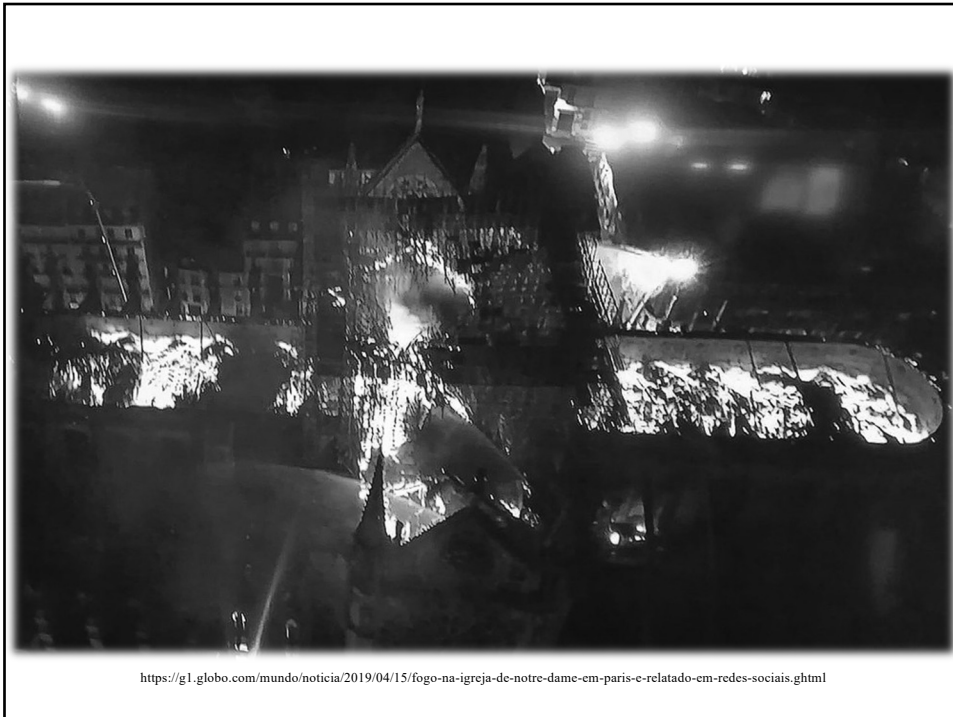


3



4



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

5

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

6



Système Hennebique
Paris, Rue Danton1

7 andares
França 1.900
30m

$f_{ck} = ?$
119 anos !

*edifício em concreto
armado mais antigo do
mundo*

7



8



9



10



Casa do Comendador Martinelli

Giuseppe Martinelli nasceu na Itália no dia 23 de julho de 1870, sua família era de pedreiros e empreiteiros, desembarcou no Porto de Santos.

Em 1893, começou trabalhando como açougueiro. O grande salto da empresa se deu em 1915, durante a primeira Guerra Mundial, quando formou uma frota própria de mais de 22 navios de transportes.

Em 1924 ele deu início ao seu empreendimento mais célebre, o Edifício Martinelli o primeiro arranha-céu de São Paulo. Originalmente projetado para ter 12 andares, ele acabou sendo finalizado com 30 pavimentos. Por alguns anos, foi o prédio, em concreto armado, mais alto do mundo com 105 m de altura.

11

Mortes em situação de Incêndio

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

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

12

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

13

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

14



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*

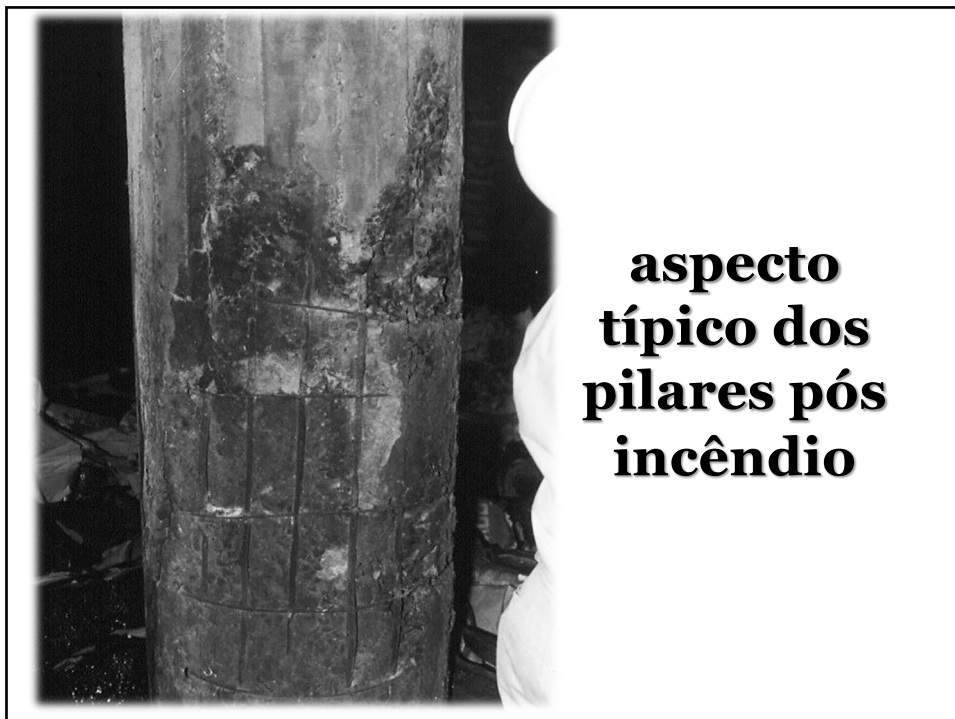
15



16



17



**aspecto
típico dos
pilares pós
incêndio**

18



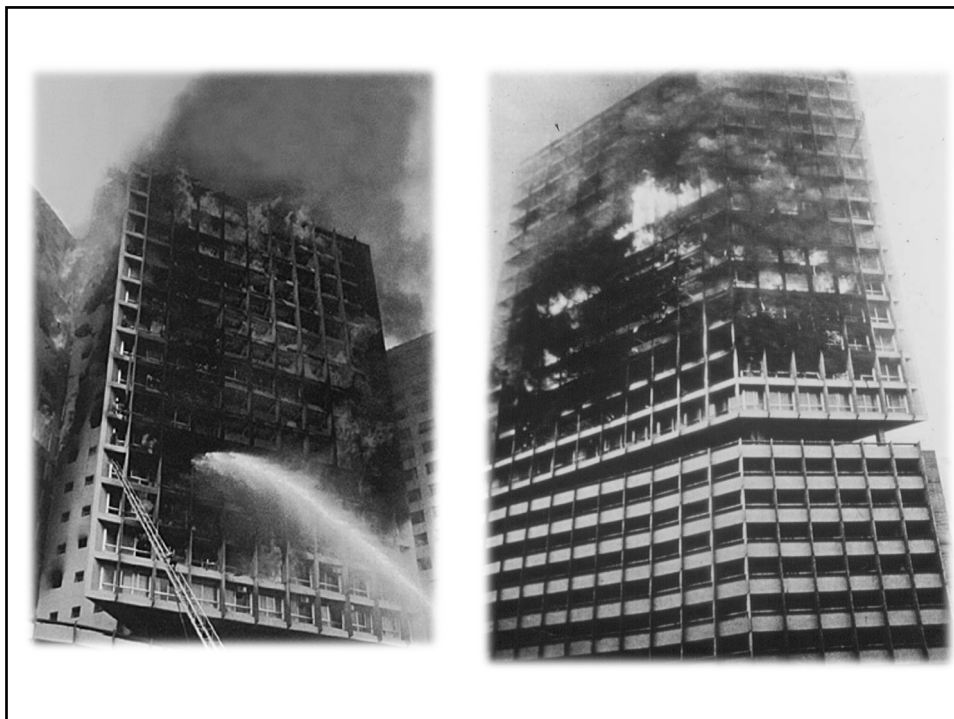
19



20



21



22



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#_=_

23

Incêndio de 1981



24

Incêndio de 1981



25

Incêndio de 1981



26



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***

27



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

28



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

29



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

30



**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
480min***

***em uso
nada colapsou***

31

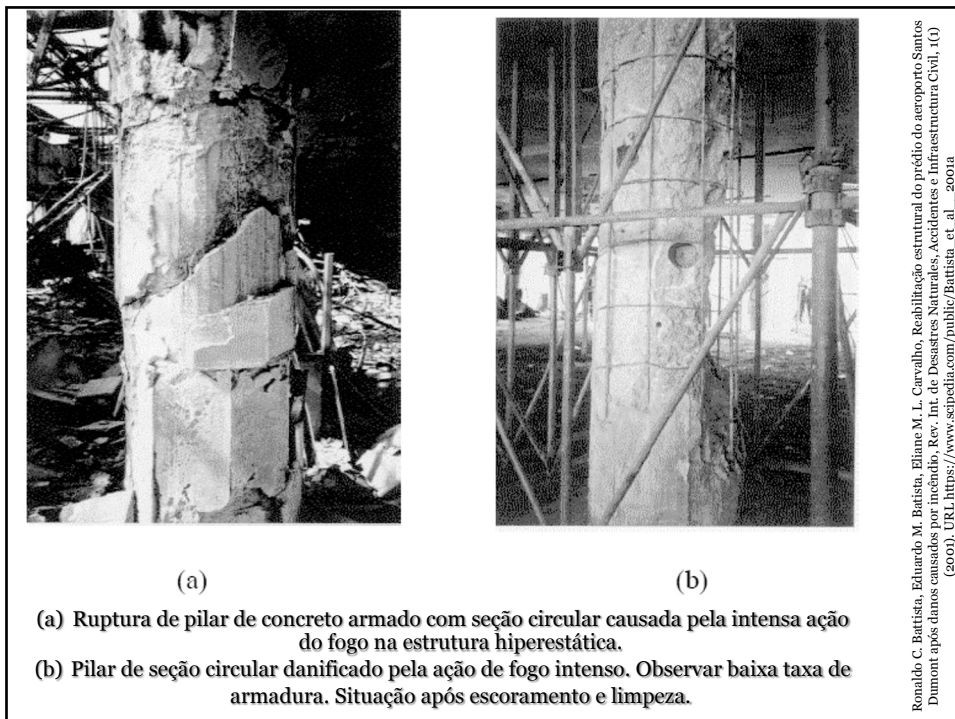


<https://acervofolha.blogfolha.uol.com.br/2018/02/13/ha-20-anos-fogo-consumiu-o-aeroporto-santos-dumont-e-fechou-ponte-aerea/>

32



33



34



35



36



37



38



“ 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.

39



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**

40



41

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.

