paes de Almeida –
Foto: Javam Alves/Fotos Públicas-CC

Prédio da década de 60, que desabou em São Paulo, era patrimônio histórico

03/05/2018

O edifício Wilton Paes de Almeida, consumido pelo fogo, foi projetado em 1961 pelo arquiteto Roger Zmekhol, e era considerado um marco da arquitetura modernista. Segundo o projeto original do edifício, sua estrutura teria pilares metálicos, de aço, e não de concreto armado como tem sido visto nas imagens divulgadas pela imprensa de seus escombros. Isto explicaria por que o

prédio teria desabado tão rápido, em apenas uma hora e vinte minutos. Segundo o professor Paulo Helene, especialista em patologia das construções, da Escola Politécnica da USP, em situações similares o prédio não costuma colapsar, ou seja, cair por causa do incêndio. O professor lembra que na década de 70 dois grandes incêndios ocasionaram mudanças nas adequações dos edifícios para aumentar sua segurança. No entanto, as construções anteriores, das décadas de 60 para baixo,



Edifício Wilton Paes de Almeida
– Foto: Javam Alves/Fotos
Públicas-CC

7



Fonte: Google Earth Pro / Marcos Carnáuba

Google Earth

8



9



10

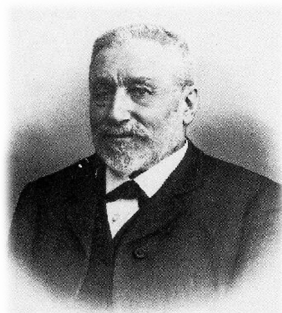
Paradoxo!

- 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?

11

Concreto Armado: como começou? *propaganda da época*

patente na Bélgica
do concreto
armado em
8 agosto de 1892



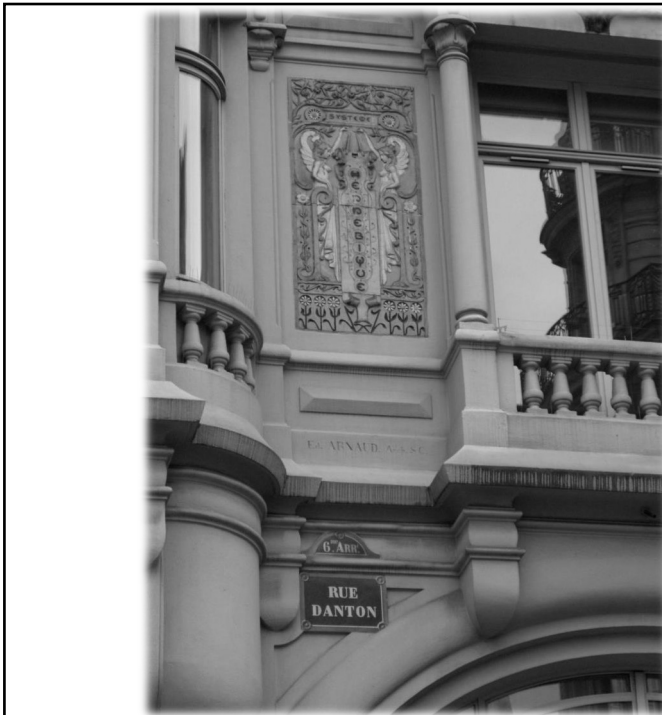
**François
Hennebique**
1842-1921 (78 anos)

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

12



Système Hennebique

Paris, Rue Danton, 1

7 andares

França 1.900

30m

$f_{ck} = ?$

123 anos !

*edifício em concreto
armado mais antigo do
mundo*

13



14



15



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

16



17

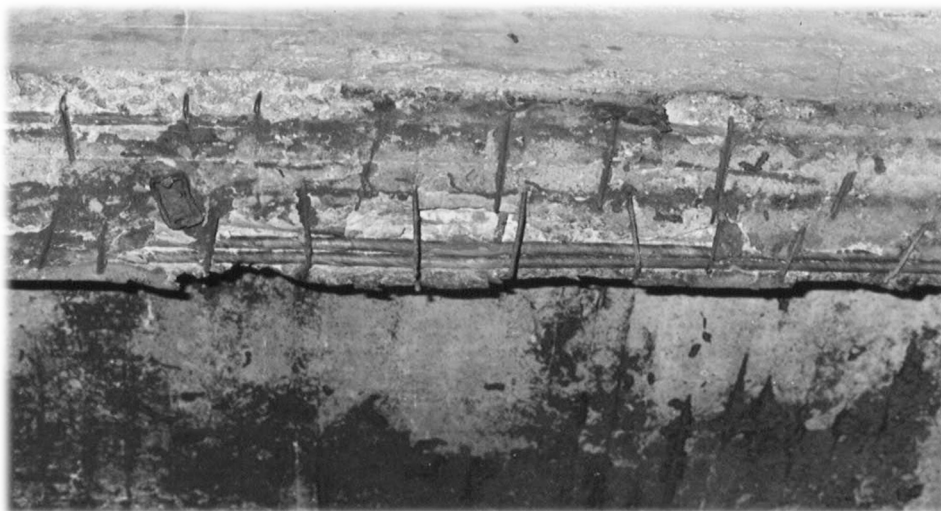


18



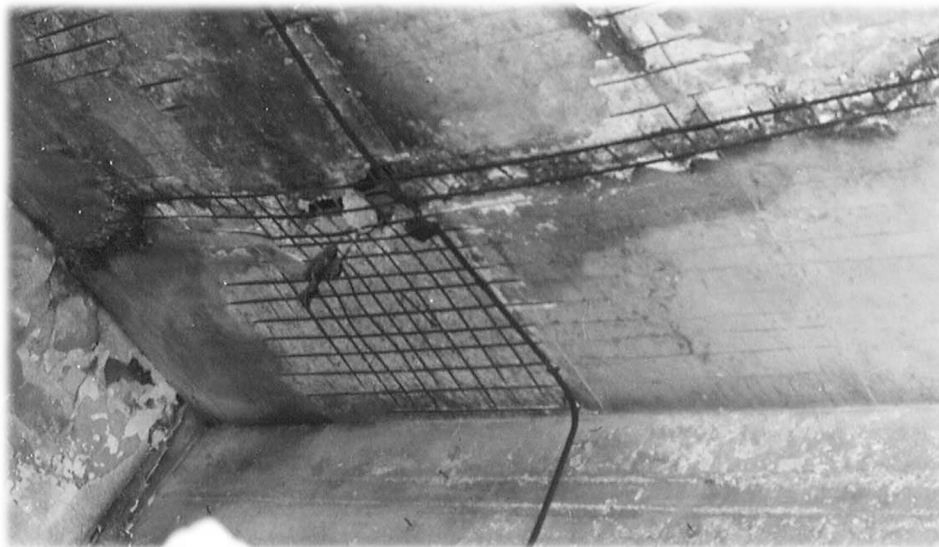
**aspecto
típico dos
pilares pós
incêndio**

