



Système Hennebique
Paris, Rue Danton1

7 andares
França 1.900
30m

$f_{ck} = ?$
118 anos !

*edifício em concreto
armado mais antigo do
mundo*

3



4

Mortes em situação de Incêndio

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

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

5



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***

6



7



8



**aspecto
típico dos
pilares pós
incêndio**

9



aspecto típico das vigas

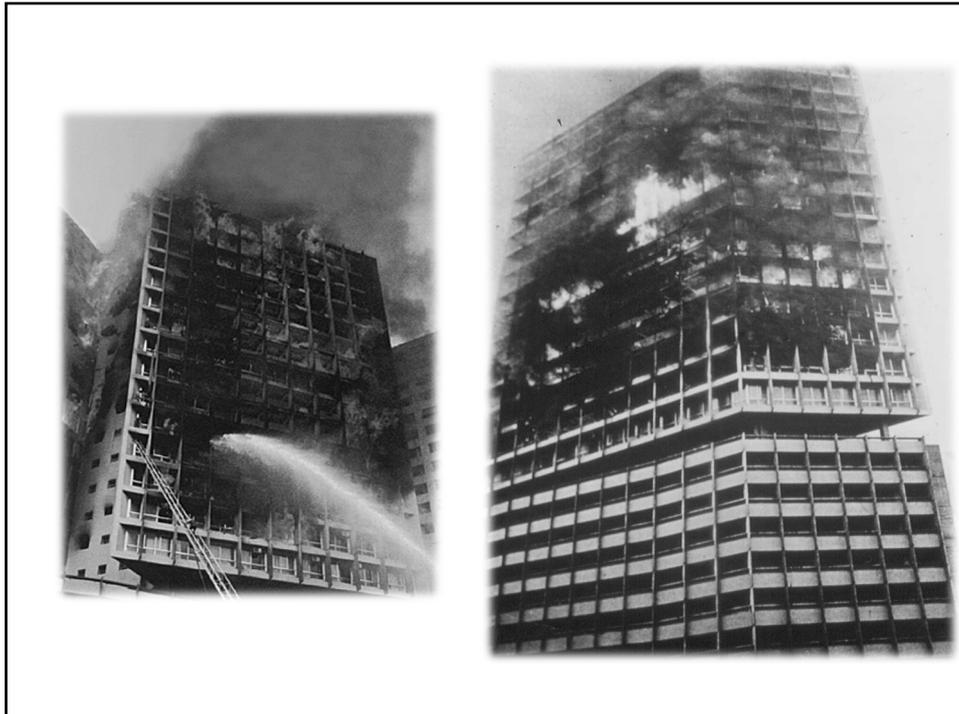
10



11



12



13



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#_=_

14

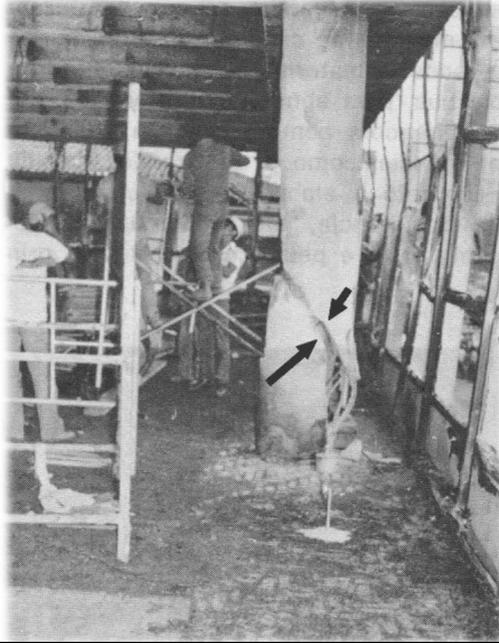


15



16

Incêndio de 1981



17



Edifício WINDSOR

**Madri, Espanha
2005**

Estrutura mista aço-concreto

**37 andares
5 andares de garagem
+ 31 andares de escritórios**

**Construção: 1991
Incêndio: 12 Fev. 2005**

**Duração: 16h
960min**

***somente as partes de
aço colapsaram
totalmente demolido***

18



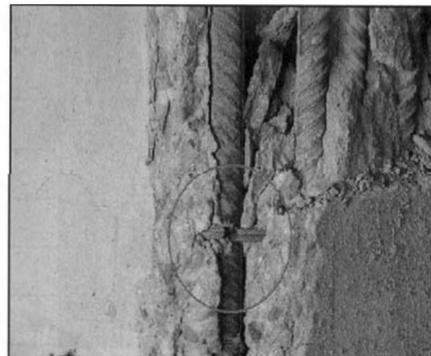
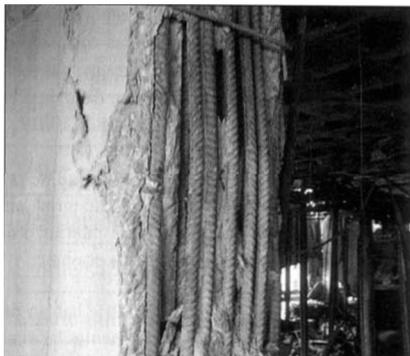
19



20



21



“ 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.