42



43



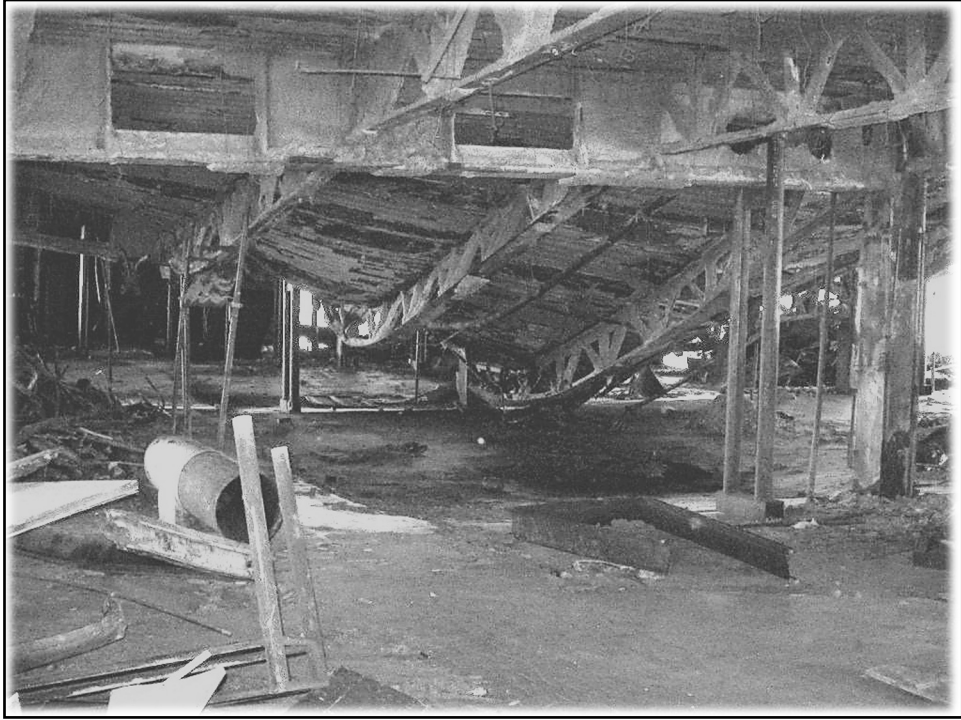
44



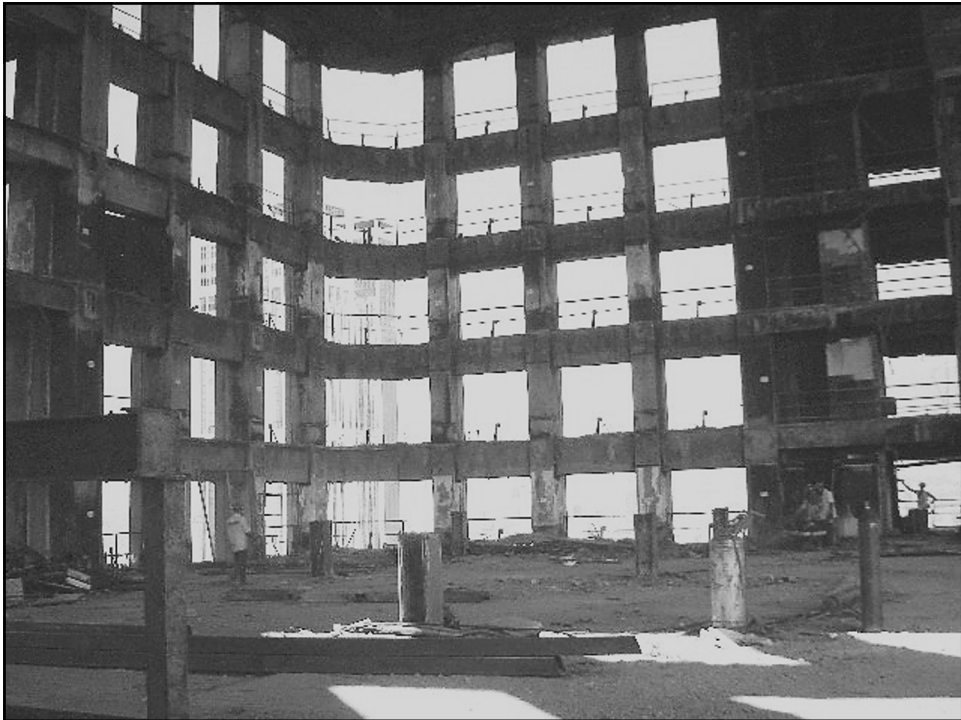
45



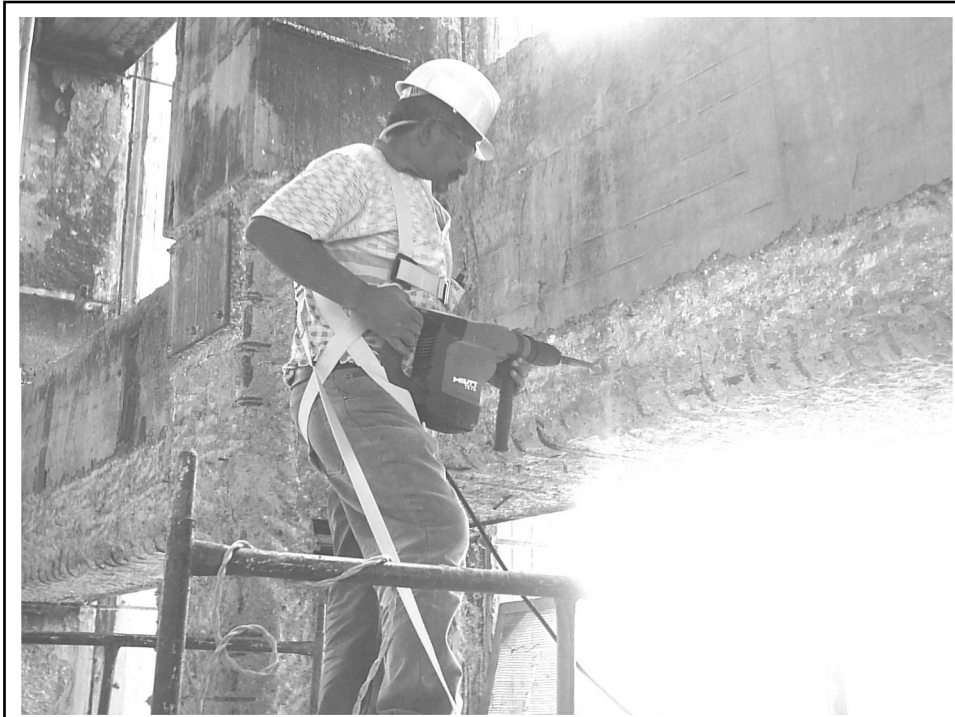
46



47



48



49



World Trade Center

**Nova Iorque, EUA
2001**

**Estrutura Metálica
110 andares
6 subsolos**

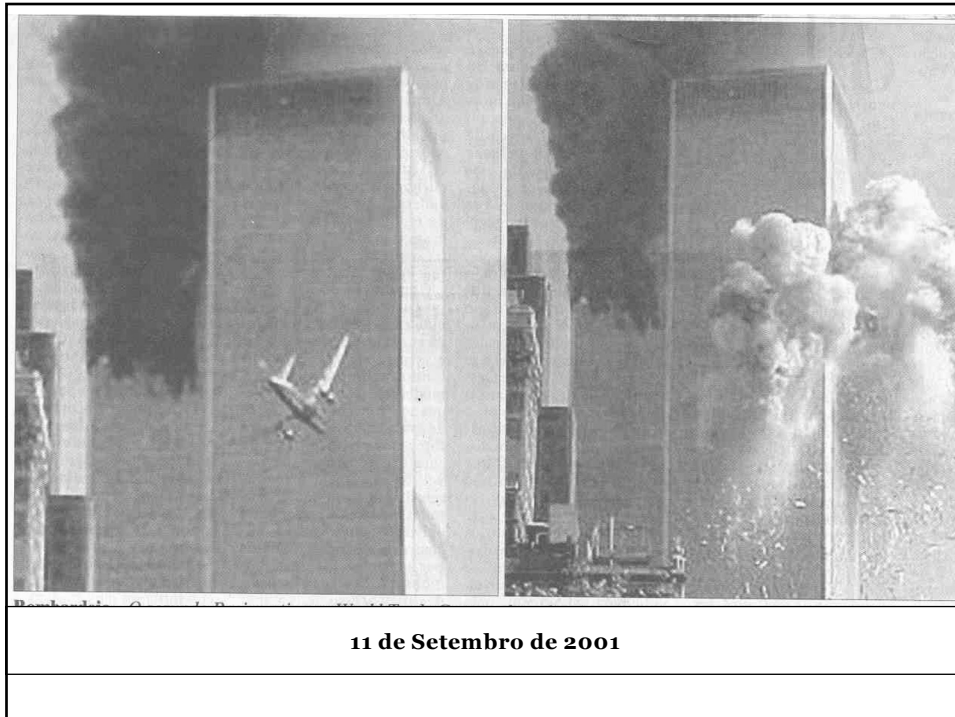
Construção: 1966 a 1973

Incêndio: 11 Set. 2001

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

colapsaram

50



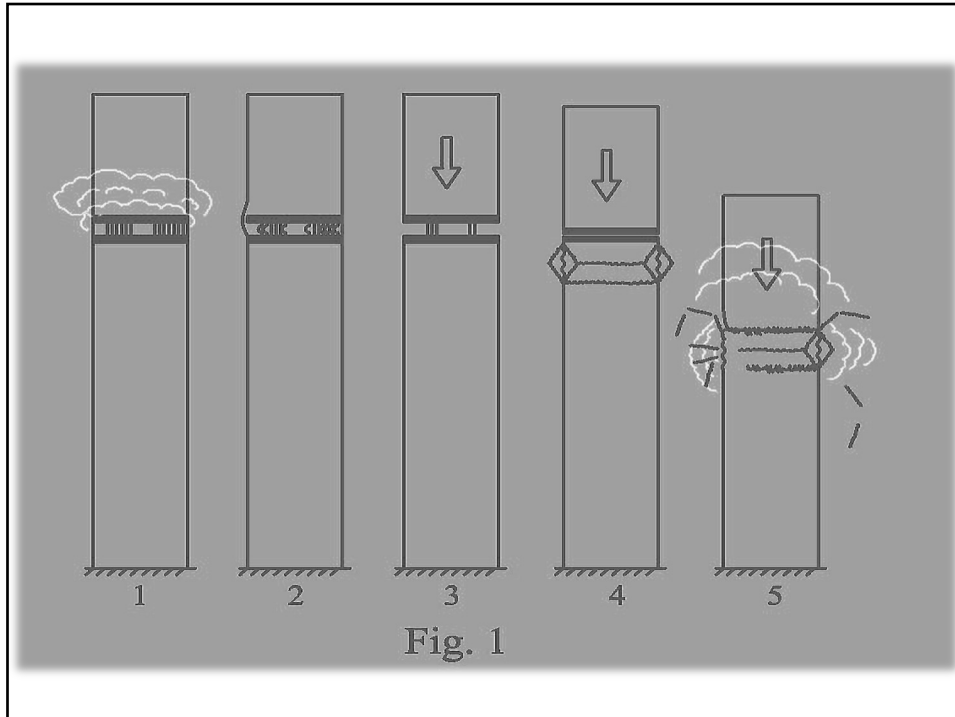
51

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

52



53

Normalização nacional

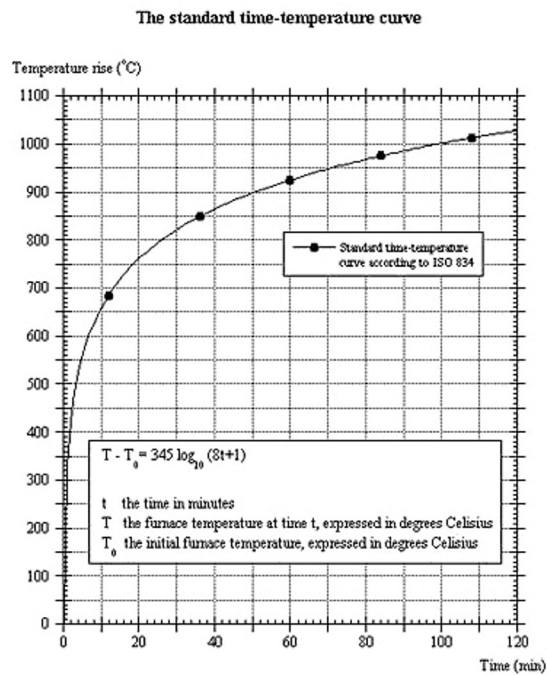
- **ABNT NBR 5628:2001**
Componentes construtivos estruturais – determinação da resistência ao fogo
- **ABNT NBR 14432:2001**
Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações - Procedimento
- **ABNT NBR 15200:2012**
Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio
-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

54

**Incêndio
padrão**

**Crescimento
da
temperatura**

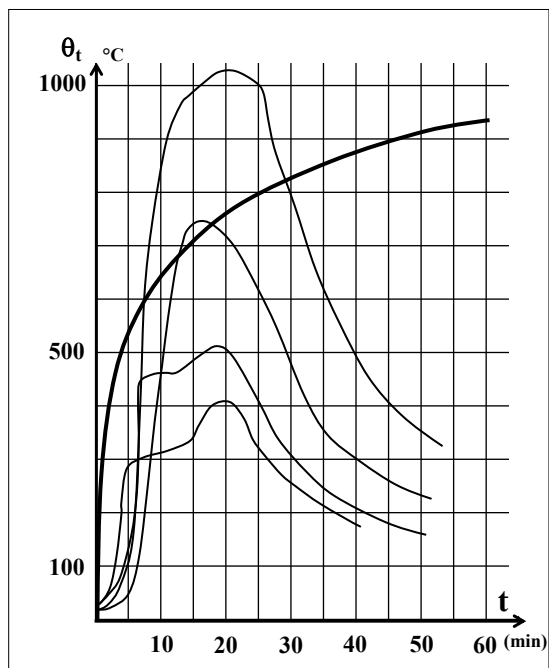
Curva ISO 834



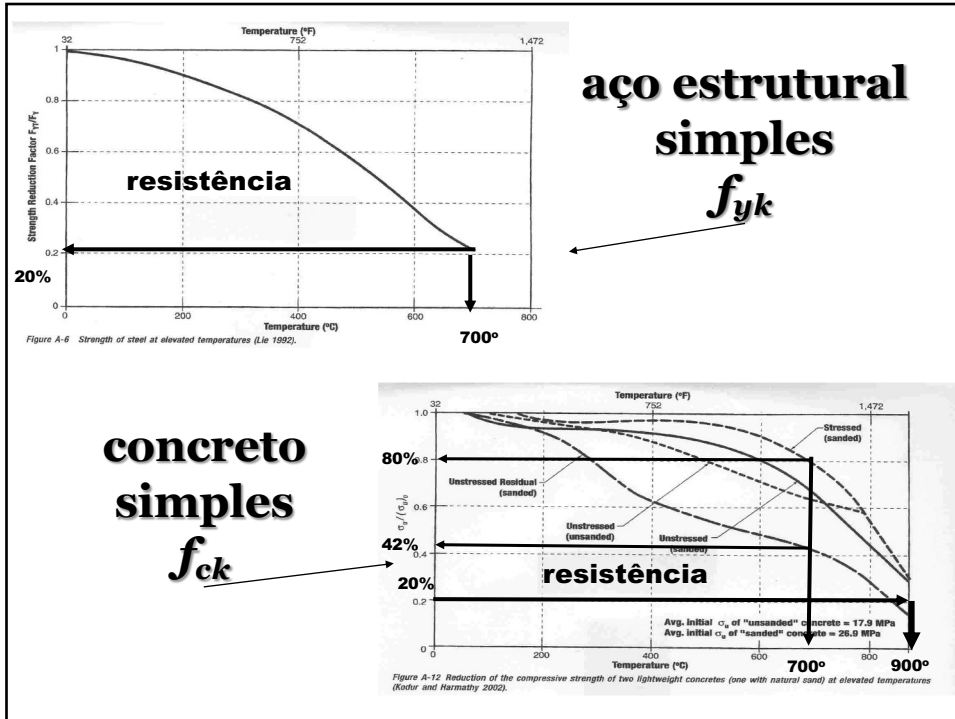
55

**Incêndio
real**

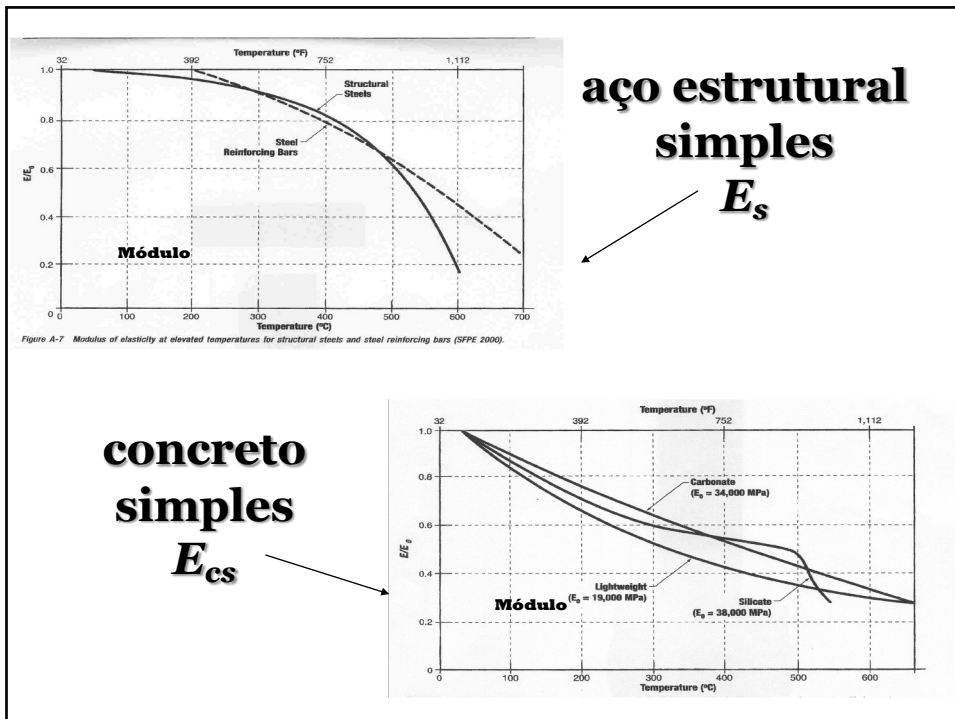
**depende das
dimensões,
forma, natureza e
volume da carga
térmica, e da
ventilação,
janelas, porta,
aberturas**