19



aspecto típico das vigas

20



aspecto típico das lajes

21



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***

22



23



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#_=_

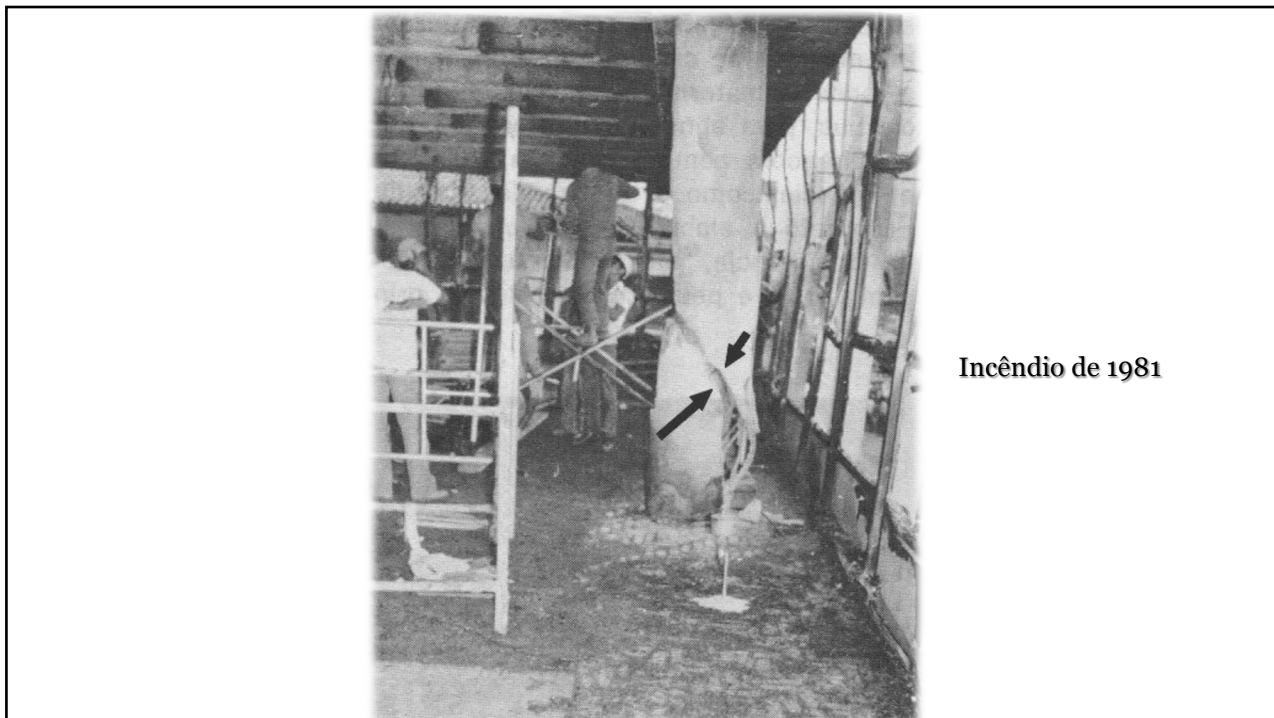
24



25



26



Incêndio de 1981

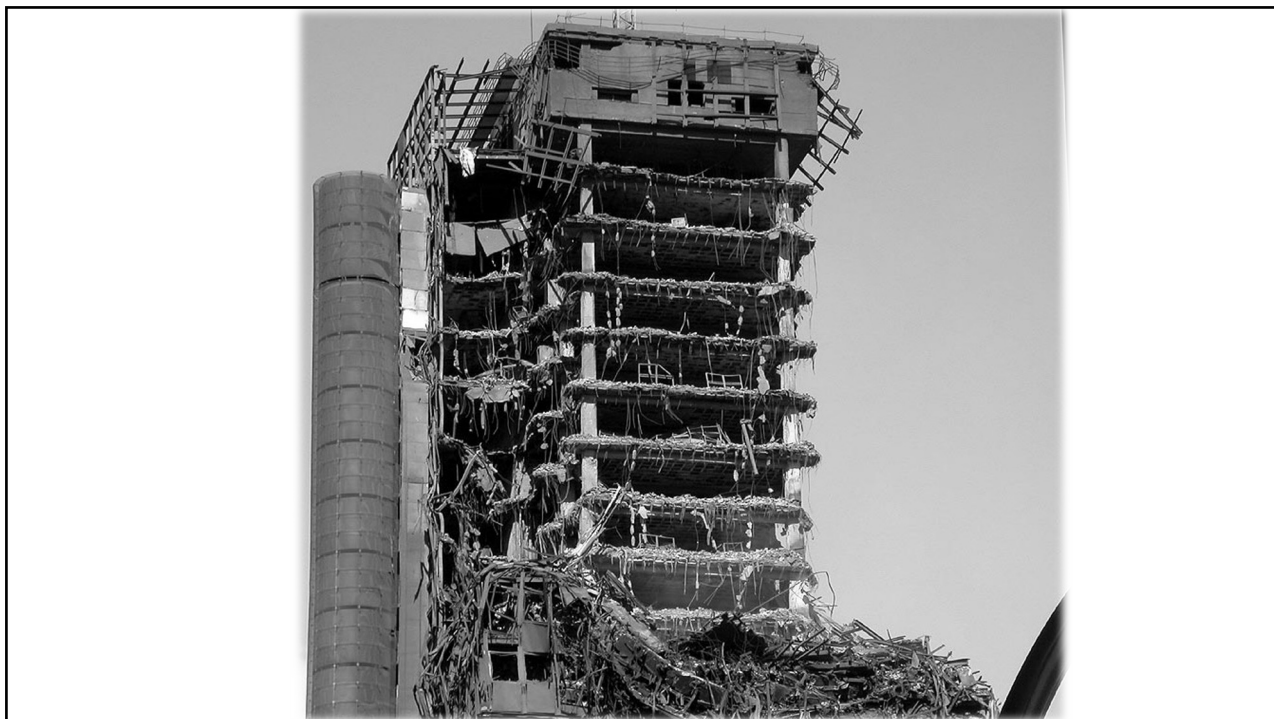
27



28



29



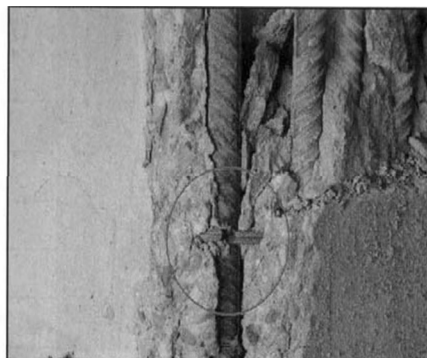
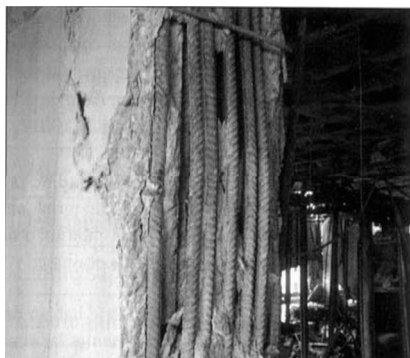
30



31



32



“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.

33



Parque Central Torre Torre Leste

Caracas, Venezuela

2004

**Estrutura de concreto
armado**

221 m, 56 andares

Construção: 1979

Incêndio: 17.10.2004

Duração: 20h

Zona sísmica: IV

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

34

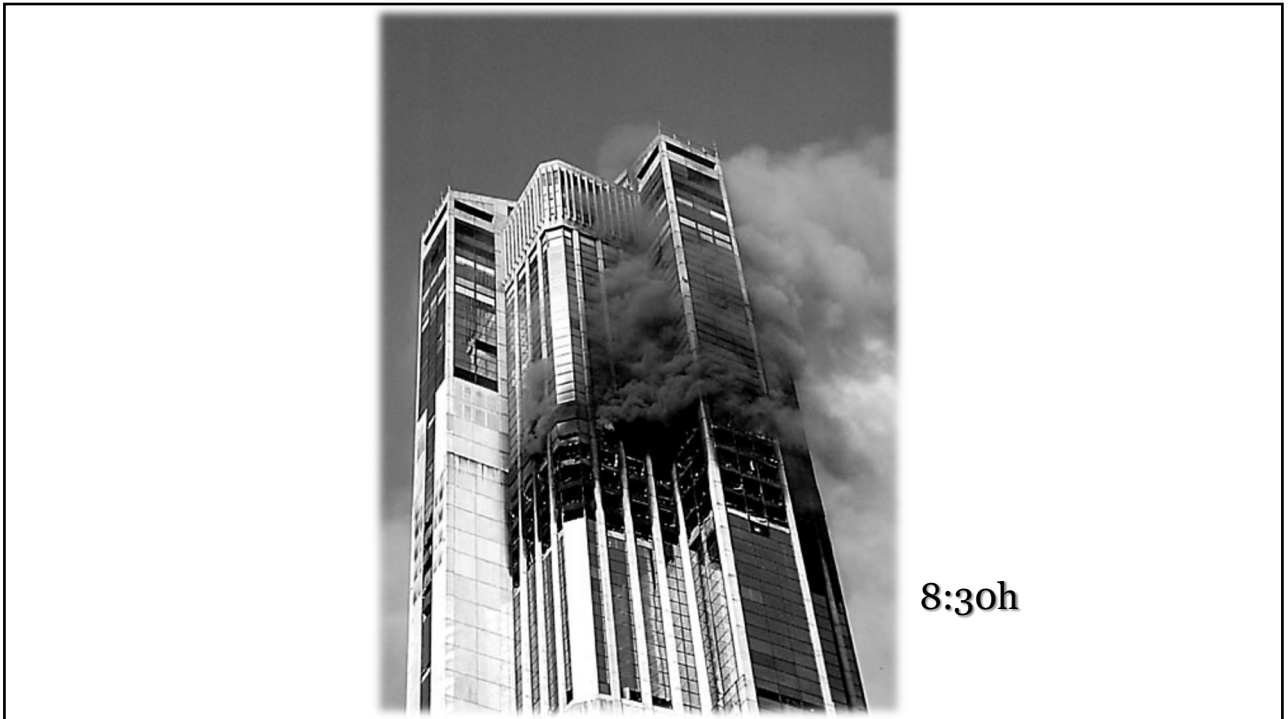


35

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 enrijecimento construída em concreto no 39º andar e permaneceu descontrolado até o 56º andar, até que se esgotou o material combustível.