22



23

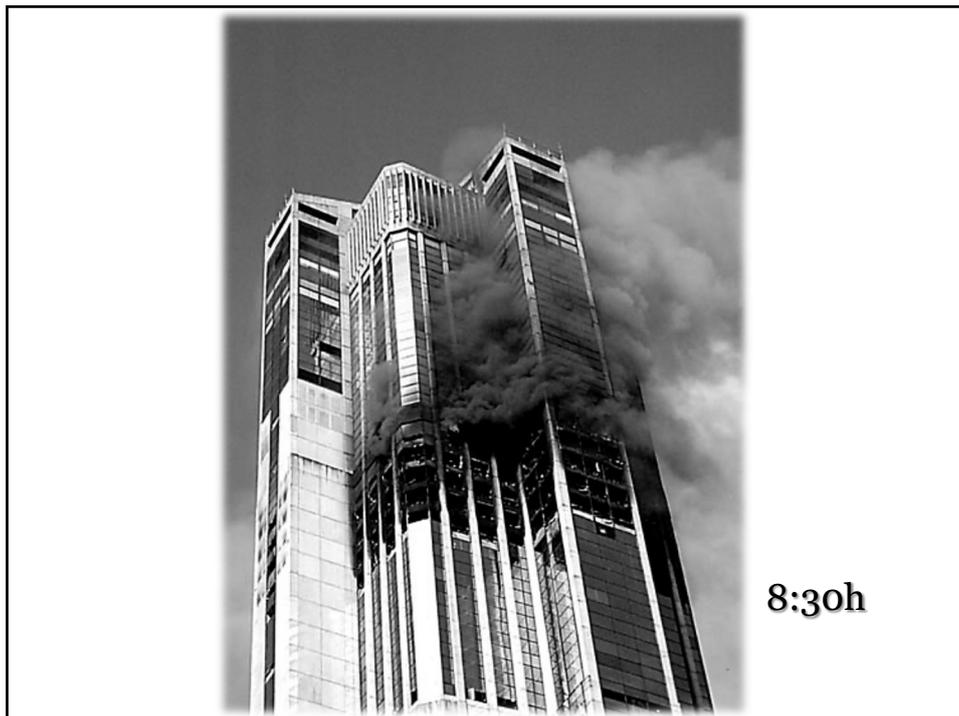


24

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

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

25



26



27



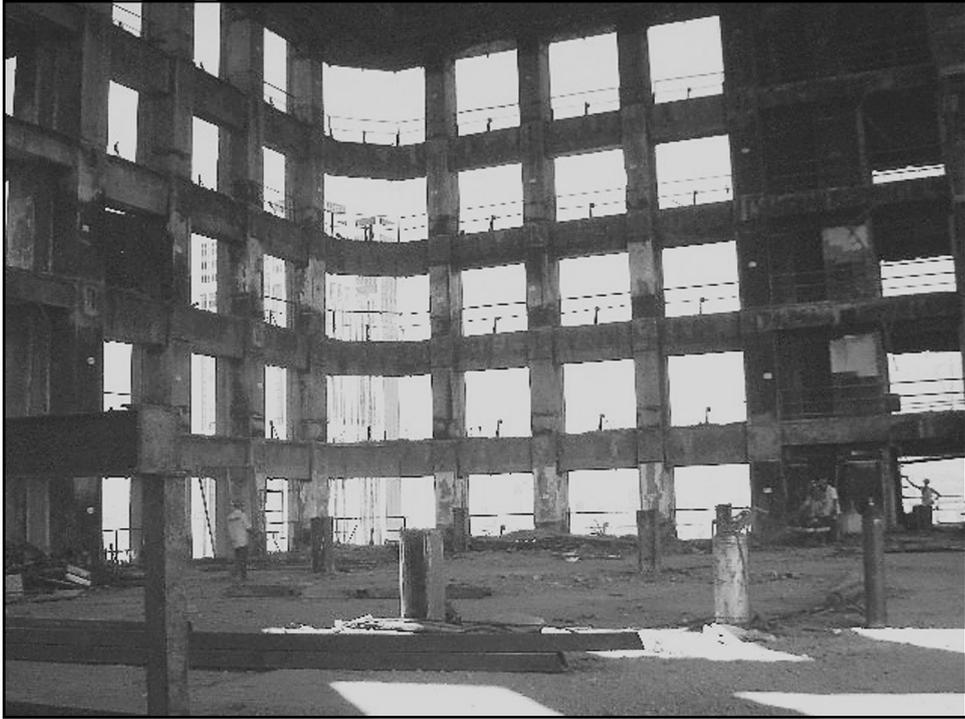