56



57



58

Distribuição da temperatura em perfis de aço

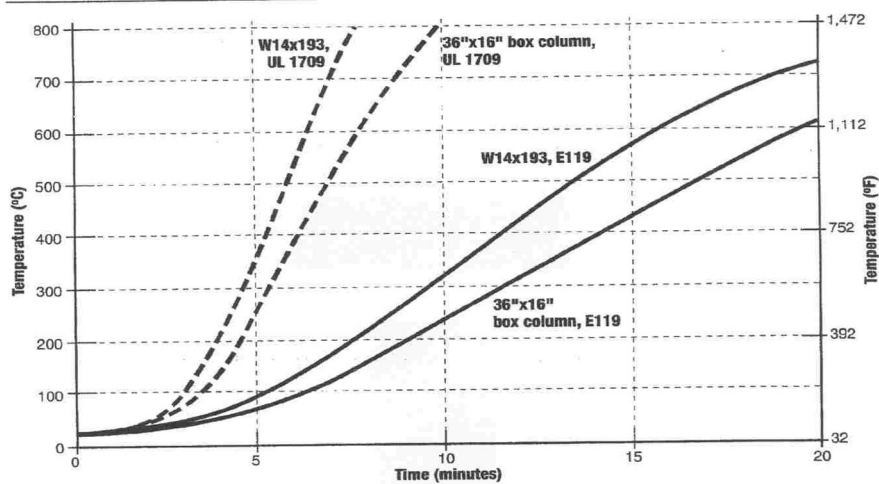


Figure A-9 Steel temperature rise due to fire exposure for unprotected steel column.

59

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



60

Concreto e Incêndio

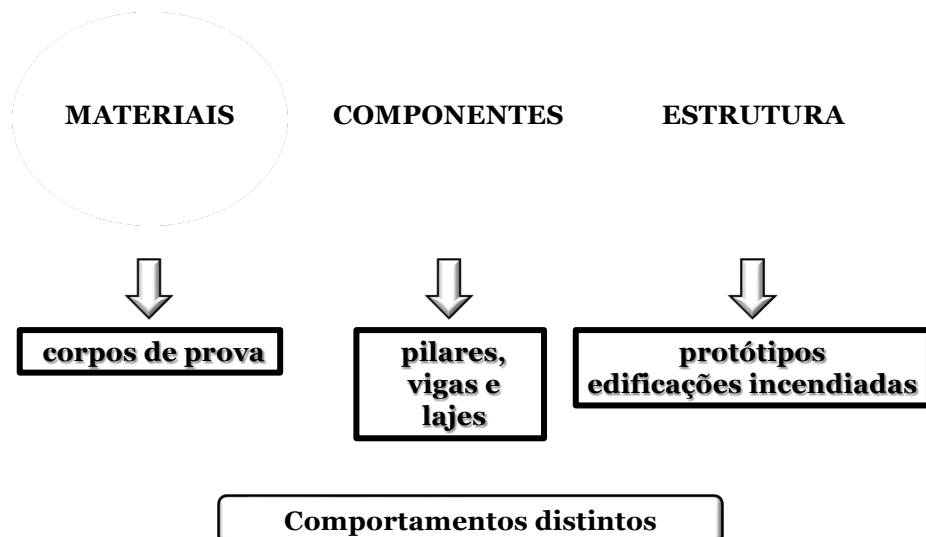
Concreto é versátil
Concreto não é inflamável
Concreto é incombustível
Concreto é resistente
Concreto é isolante térmico

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 → Ca(OH)_2 → CaO → agregados soltam
900 a 1200 °C → fusão parcial, CO_2

61

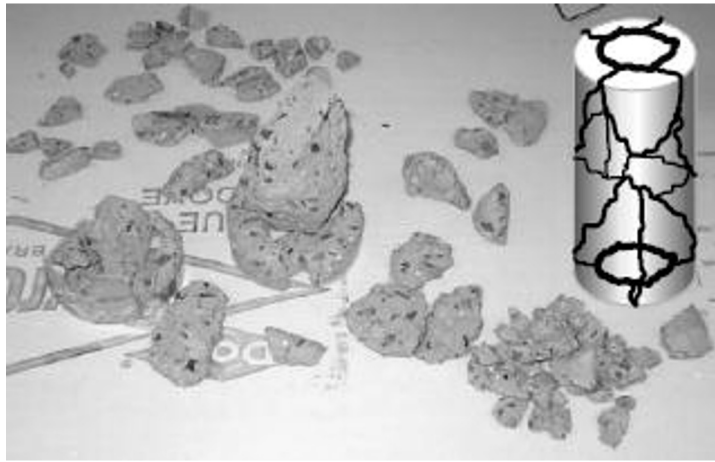
Ensaio



62

Constatações

ensaios
em
corpos
de
prova !



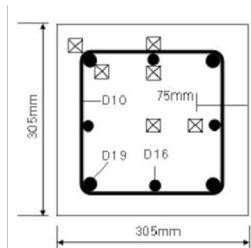
(Phan, 2002)

ensaios < 91 dias

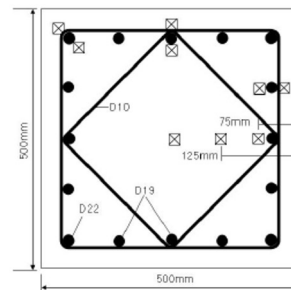
63

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)**

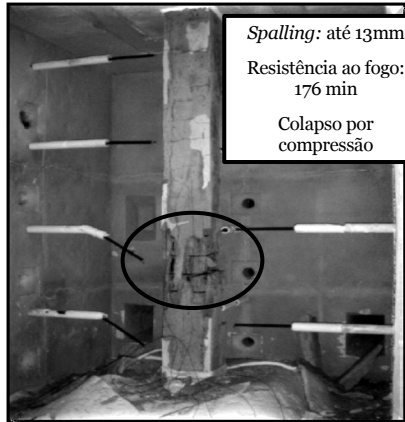
(Park et al., 2007)

ensaios < 91 dias

64

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)

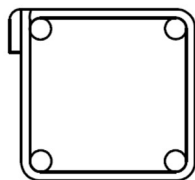
ensaios < 91 dias

65

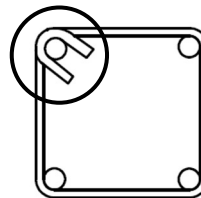
Constatações

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

66

Constatações

detalhes / **armadura**



Configuração Convencional de Estribos

(Kodur, 2005)

f_{ck} 83 MPa



Configuração Modificada de Estribos

ensaios < 91 dias

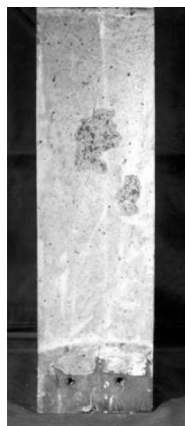
67

Constatações

fibras de polipropileno



Sem fibras



Com fibras

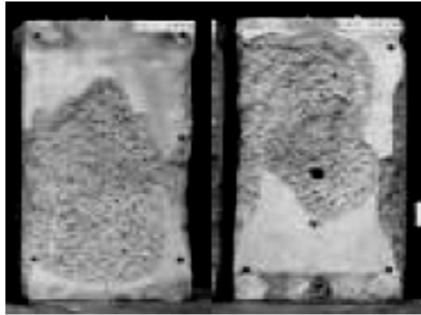
**maiores
quantidades com
menores
diâmetros e
maiores
comprimentos,
diminuem o
*spalling***

(Kawai, 2005)

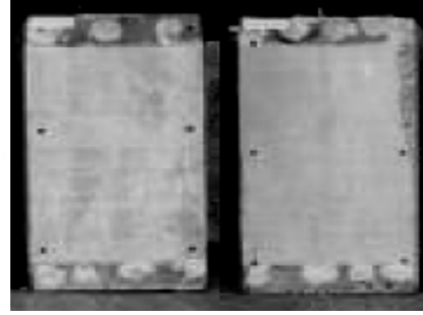
ensaios < 91 dias

68

constatações experimentais



63 dias



1 ano

(Morita et al, 2002)

influência da idade, do grau de hidratação e da umidade

69

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

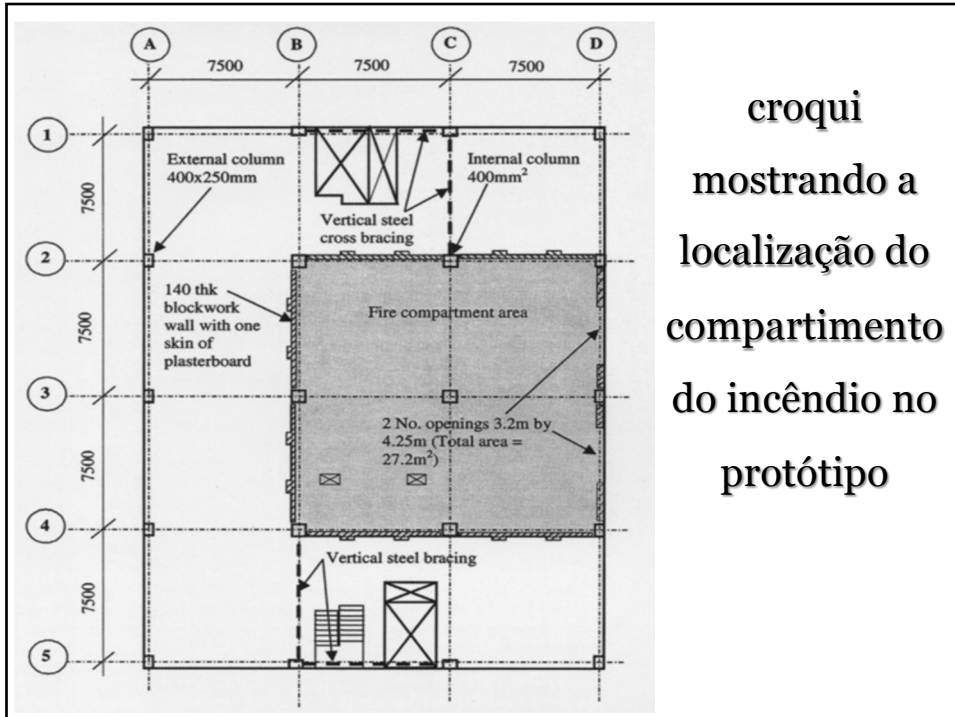
[Email this article](#)
[Printer friendly page](#)

- ✓ 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

70



71



72

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

73

INVESTIGAÇÃO

Universidade de São Paulo

Brasil
2002 → 2010

PhD student: Carlos Britez
Supervisor: Paulo Helene

74

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

75



76

“ HPCC in Brazilian Office Tower”

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

HELENE, Paulo &
HARTMANN, Carine



77

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

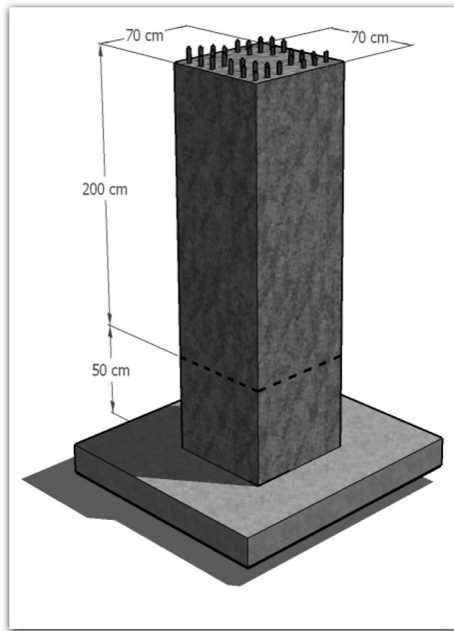
semi-Olympic-sized swimming pool and fitness center, and a rooftop helicopter landing pad. It will also have an “intelligent” air conditioning system and provisions for energy and water system savings. Floor area for the completed 162-m-high, 42-story tower will be 52,000 m². Among the five tallest buildings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