36



37



38



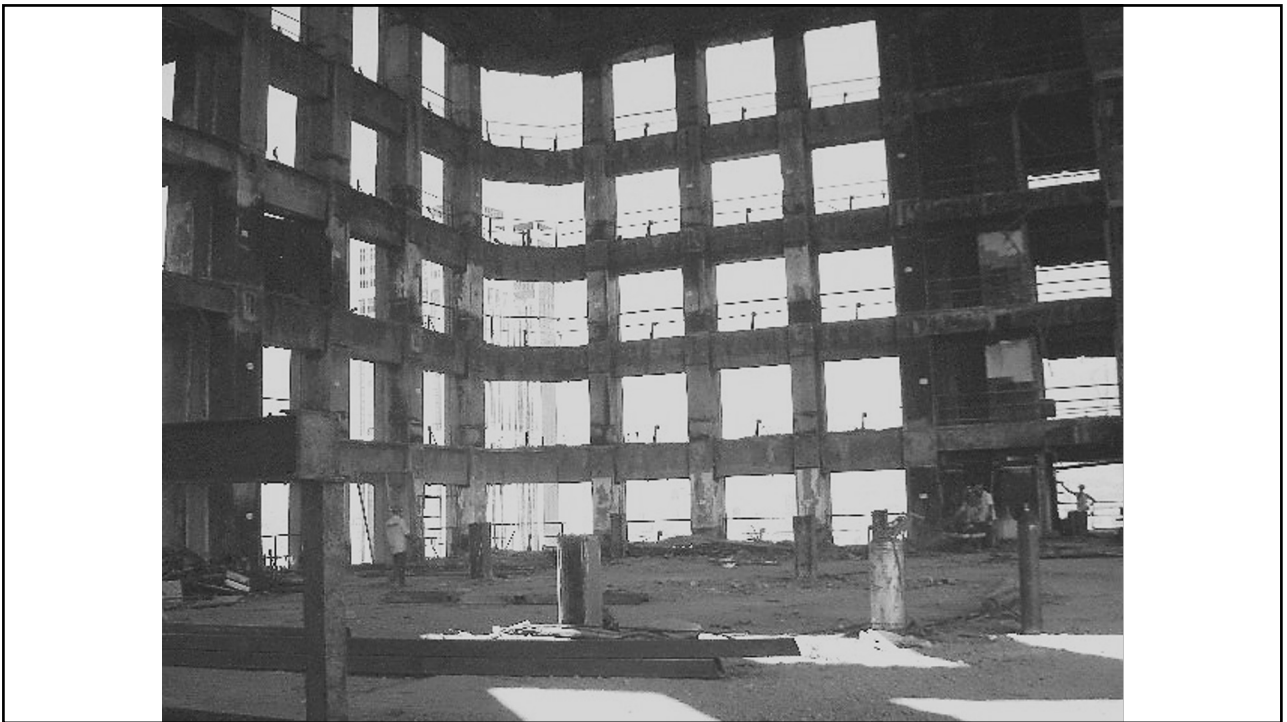
39



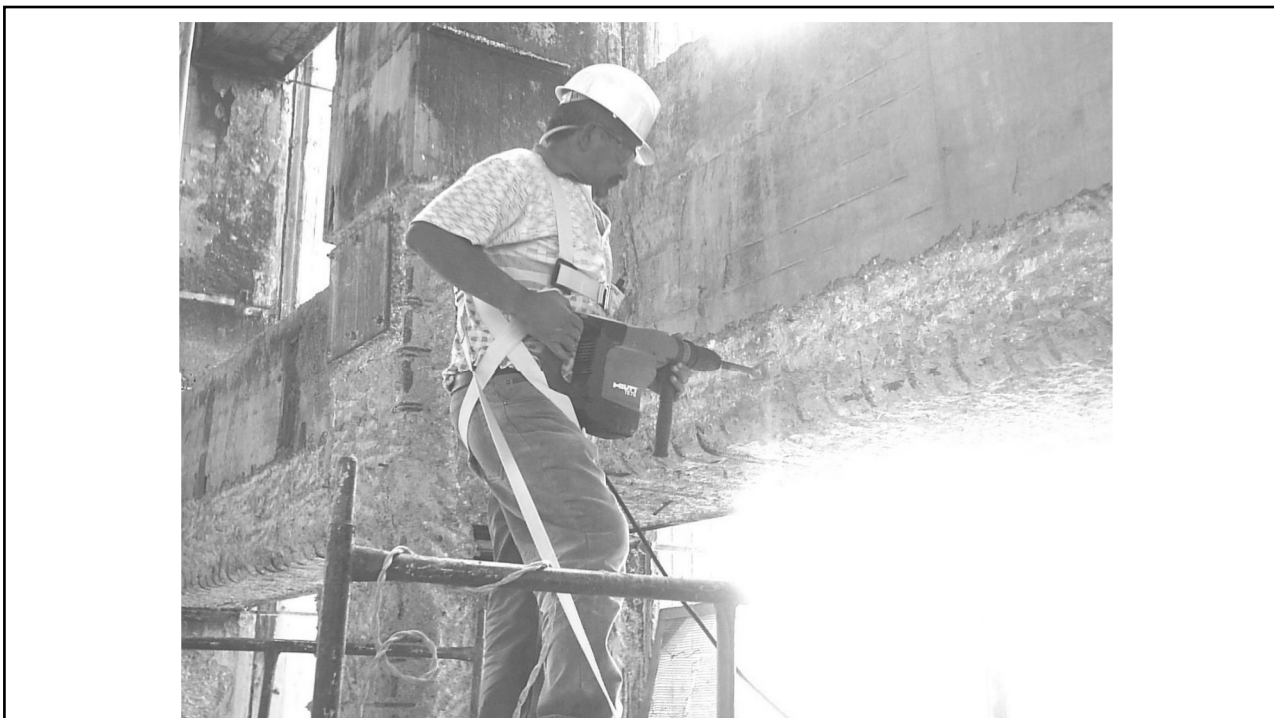
40



41



42



43



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

44



11 de Setembro de 2001

45

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

46

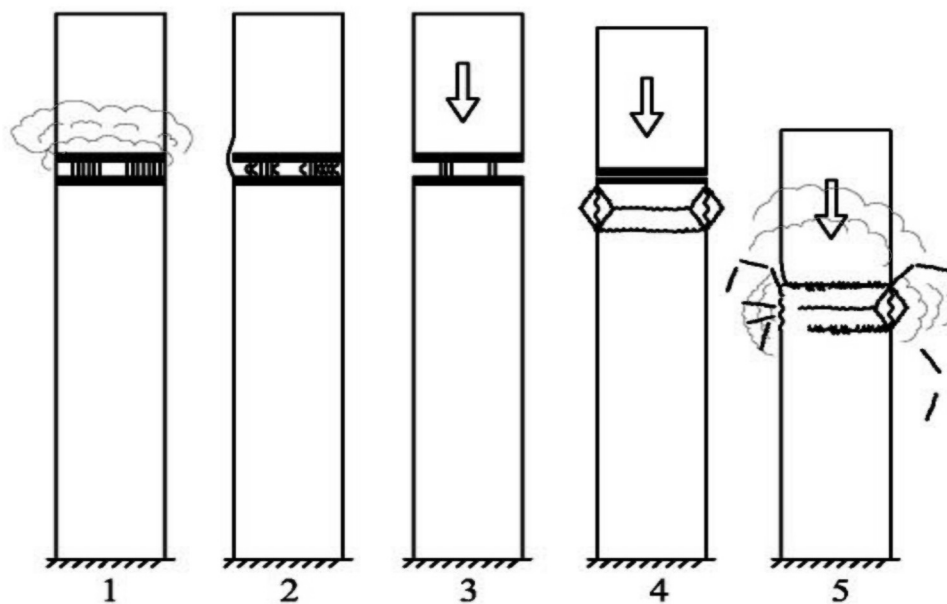


Fig. 1

47

Normalização nacional

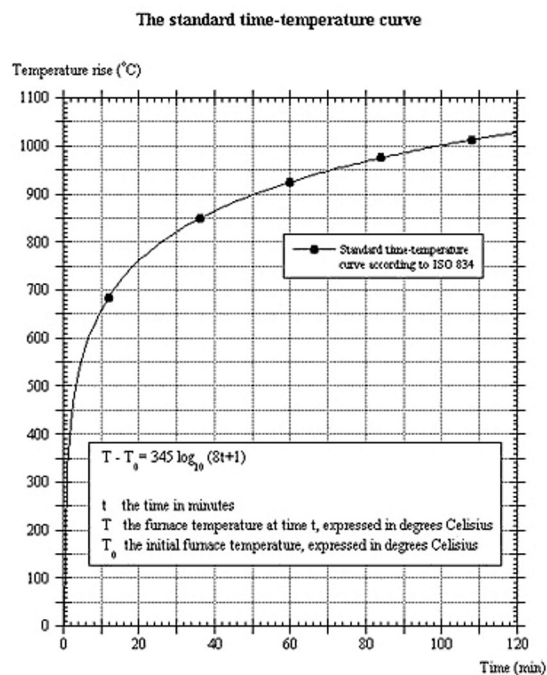
- **ABNT NBR 5628:2001**
Componentes construtivos estruturais – determinação da resistência ao fogo
- **ABNT NBR 14432:2001**
Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações - Procedimento
- **ABNT NBR 15200:2012**
Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio
-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

48

Incêndio padrão

Crescimento
da
temperatura

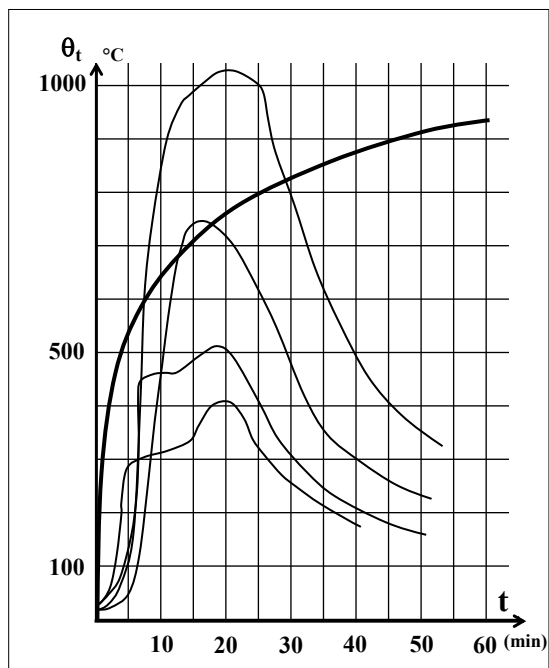
Curva ISO 834



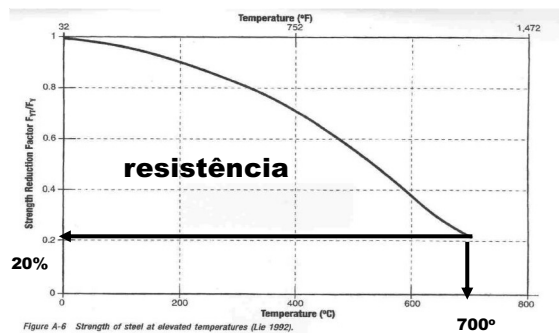
49

Incêndio real

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

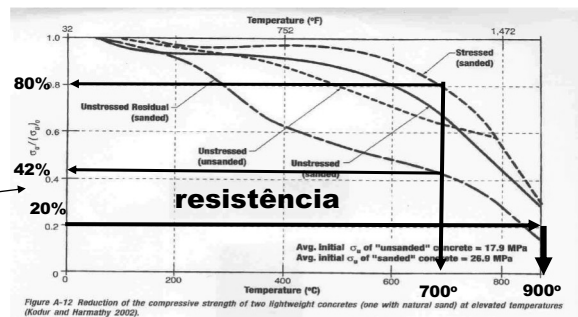


50

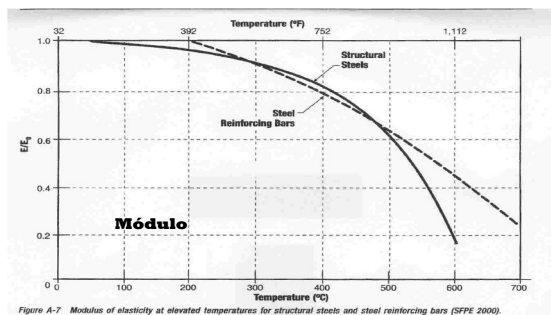


**aço estrutural
simples**
 f_{yk}

**concreto
simples**
 f_{ck}

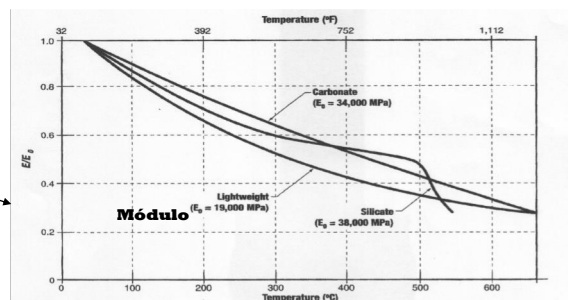


51



**aço estrutural
simples**
 E_{ys}

**concreto
simples**
 E_{cs}



52

Distribuição da temperatura em perfis de aço

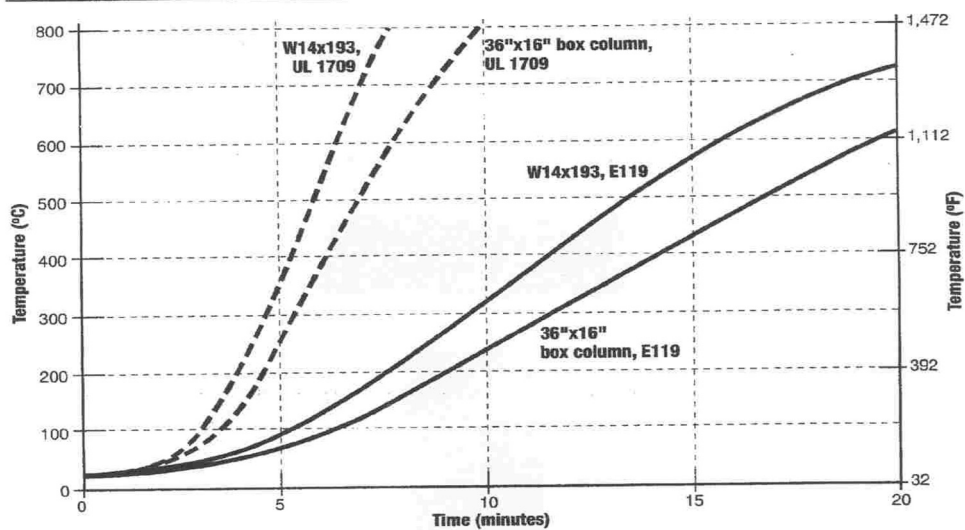


Figure A-9 Steel temperature rise due to fire exposure for unprotected steel column.