28



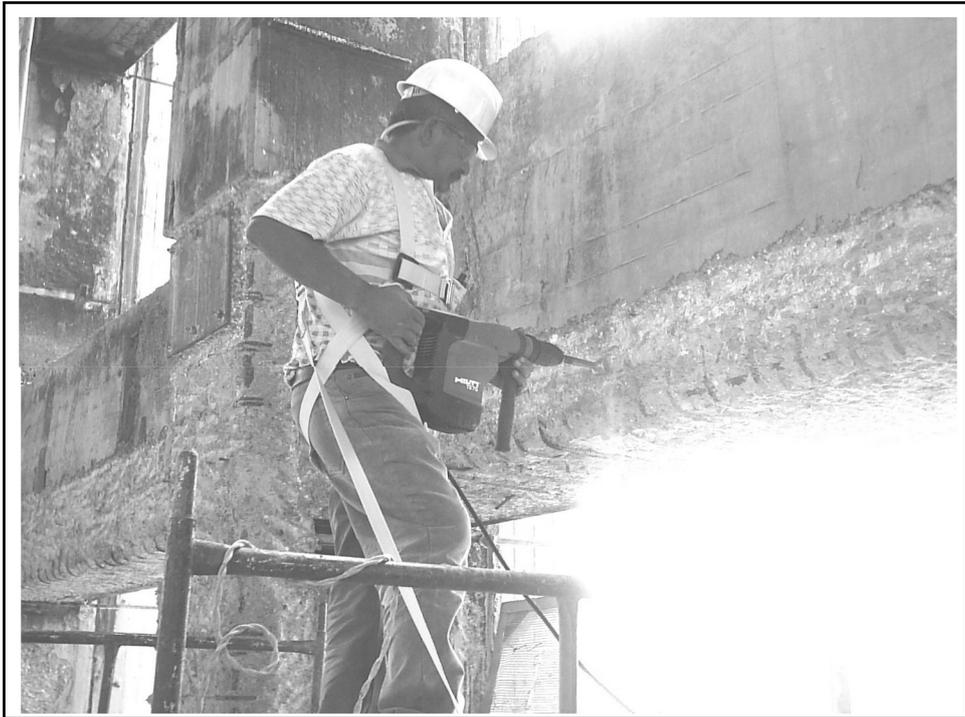
29



30



31



32



**World Trade Center
2001**

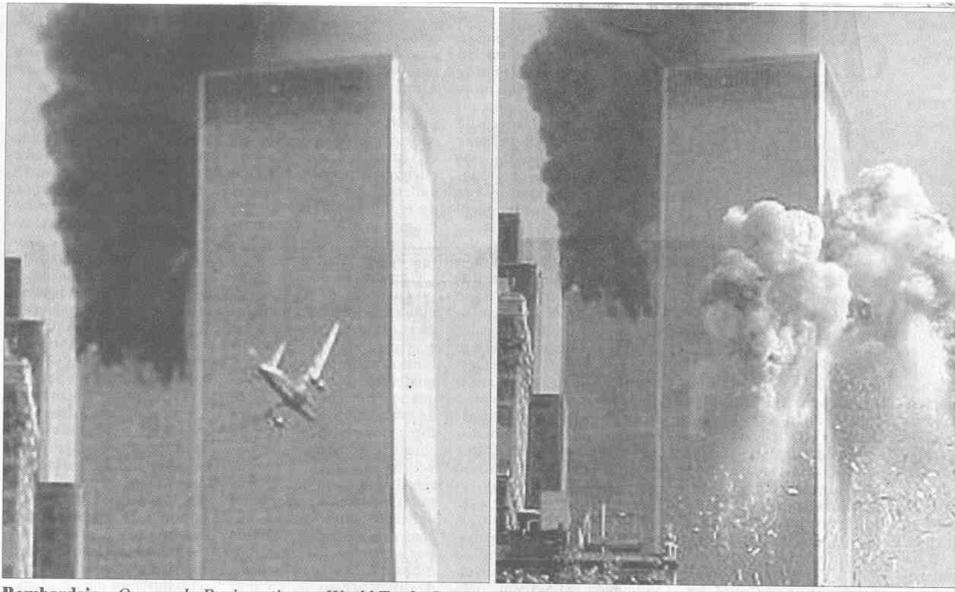
**Nova Iorque, EUA
Construção: 1973
Estrutura metálica
110 andares
6 subsolos**