78

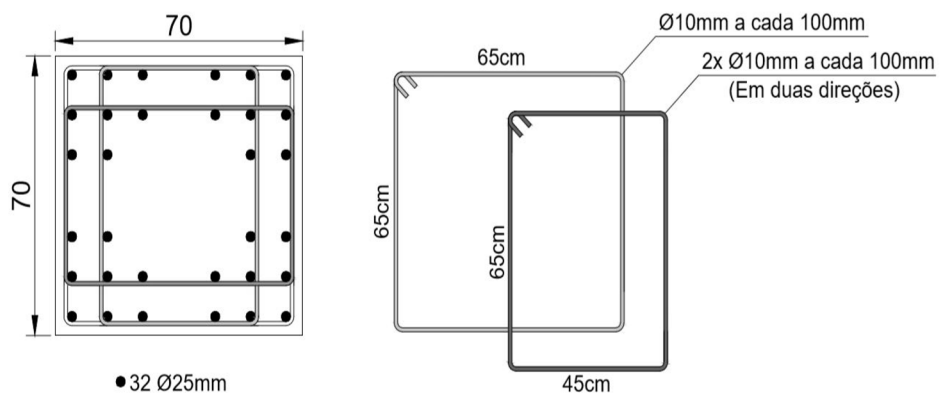
Pilar



- ✓ **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**

79

Seção transversal



**geometria e configuração da
armadura**

80

Condições similares às reais
Pilar mantido em ambiente externo



81

Pilar: corte, içamento e transporte



fio diamantado



82

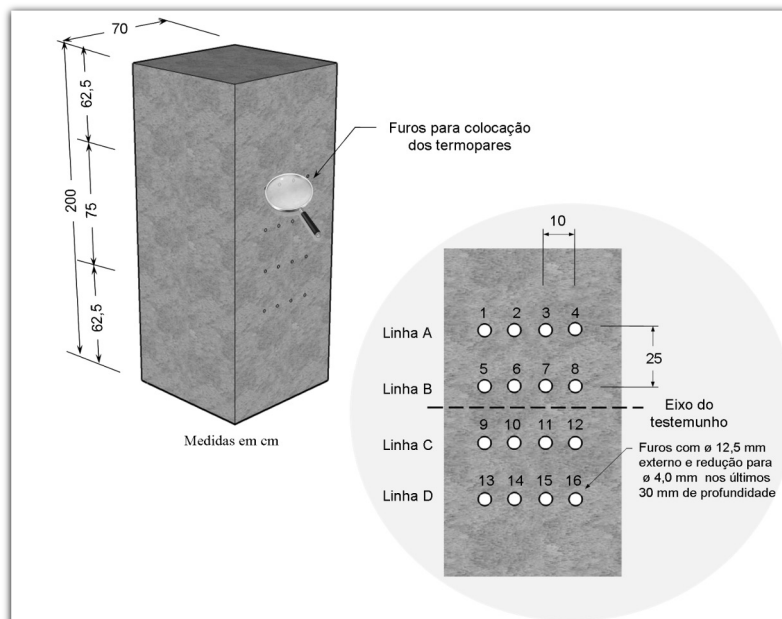
Testemunhos extraídos



Após 8 anos
140 MPa

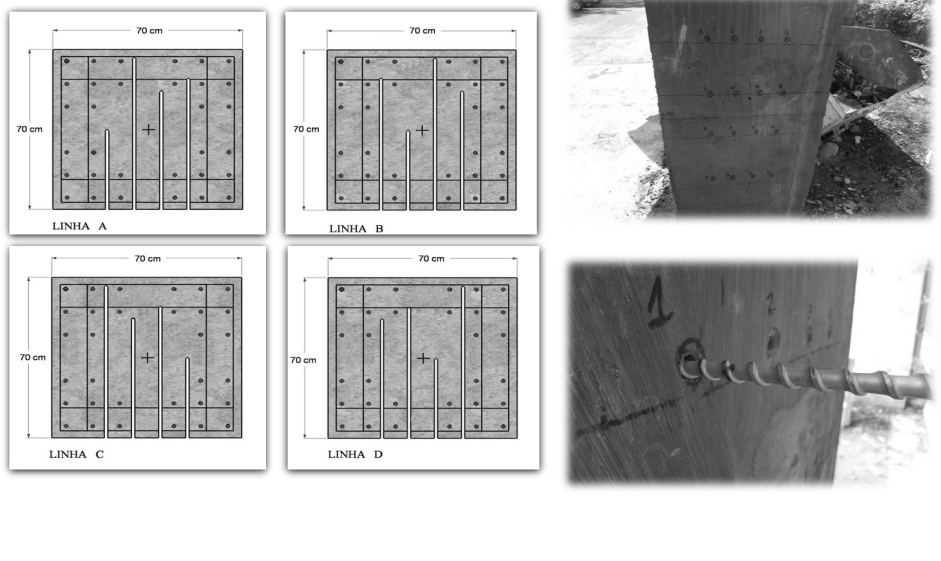
83

Esquema dos termopares



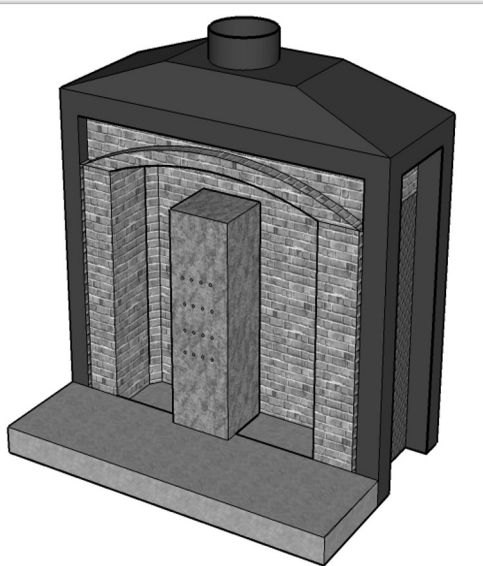
84

posição dos termopares



85

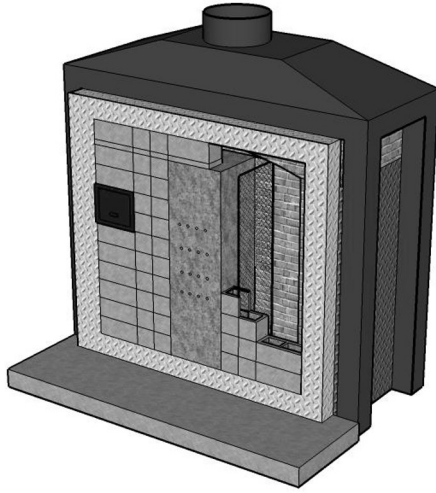
posicionamento no forno



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

86

forno de labareda a gás



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

87



laboratório

88

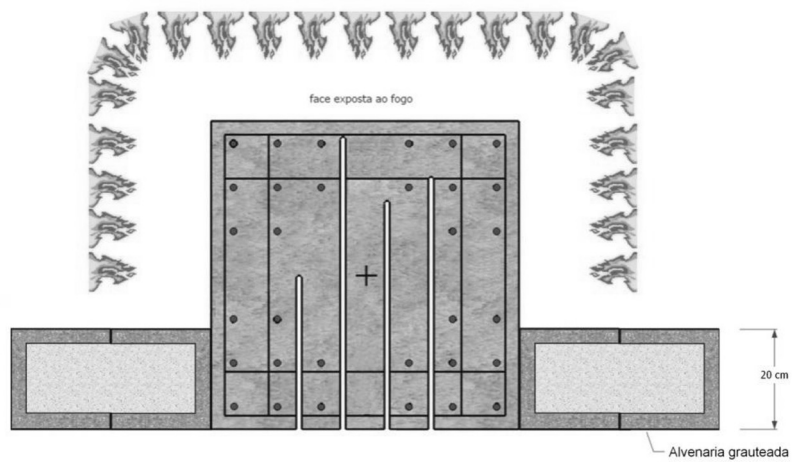
IPT
2010



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

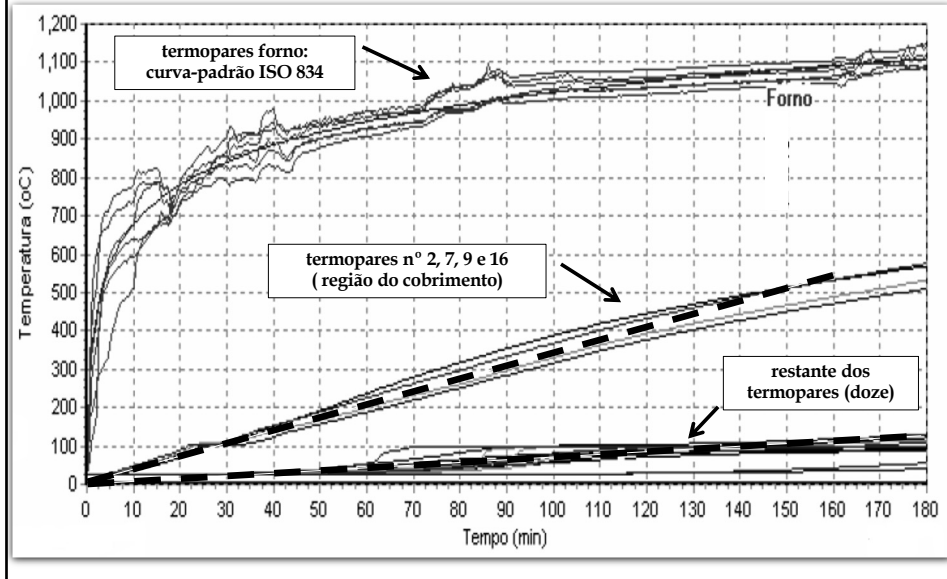
89

esquema da simulação (planta)



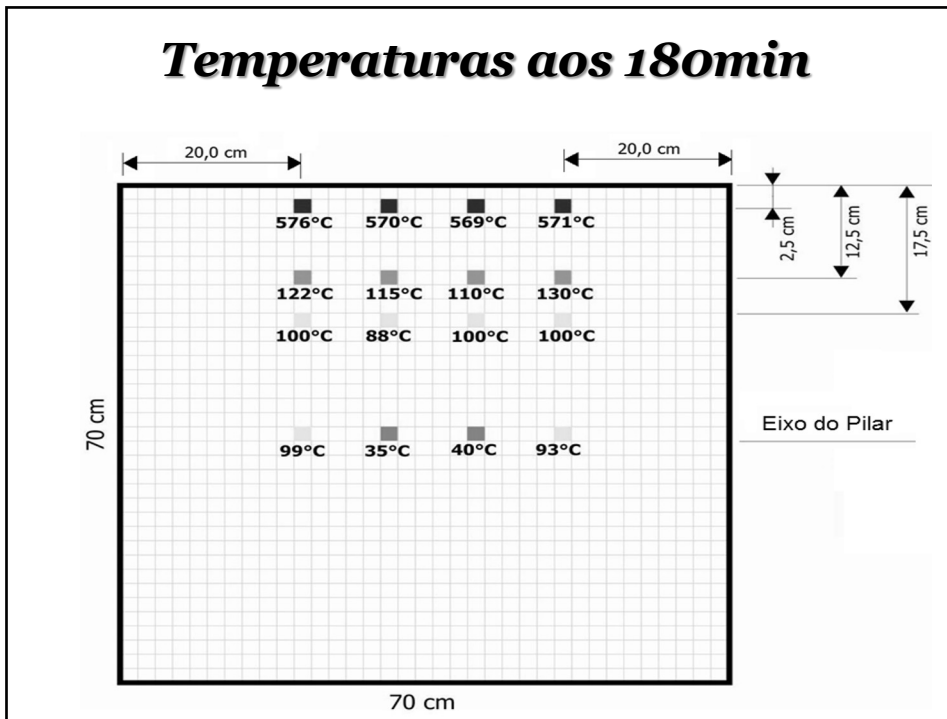
90

Evolução das temperaturas



91

Temperaturas aos 180min



92

Integridade



arestas perfeitas

93

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

94



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



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



95



96

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)

97



98

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

99

anamnese ***pesquisa***

ROBERTO NOVELLI FIALHO

Edifícios de escritórios na cidade de São Paulo

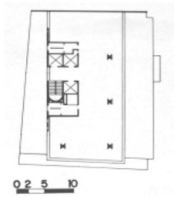
Tese apresentada à FAUUSP para obtenção do título de doutor
Área de concentração: Projeto de Arquitetura
Orientador: Prof. Dr. Rafael A. C. Perrone

SÃO PAULO
2007

100

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.

101

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)

102

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.

103

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

104

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.

105

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

106

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



107

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.