53

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



54

Concreto e Incêndio

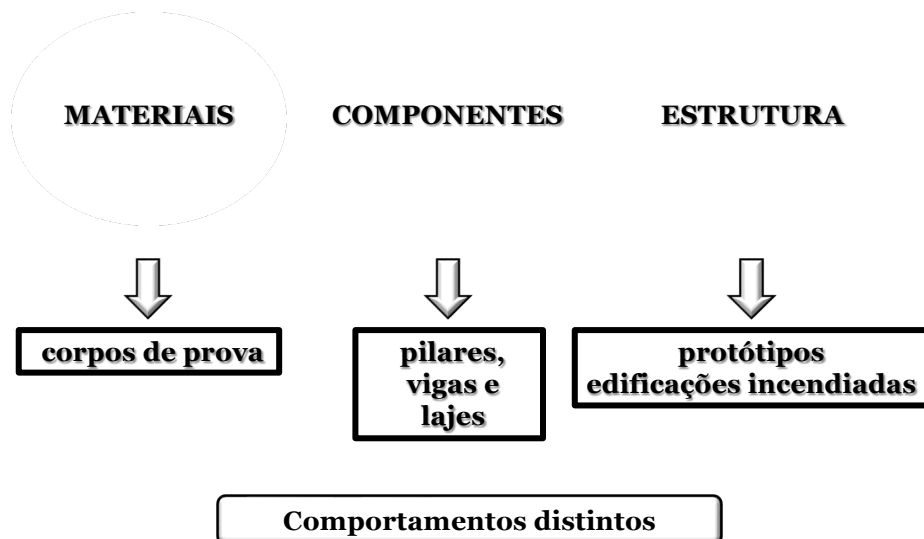
Concreto é versátil
Concreto não é inflamável
Concreto é incombustível
Concreto é resistente
Concreto é isolante térmico

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 → $\text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{CaO}$ → agregados soltam
900 a 1200 °C → fusão parcial, CO_2

55

Ensaio

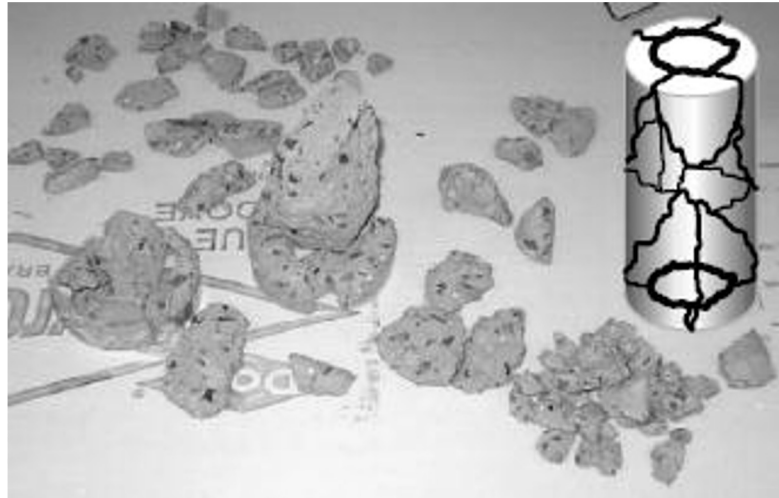


56

Constatações

ensaios em
corpos de
prova !

ensaios < 91 dias

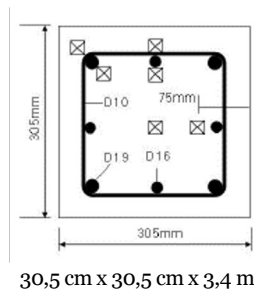


(Phan, 2002)

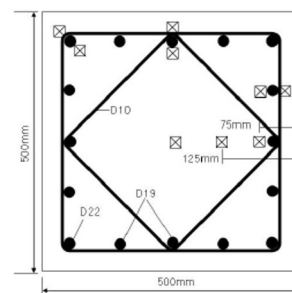
57

Constatações

dimensões/seção transversal



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



(Park et al., 2007)

ensaios < 91 dias

58

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)

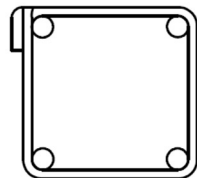
ensaios < 91 dias

59

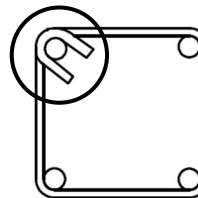
Constatações

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

60

Constatações

detalhes / **armadura**



Configuração Convencional de Estribos

(Kodur, 2005)

f_{ck} 83 MPa



Configuração Modificada de Estribos

ensaios < 91 dias

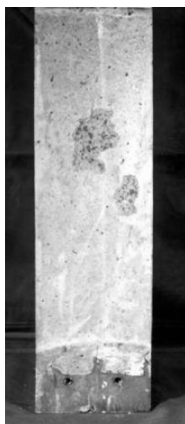
61

Constatações

fibras de polipropileno



Sem fibras



Com fibras

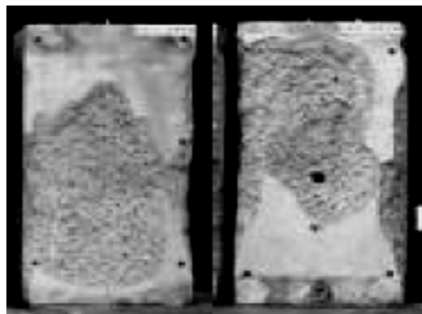
**maiores
quantidades com
menores
diâmetros e
maiores
comprimentos,
diminuem o
*spalling***

(Kawai, 2005)

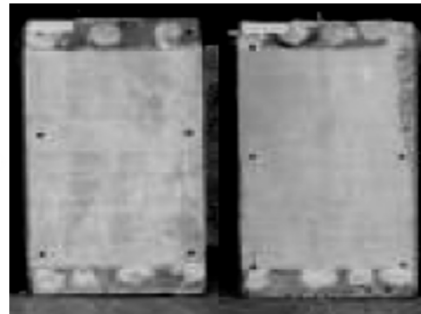
ensaios < 91 dias

62

constatações experimentais



63 dias



1 ano

(Morita et al, 2002)

influência da idade, do grau de hidratação e da umidade

63

BETTER BUILT WITH CONCRETE

Last Updated: Aug 31st, 2004 - 18:25:55

The Cardington Fire Test

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

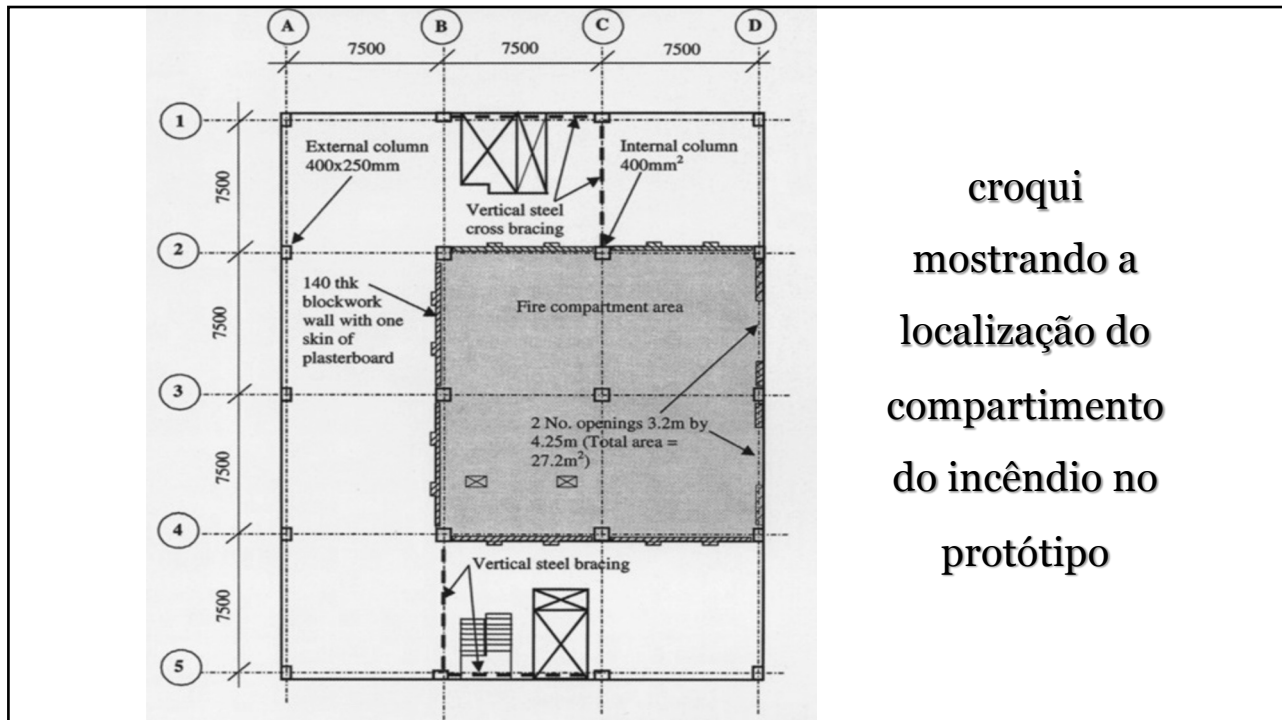
[Email this article](#)
[Printer friendly page](#)

- ✓ 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

64



croqui
mostrando a
localização do
compartimento
do incêndio no
protótipo

65



120 minutos de incêndio

66

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;
5. laje conseguiu suportou cargas de projeto com flechas residuais da ordem de 70mm

67

INVESTIGAÇÃO

Universidade de São Paulo

Brasil
2002 → 2010

PhD student: Carlos Britez
Supervisor: Paulo Helene

68

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

69

concreto



70

“ HPCC in Brazilian Office Tower”

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

HELENE, Paulo &
HARTMANN, Carine



71

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

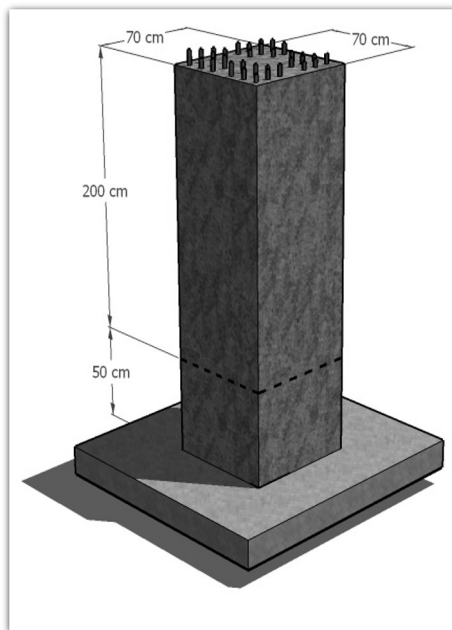
semi-Olympic-sized swimming pool and fitness center, and a rooftop helicopter landing pad. It will also have an “intelligent” air conditioning system and provisions for energy and water system savings. Floor area for the completed 162-m-high, 42-story tower will be 52,000 m². Among the five tallest buildings 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 Martinele 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 Pátio Zazzur Kogan concrete tower, the