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

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

colapsaram

33



11 de Setembro de 2001

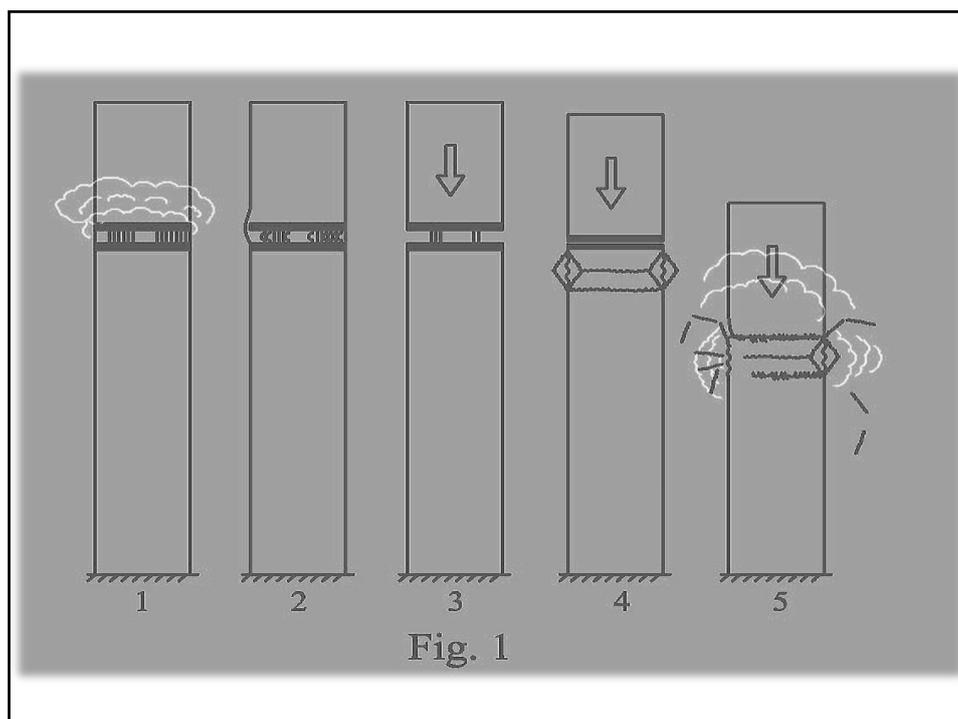
34

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

35



36

Normalização nacional

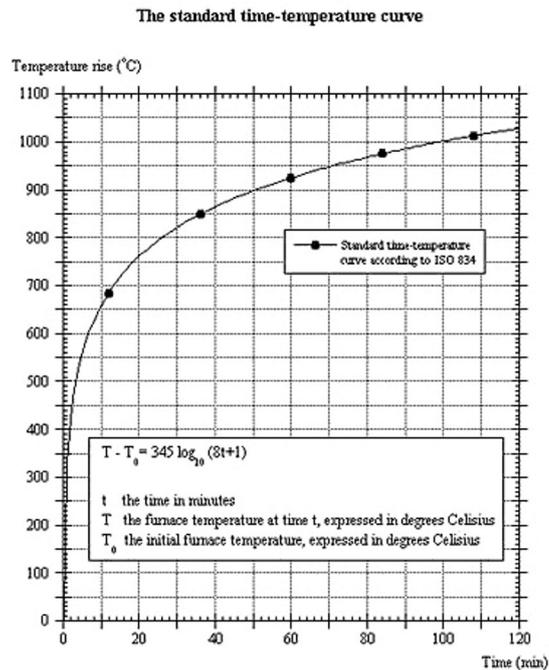
- **ABNT NBR 5628:2001**