108

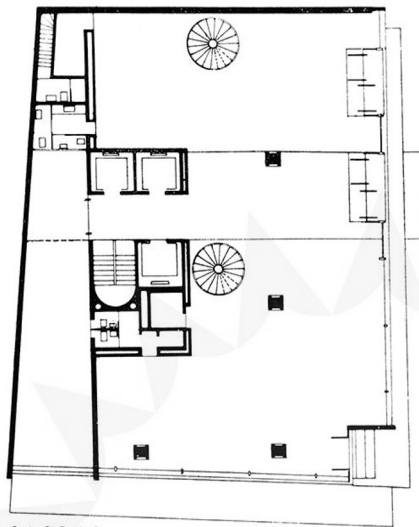
anamnese *pesquisa*



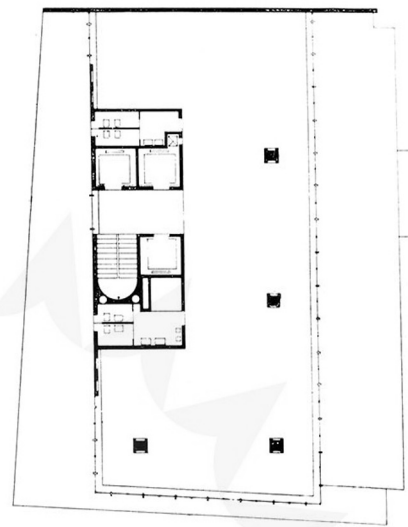
Revista Acrópole Número 323 Ano 27 Novembro 1965

109

anamnese *pesquisa*



Pavimento térreo

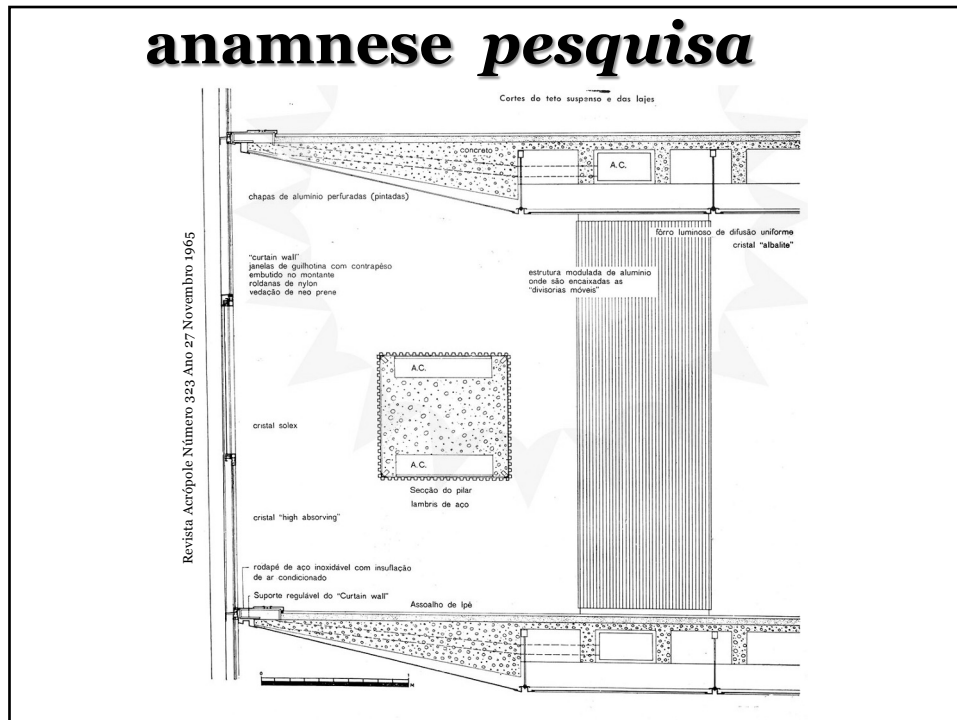


Pavimento tipo

Revista Acrópole Número 323 Ano 27 Novembro 1965

110

anamnese *pesquisa*



111



112



113



114



115



**Estruturas de madeira na casa de
máquinas**

116

Geometria dos pilares

117



118

Histórico



119

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

120

Invasão



121

Invasão



122

Invasão



123

Invasão



124

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)



125

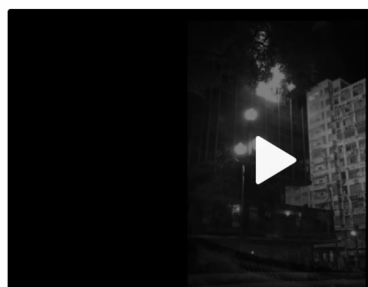
SÃO PAULO

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



126

Início às 1h30 (vídeo)



127

Desabamento às 2h50 (vídeo)



128



129



130

Após o desabamento...



131

Após o desabamento...



132

Após o desabamento...



133

Após o desabamento...



134

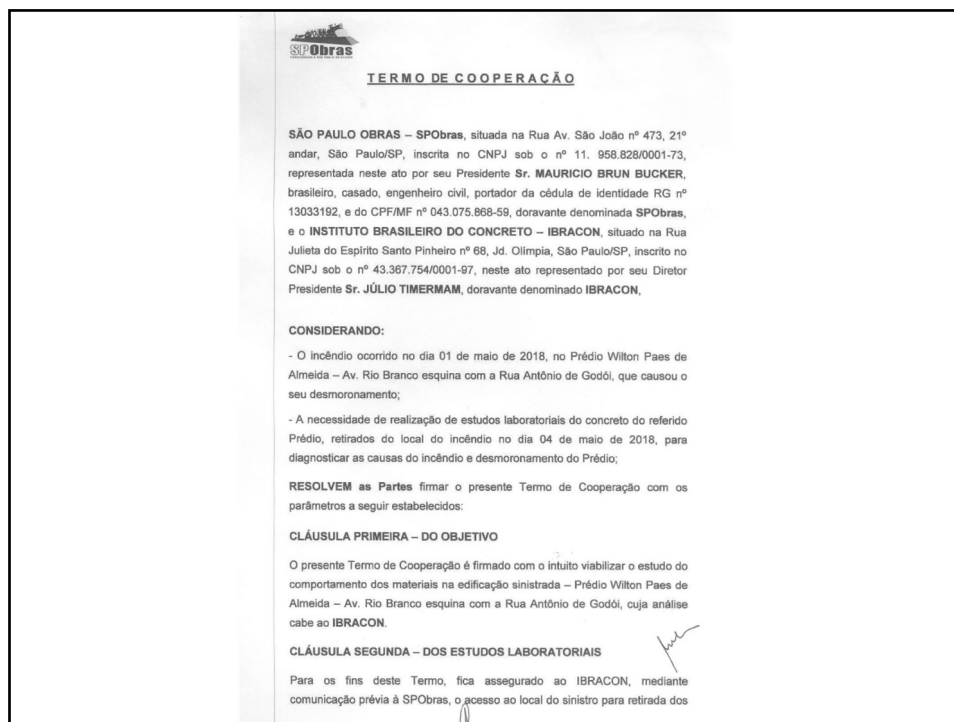
Análise dos escombros

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

135



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 TIMERAMAM**, 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

136

coleta de amostras para ensaios



137

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



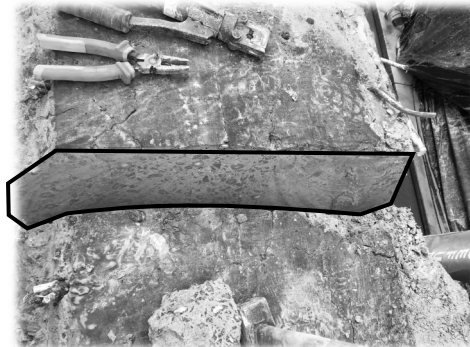
138

preparação da amostra



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

UPM Universidade
Presbiteriana Mackenzie



139

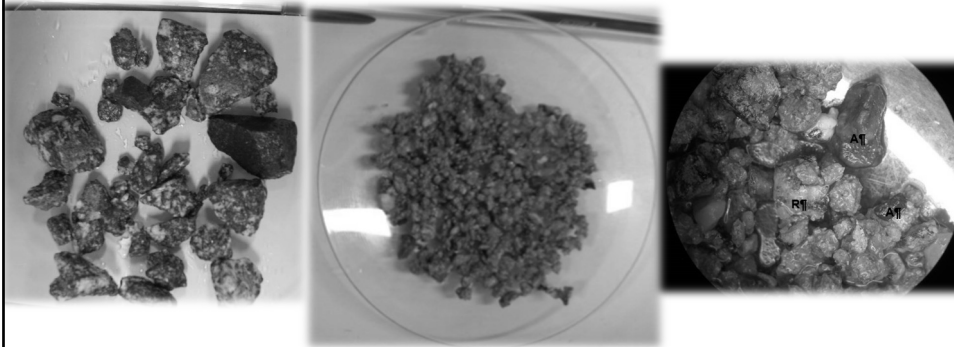
extração de testemunhos



**Universidade
Presbiteriana
Mackenzie
UPM**

140

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

141

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

142

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**

143

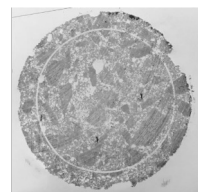
compressão



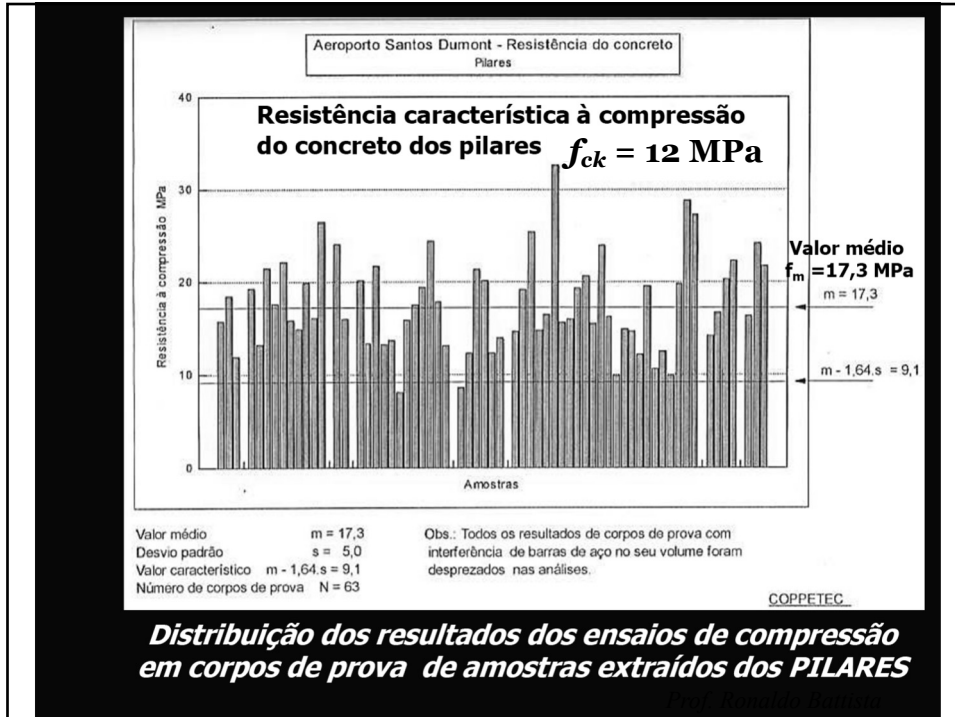
- ✓ ABNT NBR 7680 e NBR 5739
- ✓ Resistência média de 21,8MPa

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

ABCP Associação Brasileira de Cimento Portland



144



145

tração

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

ABCP Associação Brasileira de Cimento Portland




146

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

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

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.

147

espessura de carbonatação



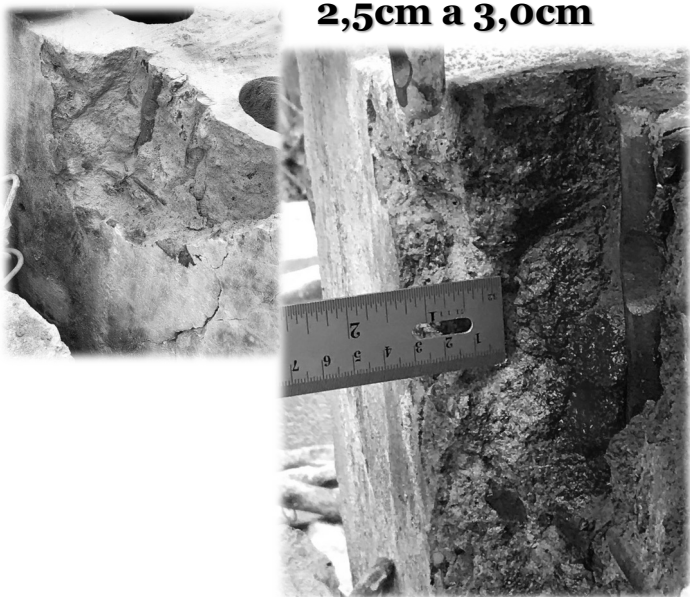
2,5cm a 3,0cm

Universidade
Presbiteriana
Mackenzie
UPM

148

espessura de carbonatação

2,5cm a 3,0cm



Universidade
Presbiteriana
Mackenzie
UPM

149

armadura

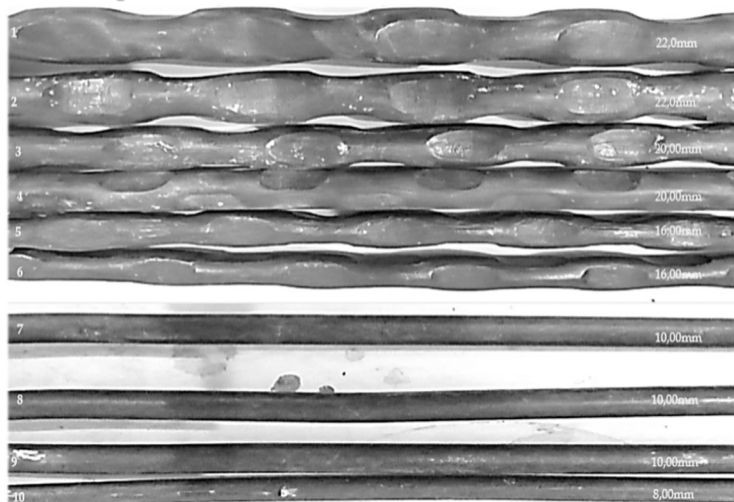
Barras longitudinais entalhadas com bitolas de 22, 20, e 16 mm. CA 60

Barras transversais lisas com bitola de 10 mm

CA 32

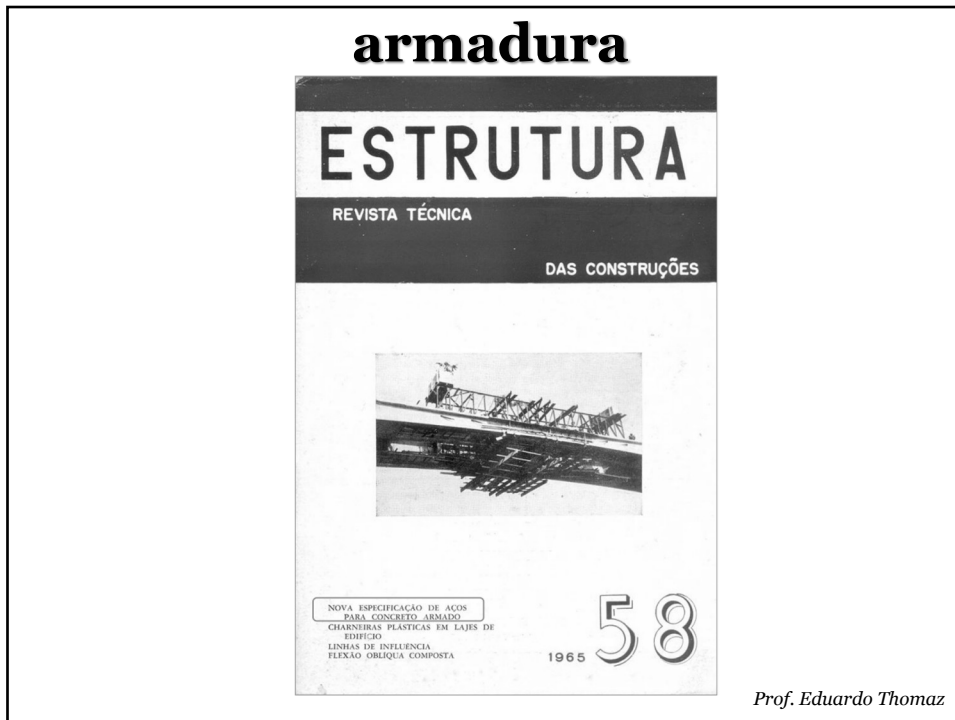
Barras complementares lisas com bitola de 8 mm.