72

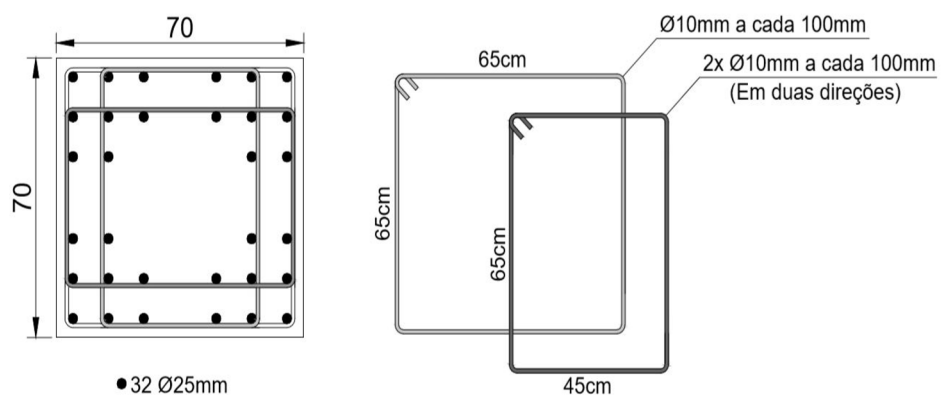
Pilar



- ✓ **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

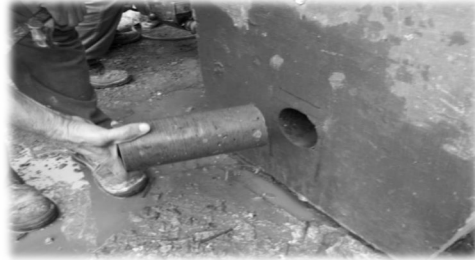


fio diamantado



76

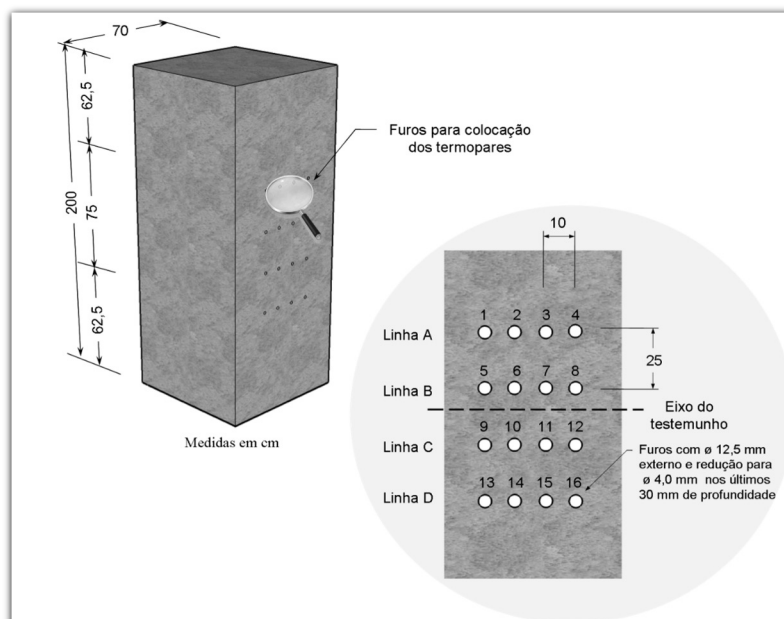
Testemunhos extraídos



Após 8 anos
140 MPa

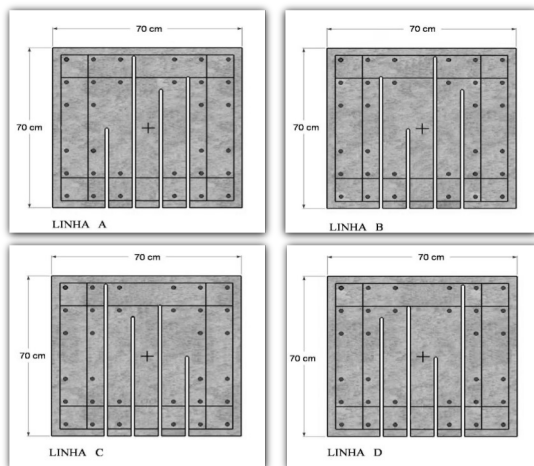
77

Esquema dos termopares



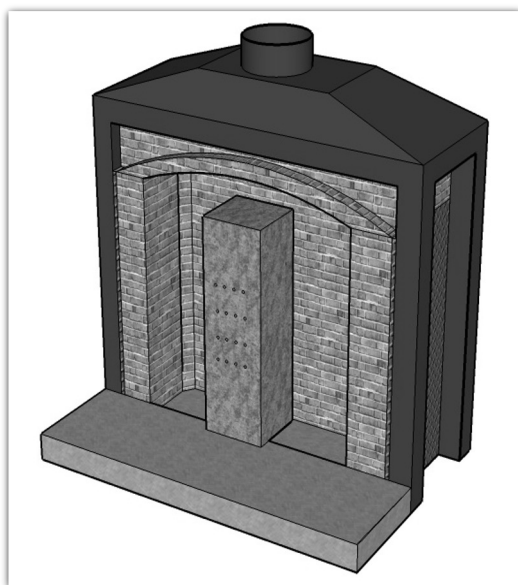
78

posição dos termopares



79

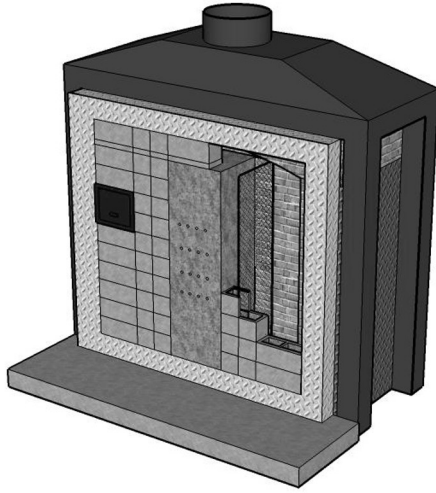
posicionamento no forno



- ✓ 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

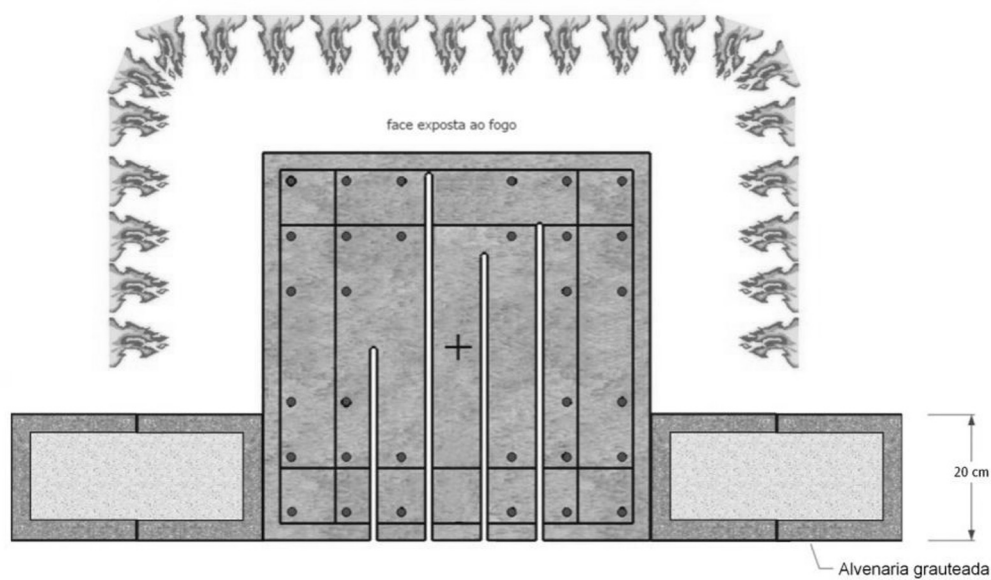
IPT
2010



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

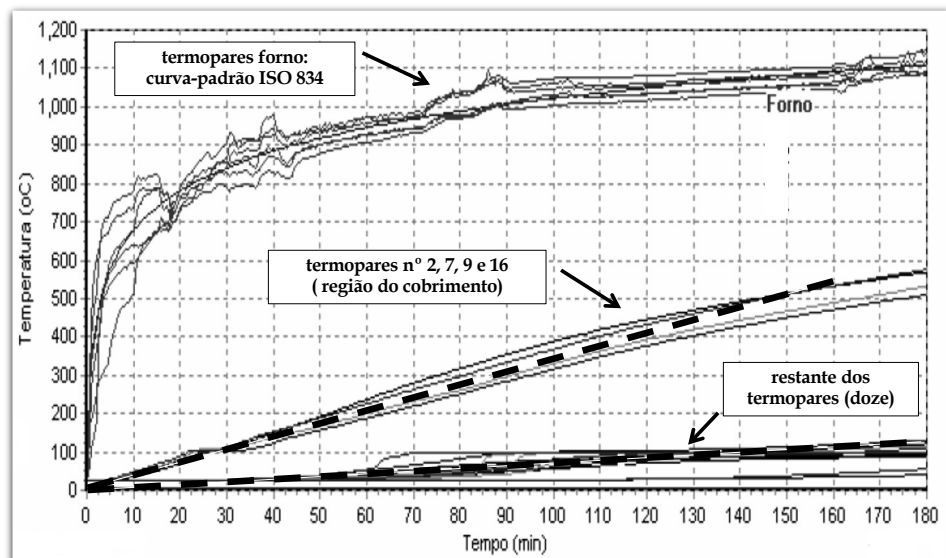
83

esquema da simulação (planta)



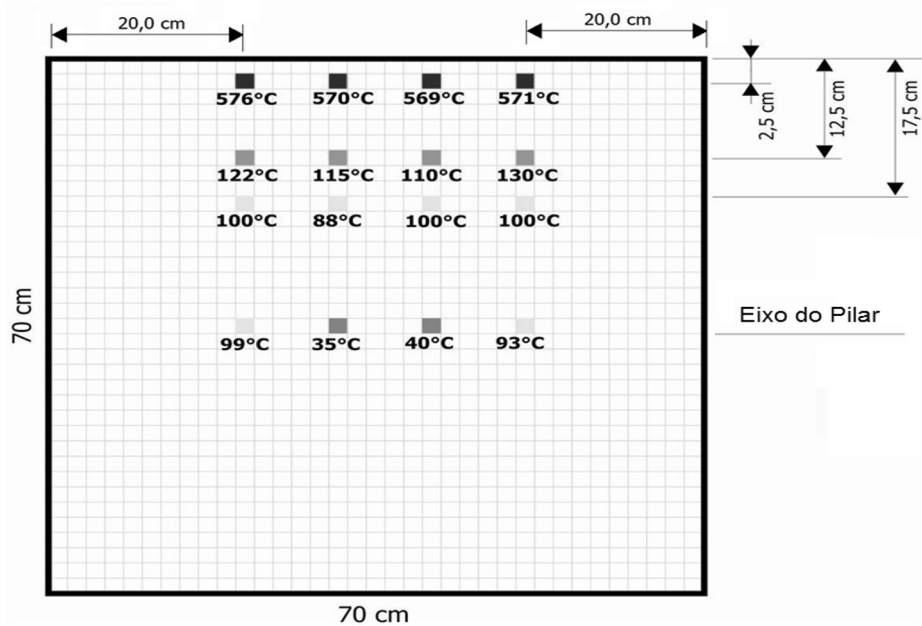
84

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
Britez
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

Edifício Wilton Paes de Almeida



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

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

ARQUIVO
HOME
PROJETOS
ARQUITET_S
SOBRE
CONTATO



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

☰
Aleteia

CURIOSIDADES

A trajetória do prédio que desabou no centro de São Paulo

São Paulo Antiga | Maio 02, 2018

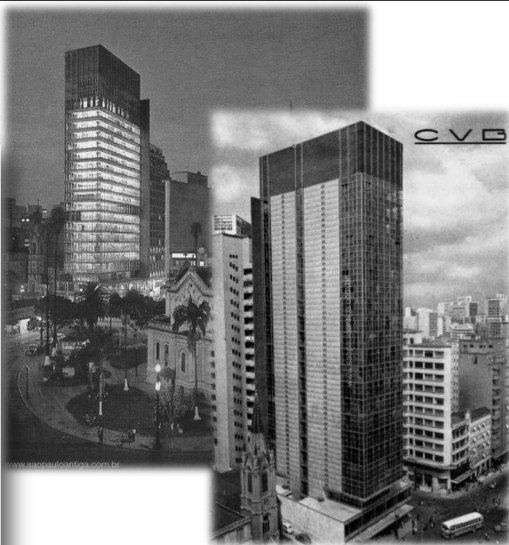


Compartilhar 511

f
t
G+
e

Comentar 1

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



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

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

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 das Avenidas 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 5^{as} principais construções desta época, três foram palco de tragédias: Os Edifícios Joëlma, Andraus 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

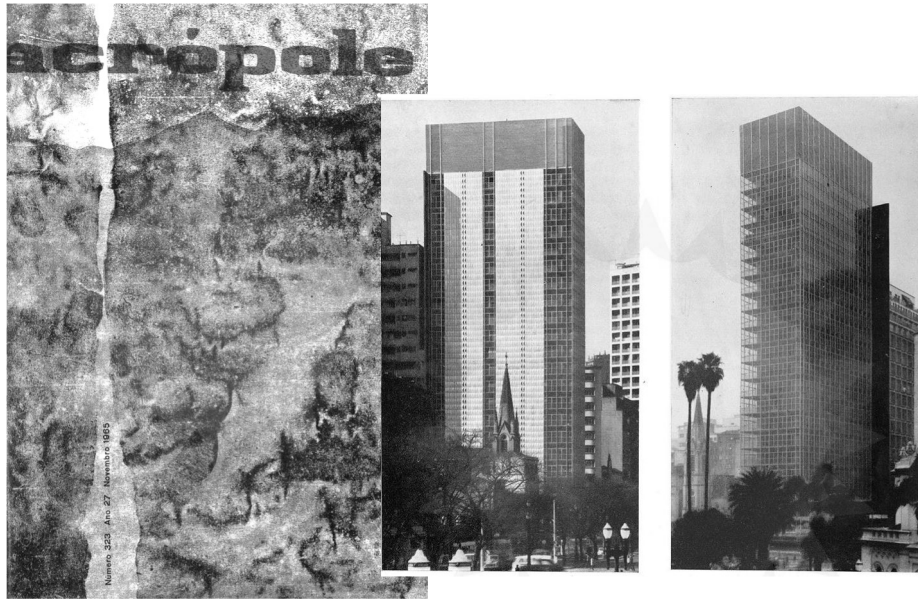


O texto e o título da reportagem foram alterados após o professor Paulo Helene, ex-presidente da Associação Latino-Americana de Patologias das Construções, ter revisado sua avaliação anterior e afirmado não ter encontrado vestígios das estruturas de metal que poderiam ter levado à queda do edifício em 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

102

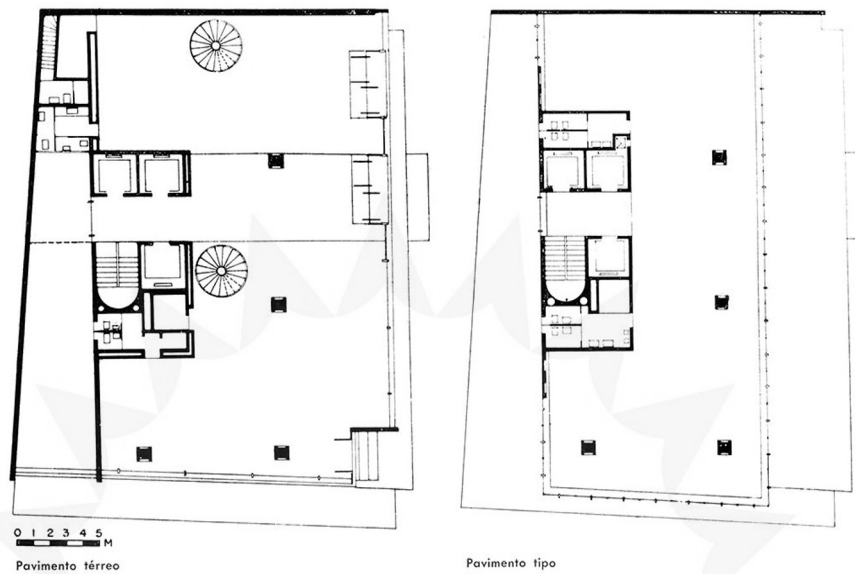
anamnese *pesquisa*



Revista Acrópole Número 323 Ano 27 Novembro 1965

103

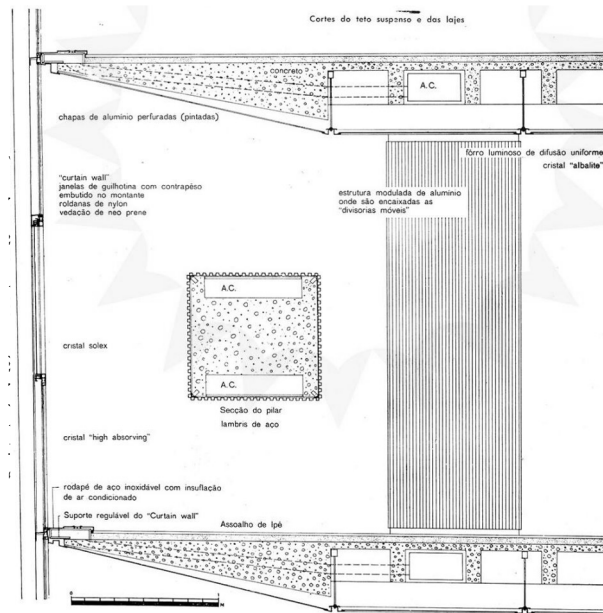
anamnese *pesquisa*



Revista Acrópole Número 323 Ano 27 Novembro 1965

104

anamnese *pesquisa*



105



106



107



108

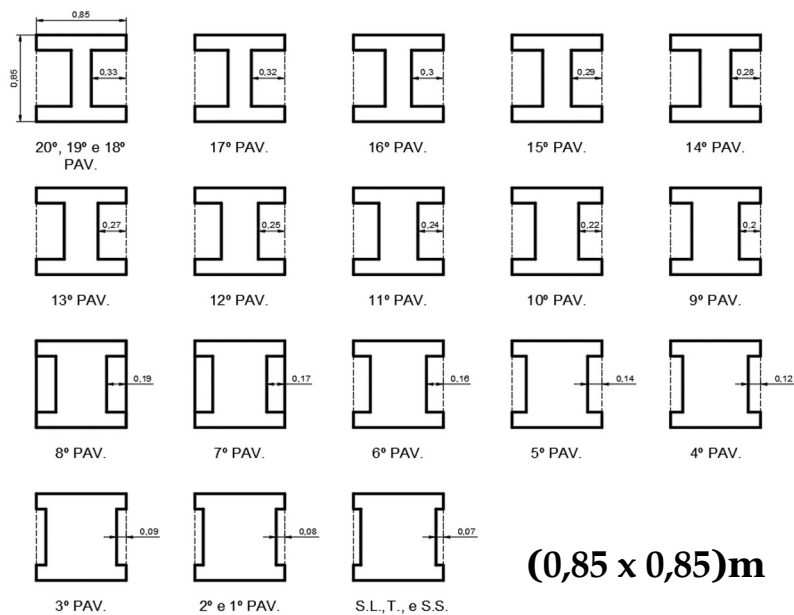


109

Geometria dos pilares

110

Variação da Seção do Pilar



111

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)



112

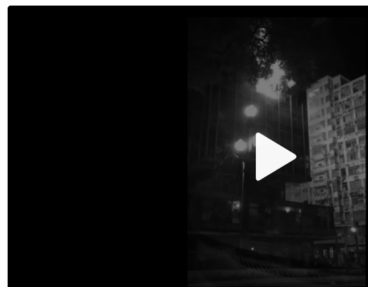
SÃO PAULO

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



113

Início às 1h30 (vídeo)



114

Desabamento às 2h50 (vídeo)



115



116



117

Após o desabamento...



118

Após o desabamento...



119

coleta de amostras para ensaios



IBRACON



120

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



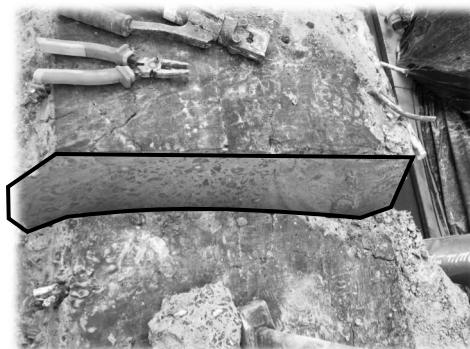
121

preparação da amostra



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

UPM Universidade
Presbiteriana Mackenzie



122

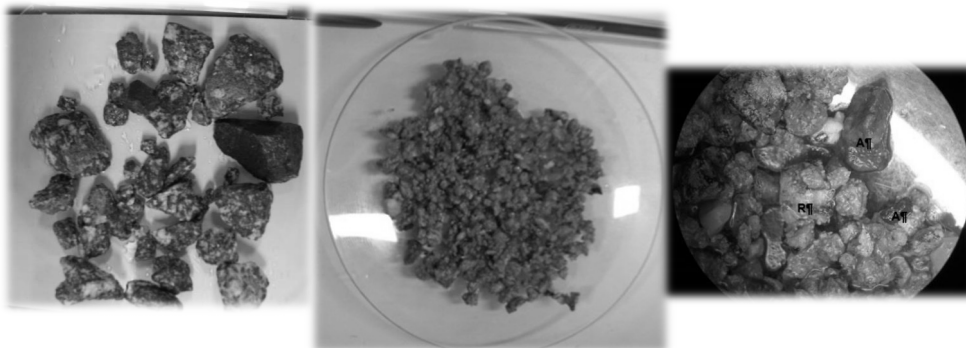
extração de testemunhos



**Universidade
Presbiteriana
Mackenzie
UPM**

123

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

124

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

125

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**

126

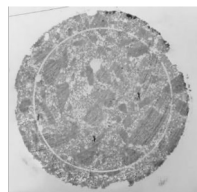
compressão



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

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

ABCP Associação Brasileira de
Cimento Portland



127

tração



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

ABCP Associação Brasileira de
Cimento Portland



128

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 $E_{ci\ 0,3\ fc} = 24\text{GPa}$)

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

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

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.

129

espessura de carbonatação

2,5cm a 3,0cm



**Universidade
Presbiteriana
Mackenzie
UPM**

130

armadura

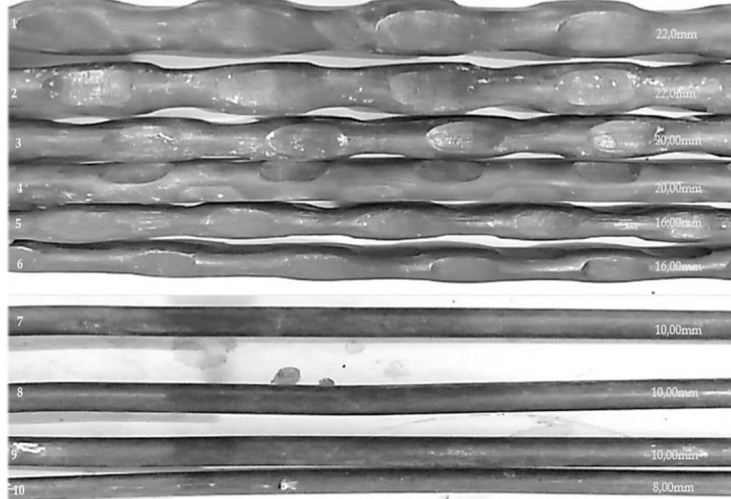
Barras longitudinais entalhadas com bitolas de 22, 20, e 16 mm. CA 50B

Barras transversais lisas com bitola de 10 mm

CA 32 A

Barras complementares lisas com bitola de 8 mm.