CA 32



Laboratórios
da
ArcelorMittal

150



151

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
"	—			—	"

152

armadura

PEÇAS DE CONCRETO ARMADO COM AÇO PERISTAHL

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

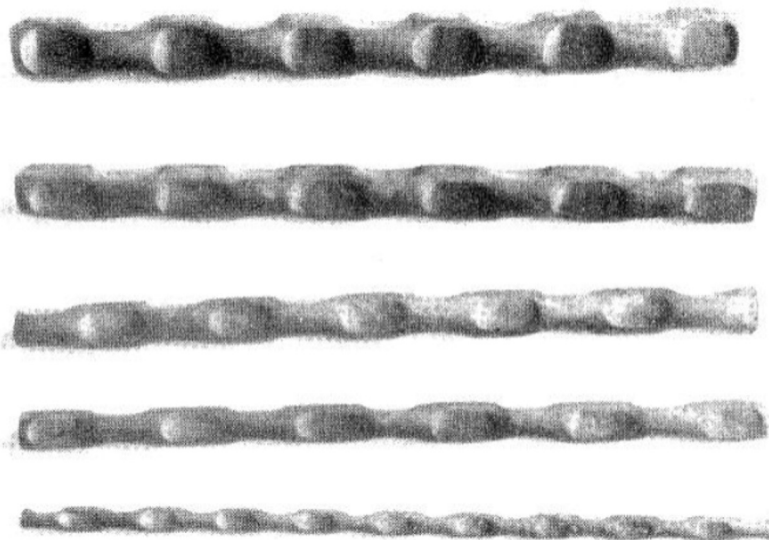
TELEMACO VAN LANGENDONCK

SUMARIO

- 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.

153

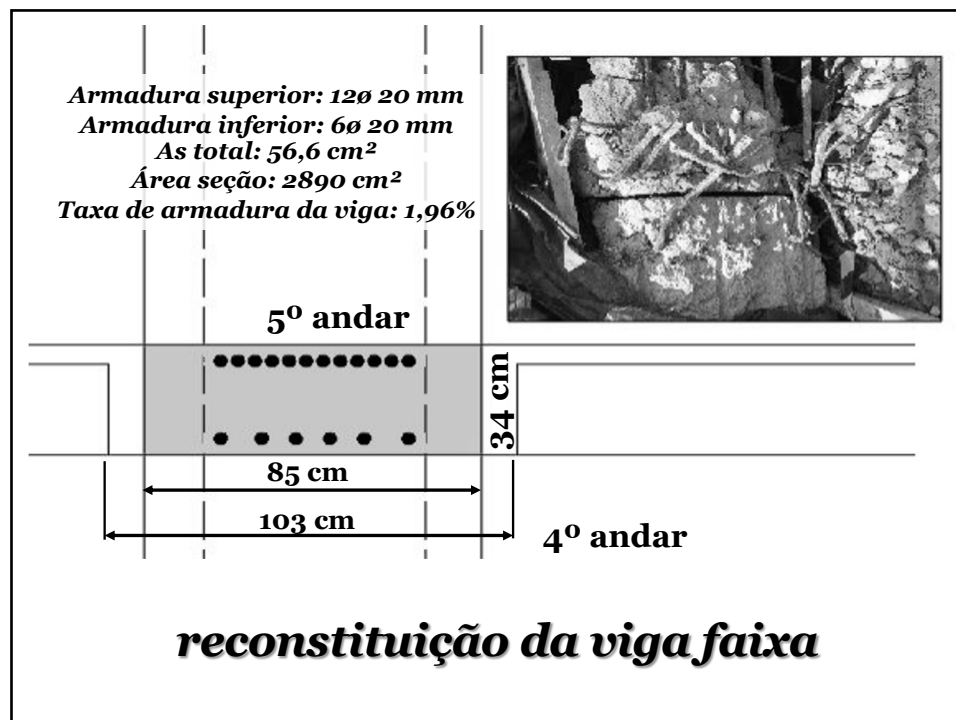
armadura



154

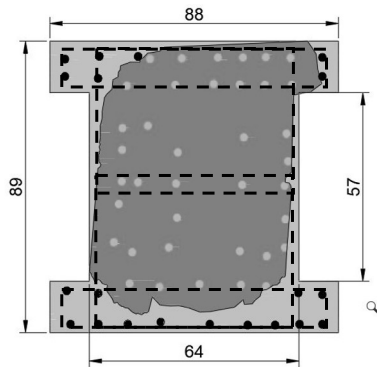
reconstituição da seção do pilar e da viga faixa

155



156

reconstituição da seção transversal



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

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

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

tramo de pilar do 5º andar

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

$$< 1,0\text{cm}$$

157

verificação estrutural

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

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

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

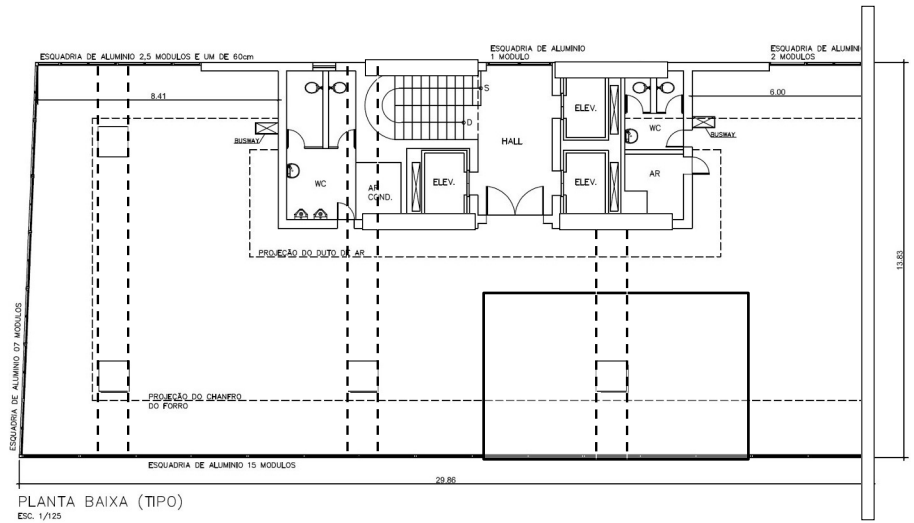
carga permanente estimada $\approx 100 \text{ kgf/m}^2$

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

carga total: $822,5 \text{ kgf/m}^2$

158

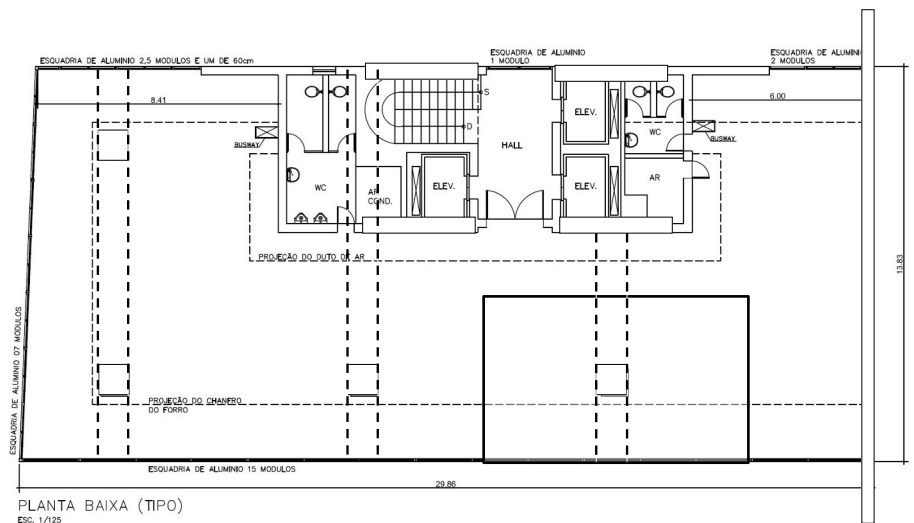
verificação estrutural



área de influência (CAD) = ~47,4m²

159

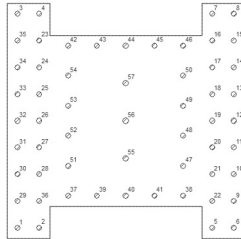
verificação estrutural



Estimado pelos desenhos carga de ~ 38 tf / pav.

160

verificação estrutural



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

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

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

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

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

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

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

161

verificação estrutural

capacidade do pilar sem momentos:

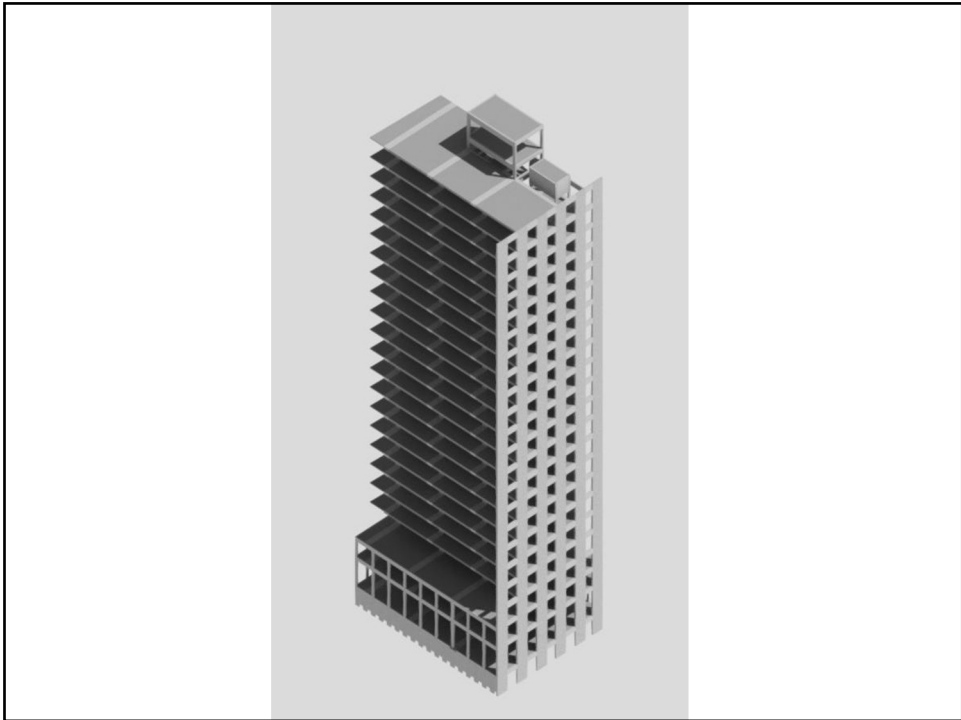
$$N_k \approx 986 \text{ tf}$$

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

162



163



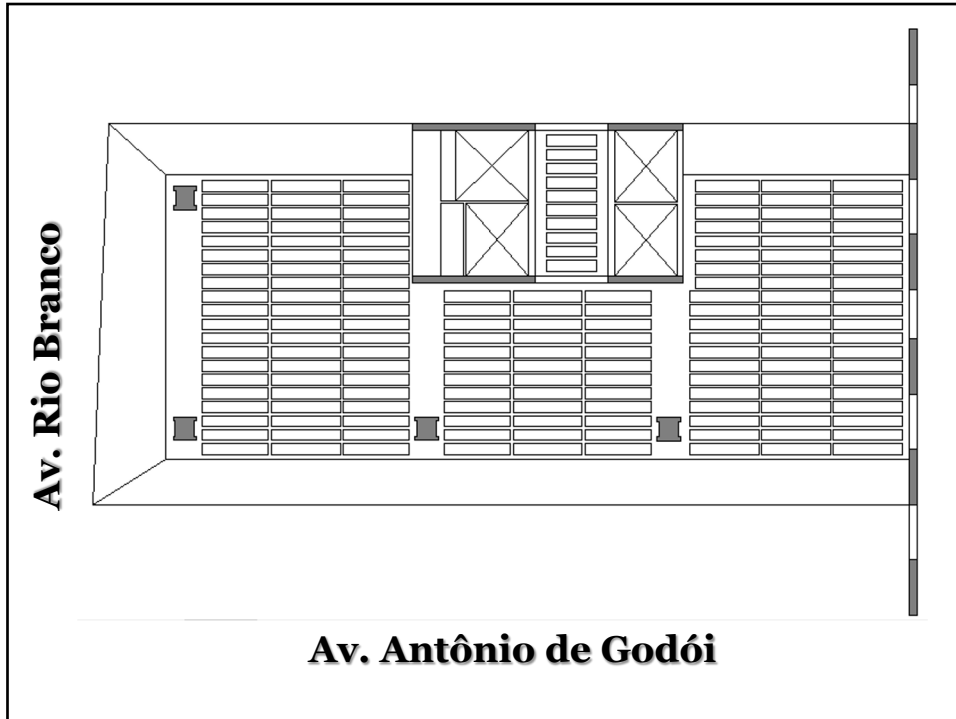
164



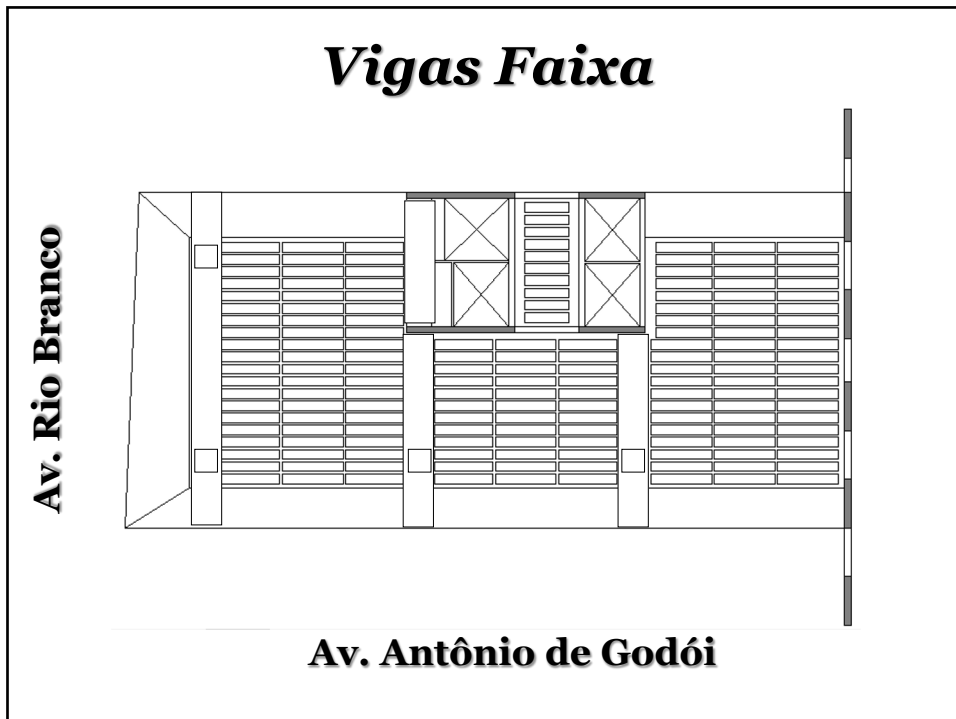
165



166



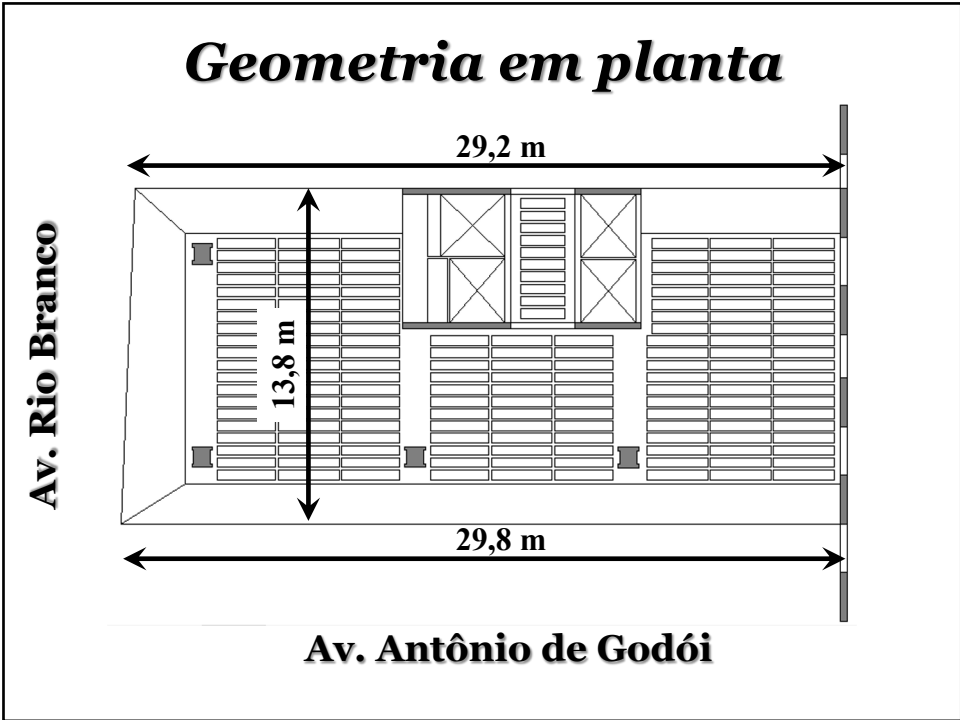
167



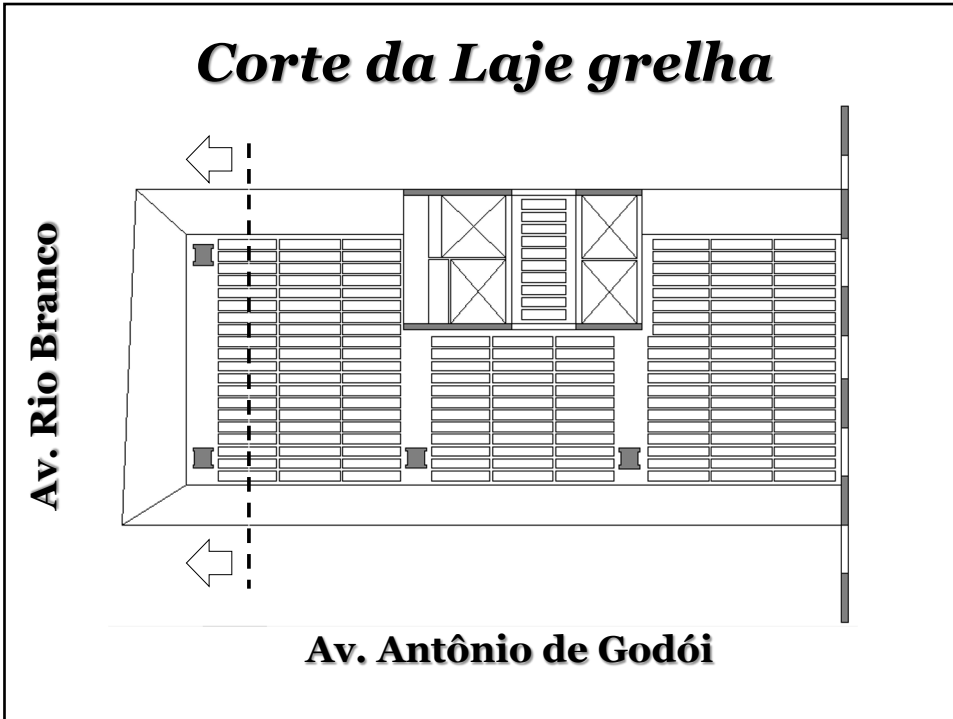
168



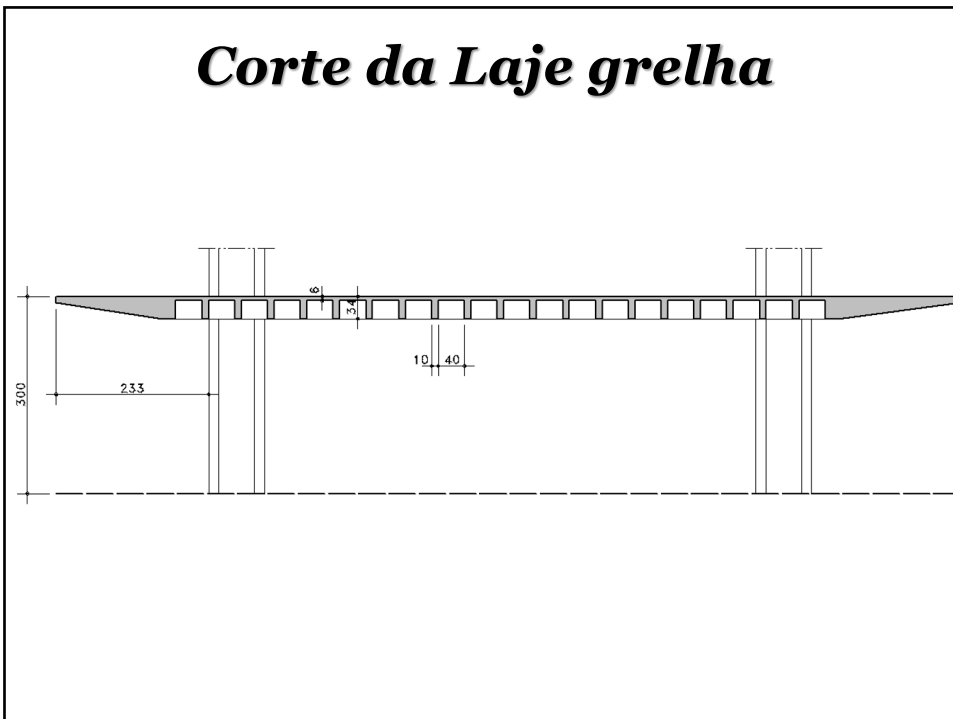
169



170



171



172

Critérios assumidos

Carga permanente: 100 kgf/m² → Baseado no revestimento existente declarado pela SPU (regularização + piso de madeira);

Sobrecarga: 150 kgf/m² → Baseado nas edificações da época e relatos da SPU;

Ferramenta de análise: CAD/TQS;

Modelo utilizado: Modelo VI (único que “convergiu”);

Adotados critérios 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 **variação térmica** para avaliar os deslocamentos da estrutura devido a dilatação térmica durante o incêndio;

Estabilidade Global avaliada via processo P-Delta.

173

DESLOCAMENTOS ÚLTIMOS

**Modelo ELU com
variação térmica
com vento do dia
01/05/2018**

174

Série histórica de vento **www.inmet.gov.br**

BDMEP - INMET

Estação : SAO PAULO MIR de SANTANA - SP (OMM: 83781)
Latitude (graus) : -23.5
Longitude (graus) : -46.61
Altitude (metros): 792.06
Estação Operante
Início de operação: 01/12/1945
Período solicitado dos dados: 30/04/2018 a 02/05/2018
Os dados listados abaixo são os que encontram-se digitados no BDMEP
Hora em UTC

Obs.: Os dados aparecem separados por ; (ponto e vírgula) no formato txt.
Para o formato planilha XLS, [siga as instruções](#)

Estacao;Data;Hora;VelocidadeVento

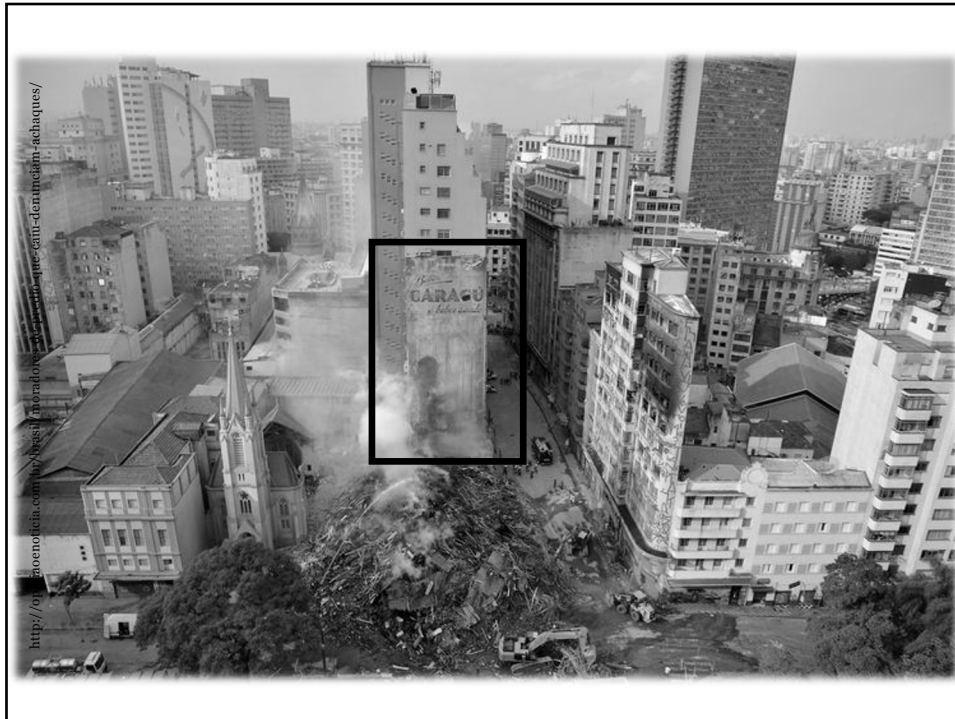
83781;30/04/2018;0000;1.6;
83781;30/04/2018;1200;0.7;
83781;30/04/2018;1800;1.6;
83781;01/05/2018;0000;0.8;
83781;01/05/2018;1200;1.1;
83781;01/05/2018;1800;2;
83781;02/05/2018;0000;2;
83781;02/05/2018;1200;3.3;
83781;02/05/2018;1800;2.5;