CA 32 A



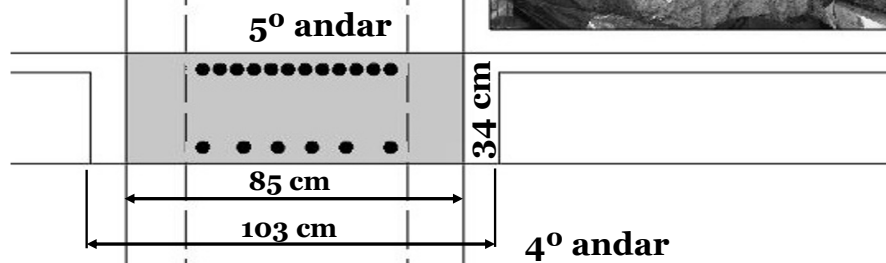
*Laboratórios
da
ArcelorMittal*

131

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

132

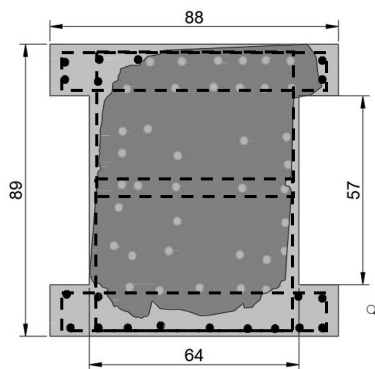
Armadura superior: 12ø 20 mm
 Armadura inferior: 6ø 20 mm
 As total: 56,6 cm²
 Área seção: 2890 cm²
 Taxa de armadura da viga: 1,96%



reconstituição da viga faixa no apoio

133

reconstituição da seção transversal



- Seção da amostra
- Possível seção original
- Barras presentes na amostra
- Possível posição das barras faltantes

$A_c \sim 6464 \text{ cm}^2$
 $A_s \sim 216,7 \text{ cm}^2$ (CA-60 57 ø 22 mm)

$c = 0,5\text{cm a } 4,0\text{cm}$

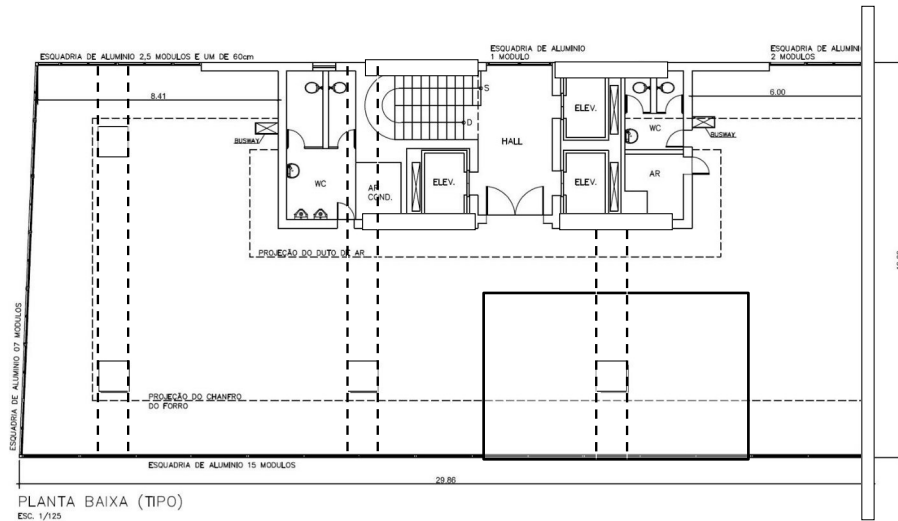
tramo de pilar do 5º andar

espessura calcinada
 obtida por análise
 termodiferencial,
 termogravimétrica e
 difratometria de raios X

$< 1,0\text{cm}$

134

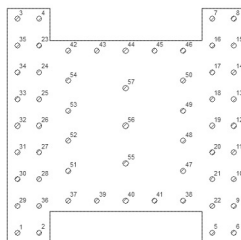
verificação estrutural



área de influência (CAD) = ~47,4m²

135

verificação estrutural



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

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

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

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

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

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

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

136

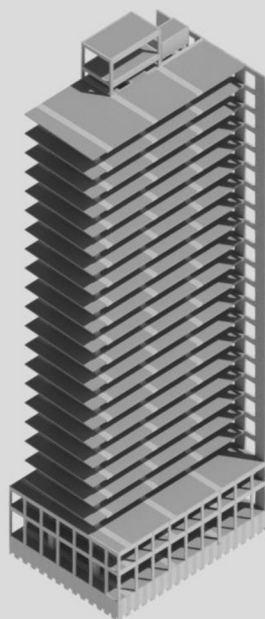
verificação estrutural

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.***

137

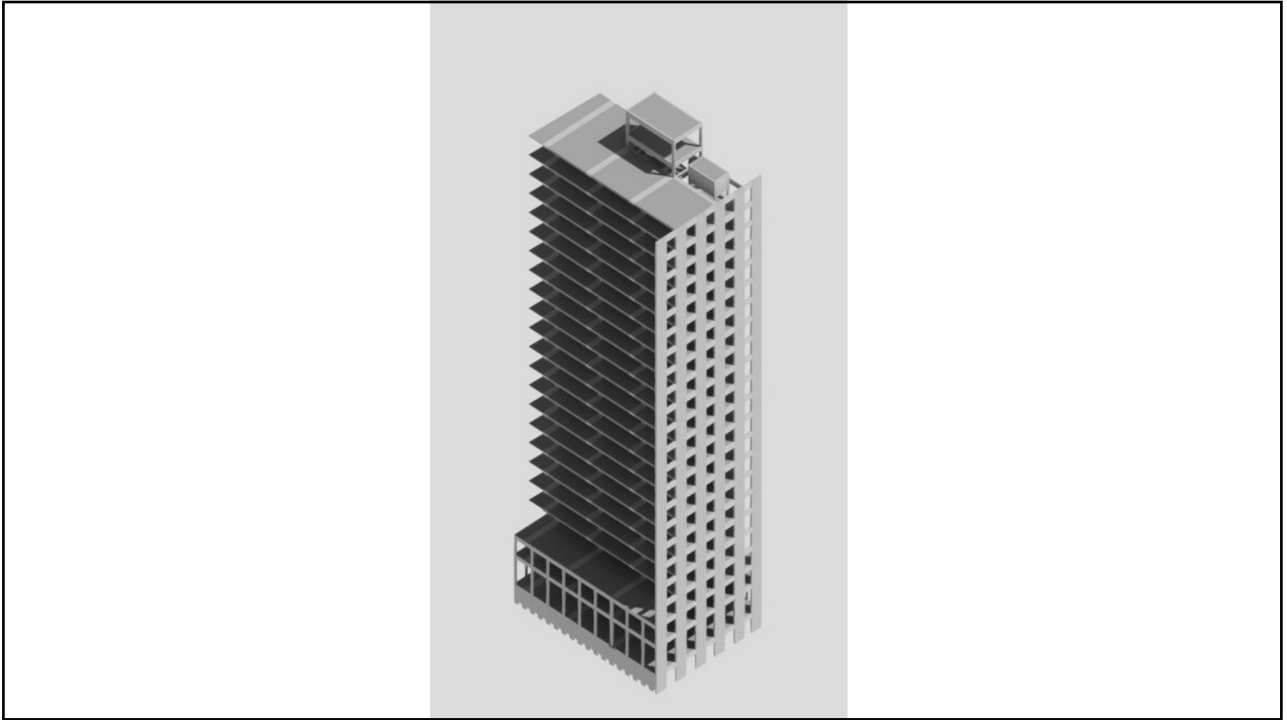


Modelo numérico de cálculo,
ou pórtico espacial,
simplificado, elástico linear,
referente às solicitações,
considerando