Vento médio do dia:
~ 1m/s

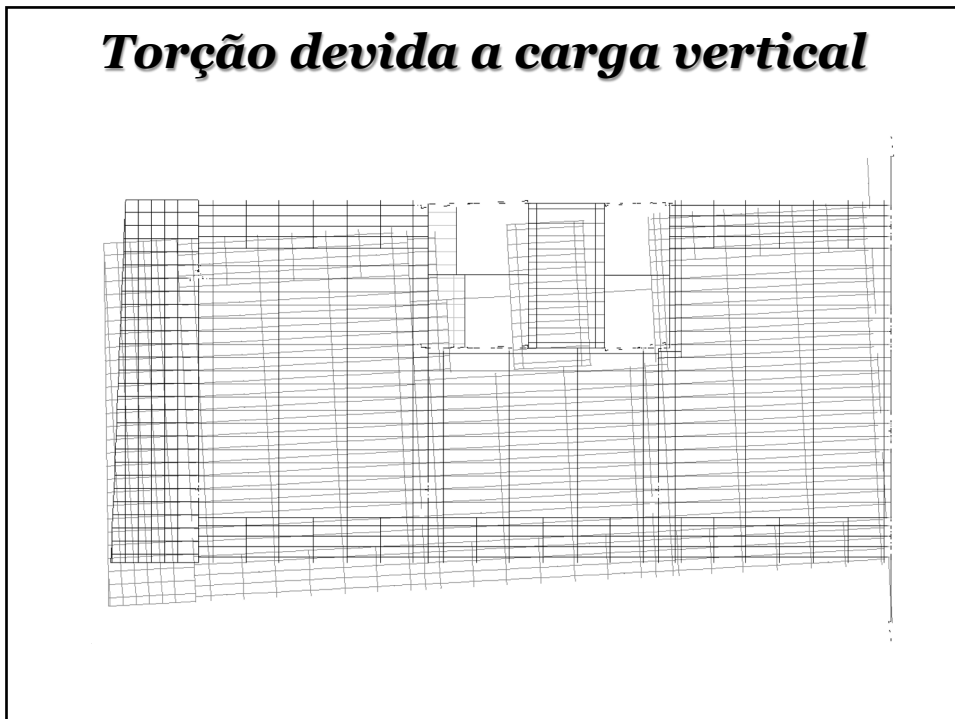
175



176



177



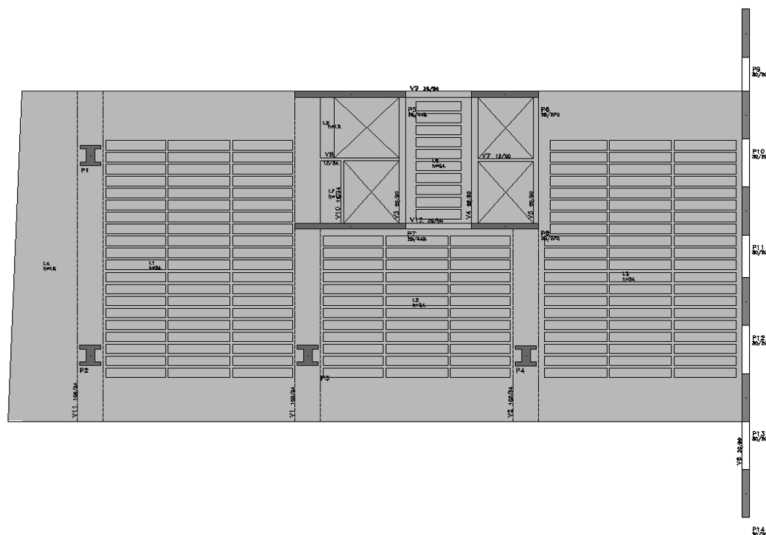
179

Carregamento térmico



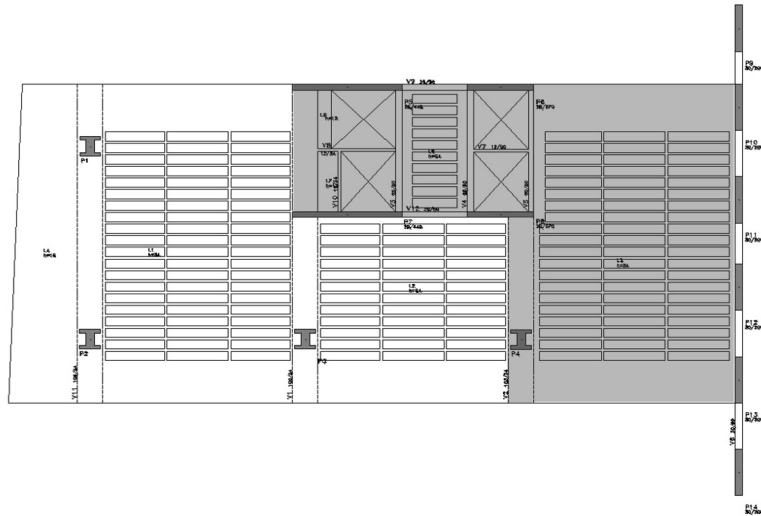
180

Carregamento térmico ***Pilotis ao 10º pavimento e 18º até cobertura***



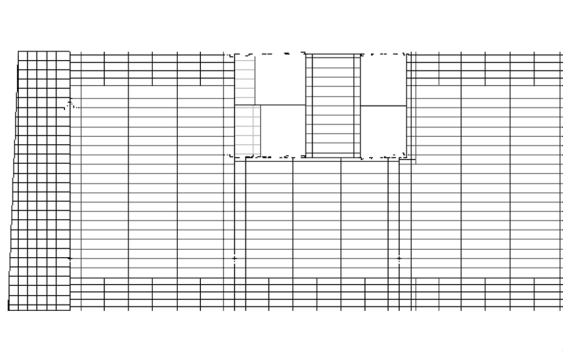
181

Carregamento térmico **11^o ao 17^o pavimento**



182

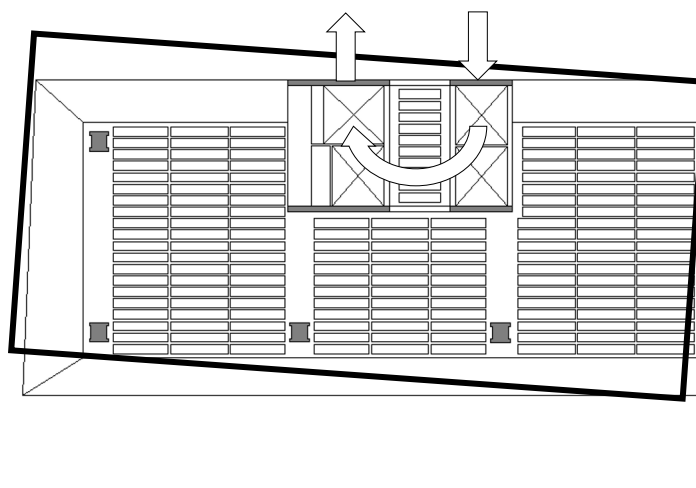
Restrição do edifício vizinho justaposto



Ed.
Caracu

184

Hipótese da mecânica do colapso



185

Variação de 200° C:

ELS -> 21 cm

ELU -> 28 cm

Variação de 500° C:

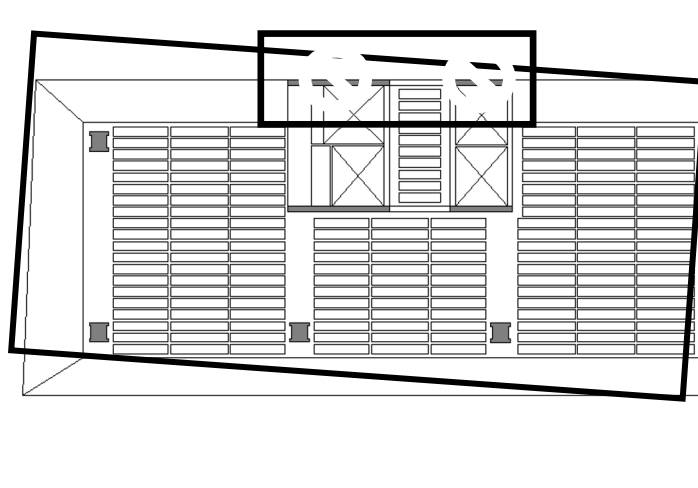
ELS -> 36 cm

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.

186

Hipótese da mecânica do colapso

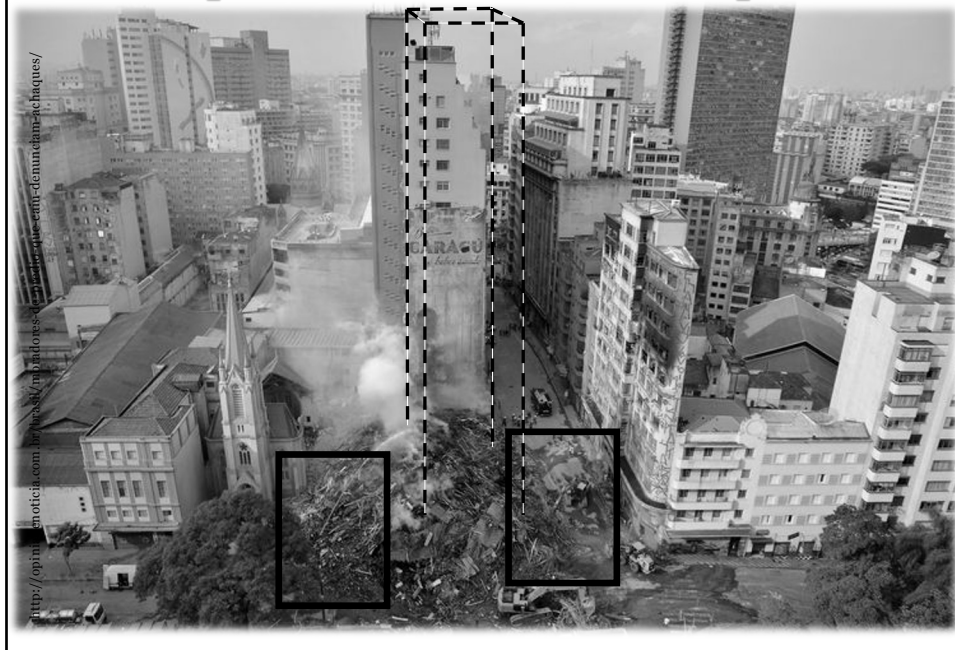


187



191

Hipótese da mecânica do colapso



193

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



196

FOLHA DE S. PAULO

DESDE 1921 *** UM JORNAL A SERVIÇO DO BRASIL

DIRETOR DE REDAÇÃO: OTAVIO FRASS FILLARD

SEXTA-FEIRA, 11 DE MAIO DE 2018

EDIÇÃO SP/DF • CONCLUÍDA ÀS 05h 45m

Geisel avalizou execuções na ditadura, diz documento

Documento de 1974 libera o presidente Geisel de acusações que, segundo a Justiça, ele teria avalizado a continuidade de uma política de repressão no âmbito do governo militar. O documento, publicado em 2014, afirma que Geisel não foi responsável por mortes, torturas e desaparecimentos durante a ditadura.

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

Marcelo França (PSB) anunciou medidas para acelerar o processo eleitoral em São Paulo. Entre as ações, estão a redução de impostos e a criação de comitês locais para facilitar a participação dos cidadãos.

Unos lugares na cidade para comer com os seus filhos ou levar a sua mãe

Com a chegada do verão, muitos pais procuram locais seguros e agradáveis para levar os filhos à escola ou para almoçar. A reportagem sugere alguns pontos estratégicos da cidade.

Avião de 87 Criado por brasileiro, medido para medir pressão no cérebro chega à hospital

Um novo dispositivo médico, desenvolvido por um brasileiro, foi usado para medir a pressão intracraniana em um paciente. O aparelho, chamado de "chip", é considerado uma inovação importante na neurologia.



Luiz Carlos de Almeida, sócio da Dolly, segura cartaz durante manifestação em São Paulo. Ele é acusado de fraude fiscal.



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 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 um decreto de 1974 que levou a mudanças nas normas de segurança contra incêndios. A Prefeitura anunciou que vai exigir reformas em milhares de prédios para adequá-los às novas regras. O trabalho será feito em etapas, começando pelos edifícios de maior risco.

cotidiano

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

Período de construção	Quantidade de prédios	Porcentagem
Antes de 1974	24.700	47%
1974-1979	10.000	19%
1980-1989	8.000	15%
1990-1999	6.000	11%
2000 em diante	4.300	8%

Condições existentes em milhares por causa de prego de reforma

Condições existentes em milhares por causa de prego de reforma. A Prefeitura anunciou que vai exigir reformas em milhares de prédios para adequá-los às novas regras. O trabalho será feito em etapas, começando pelos edifícios de maior risco.

Condições existentes em milhares por causa de prego de reforma

Condições existentes em milhares por causa de prego de reforma. A Prefeitura anunciou que vai exigir reformas em milhares de prédios para adequá-los às novas regras. O trabalho será feito em etapas, começando pelos edifícios de maior risco.

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?

199

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**

200

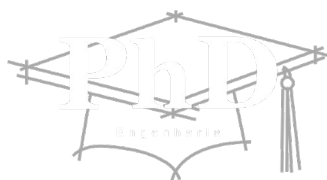
Obrigado !

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
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
Eng. Jefferson Dias de Souza Junior
Eng^a. Jéssika Pacheco
Sr. José Luiz de Morais 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. 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 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

201

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

202