$f_{ck} = 20 \text{ MPa}$ e módulo de
elasticidade de acordo com o
ensaiado

$$E_{ci} = 24 \text{ GPa}$$

138



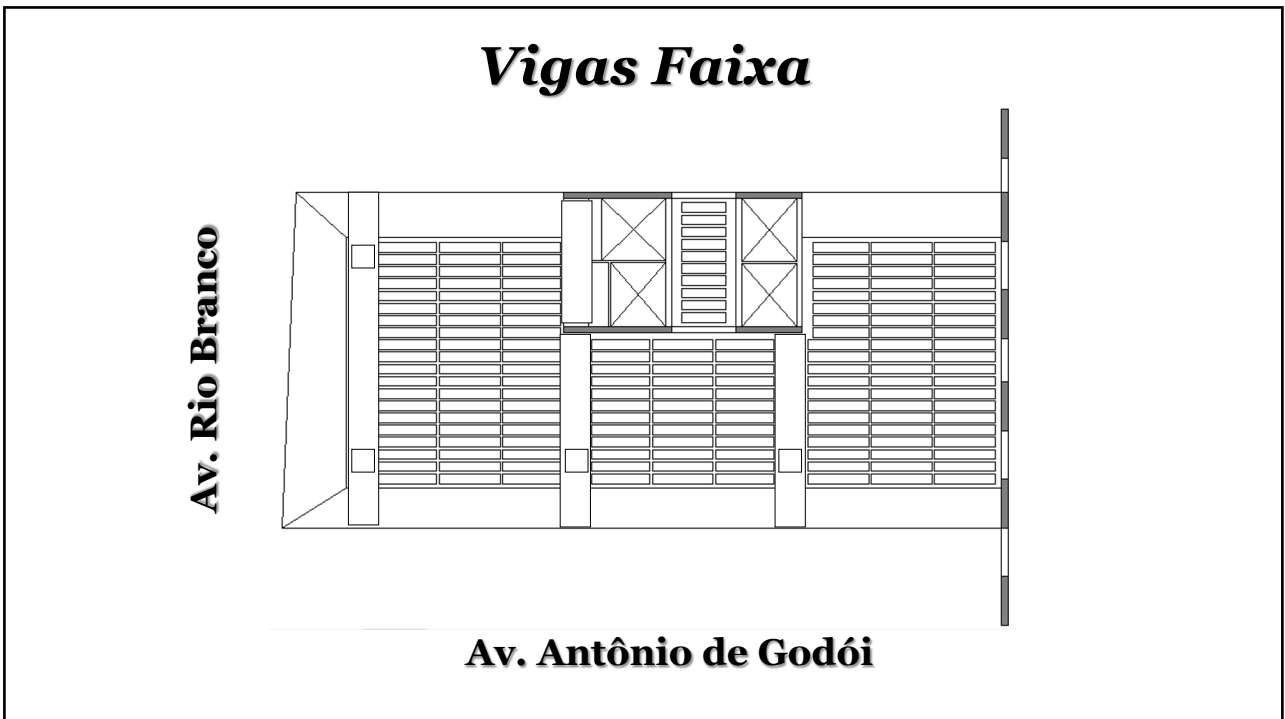
139



140



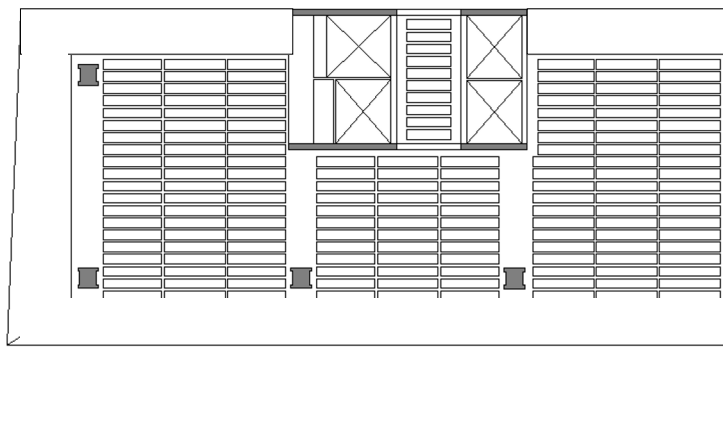
141



142

Laje maciça em balanço

Av. Rio Branco

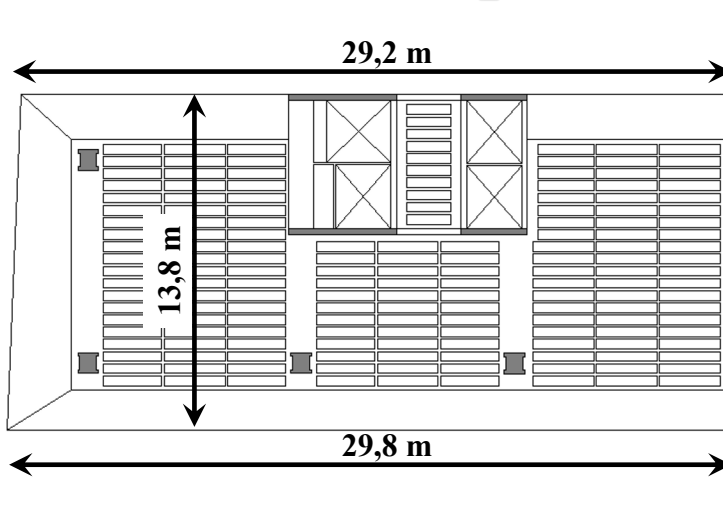


Av. Antônio de Godói

143

Geometria em planta

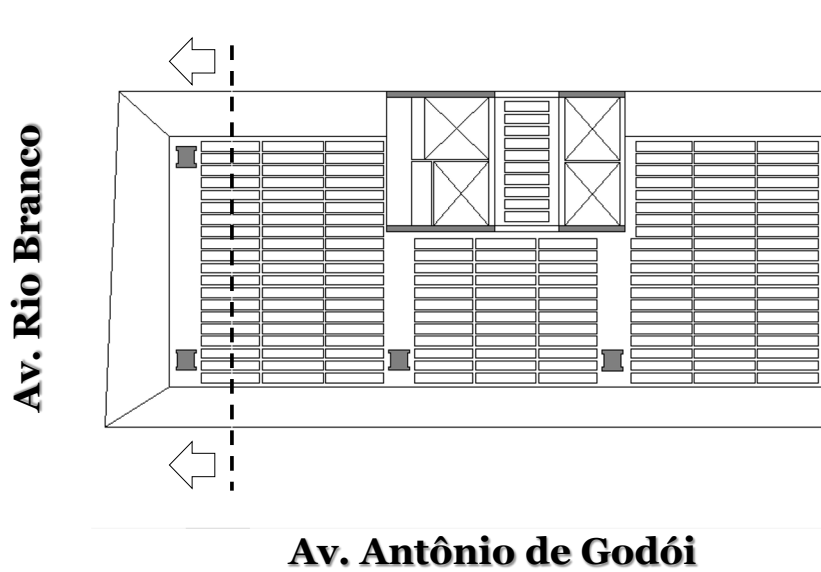
Av. Rio Branco



Av. Antônio de Godói

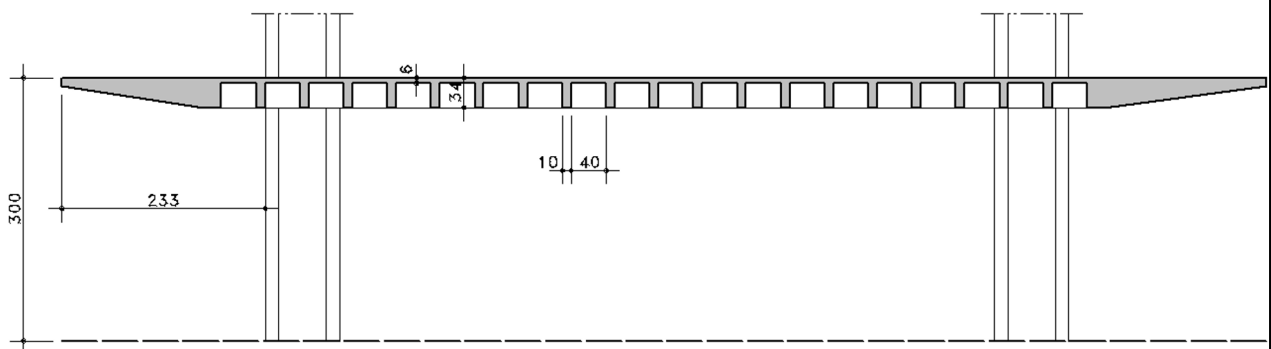
144

Corte da Laje grelha



145

Corte da Laje grelha



146



147



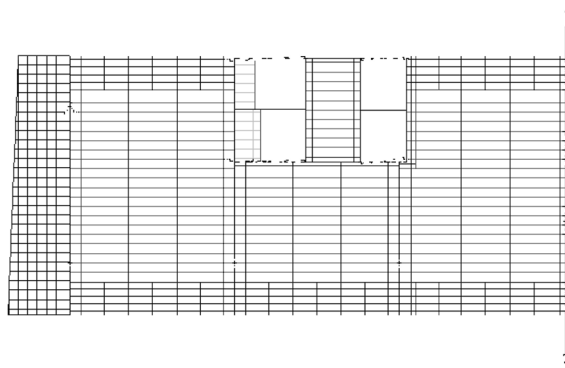
148

Carregamento térmico



149

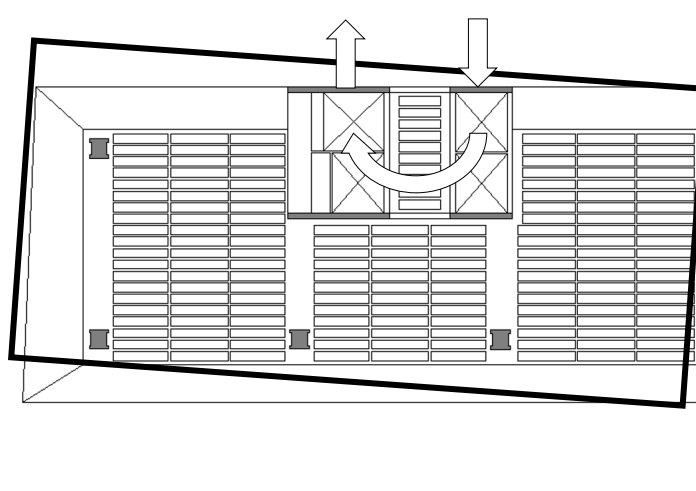
Restrição do edifício vizinho justaposto



***Ed.
Caracu***

150

Hipótese da mecânica do colapso



151

Variação de 200° C:

ELU -> 28 cm

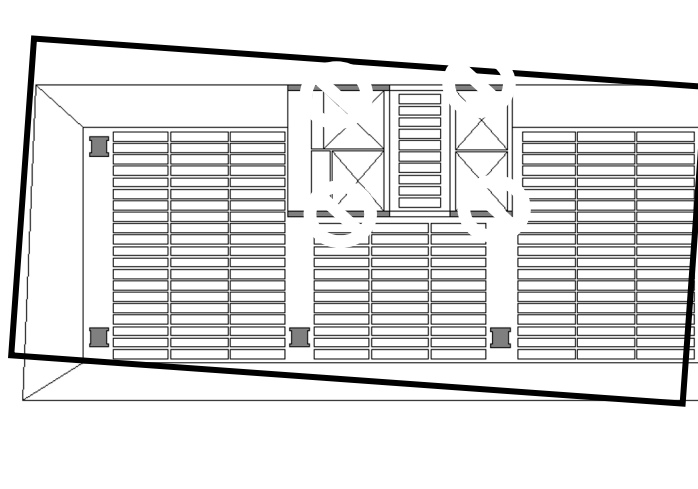
Variação de 500° C:

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.

152

Hipótese da mecânica do colapso



153



154

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



155

FOLHA DE S. PAULO

DESDE 1921 ★ ★ ★ UM JORNAL A SERVIÇO DO BRASIL

DIRETOR DE REDAÇÃO: OTAVIO FRASS FILHO

SEXTA-FEIRA, 11 DE MAIO DE 2018

EDIÇÃO SP/SP • CONCLUSÃO ÀS 18h • R\$ 4,50

Geisel avalizou execuções na ditadura, diz documento

Documento de 1974, liberado pelo governo americano, revela que, segundo relatos da chapa da CIA, o ex-presidente Ernesto Geisel avalizou execuções na ditadura militar no Brasil.

Sócio da Dolly é preso sob suspeita de fraude fiscal

Um dos sócios da empresa de inteligência Dolly, Laerte Codinho, foi preso preventivamente em São Paulo. Ele é acusado de liderar esquema de fraude que acumulou R\$ 1 bilhão em prejuízos para a empresa.

Governador de SP acelera medidas visando eleições

Marcelo Freixo, chefe de gabinete do governador, anunciou mudanças para a transformação de municípios em cidades, o que acelerará o processo de aprovação das leis estaduais.

Guia p.o. Vinte lugares na cidade para comer com os seus filhos ou levar a sua mãe

Saúde: B7 Criado por brasileiro, método para medir pressão no cérebro chega a hospitais



Laerte Codinho, sócio da Dolly, segura cartaz alusivo à concorrente Coca-Cola, que disse não cometer processos em que não esteja envolvido. (Foto: Reprodução)



TRUMP E KIM SE REUNIRÃO EM 12 DE JUNHO O presidente dos Estados Unidos aguarda três presos americanos libertados pelo ditador norte-coreano Kim Jong-un em troca de prisioneiros em Coreia do Sul. (Foto: AP)

SP tem 25 mil edifícios fora de regra mais dura antifogo

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

De todos os prédios de São Paulo, 47% foram construídos antes de quando passaram por uma reforma mais extensa de normas, que incluem, entre outros, quanto tempo podem permanecer sem ser inspecionados. Há 100 mil prédios em situação de emergência. Muitos que não foram construídos antes de 1974, quando o incêndio no Edifício Joá, no centro, levou a uma mudança nas normas de segurança.

156



157

Resumo

1. Estrutura de concreto é muito resistente a incêndios;
2. Material concreto tem comportamento diferente de estrutura de concreto;
3. Estrutura de Concreto mal projetada pode colapsar em pouco tempo;
4. Nunca desprezar ou minimizar ação do fogo – “ser precavido”;
5. Cuidado com pele de vidro sem barreiras e sem compartimentações

158

Providências úteis

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

159

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 Brites
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 Bilesky
Sr. Ricardo Luis Lopes
Dr. Rogério Cattelan de Lima
Sr. Ronald M. Nascimento
Prof. Sérgio Lex
Prof. Simão Priskulnik
Sra. Thamyrís Torsani Pimentel
Prof. Valdir Pignatta e Silva
Prof. Vitor Levy Castex Aly
Sr. Waldir Aparecido dos Santos
Sr. Waldir Aparecido dos Santos Filho

160

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