Componentes construtivos estruturais – determinação da resistência ao fogo
- **ABNT NBR 14432:2001**
Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações - Procedimento
- **ABNT NBR 15200:2012**
Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio
-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

37

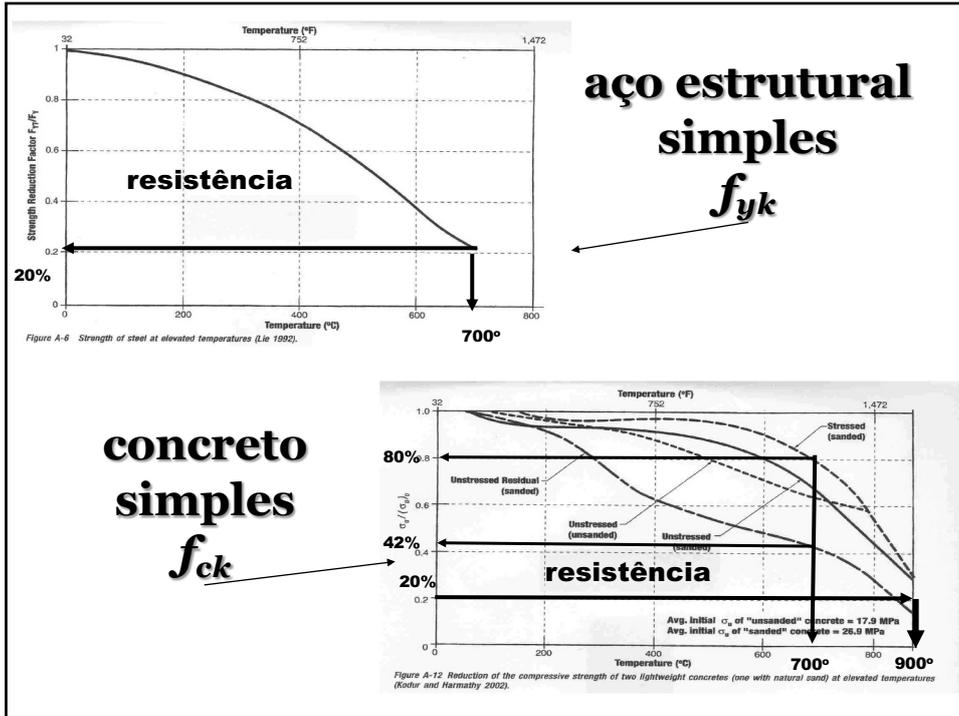
Incêndio padrão

Crescimento da temperatura

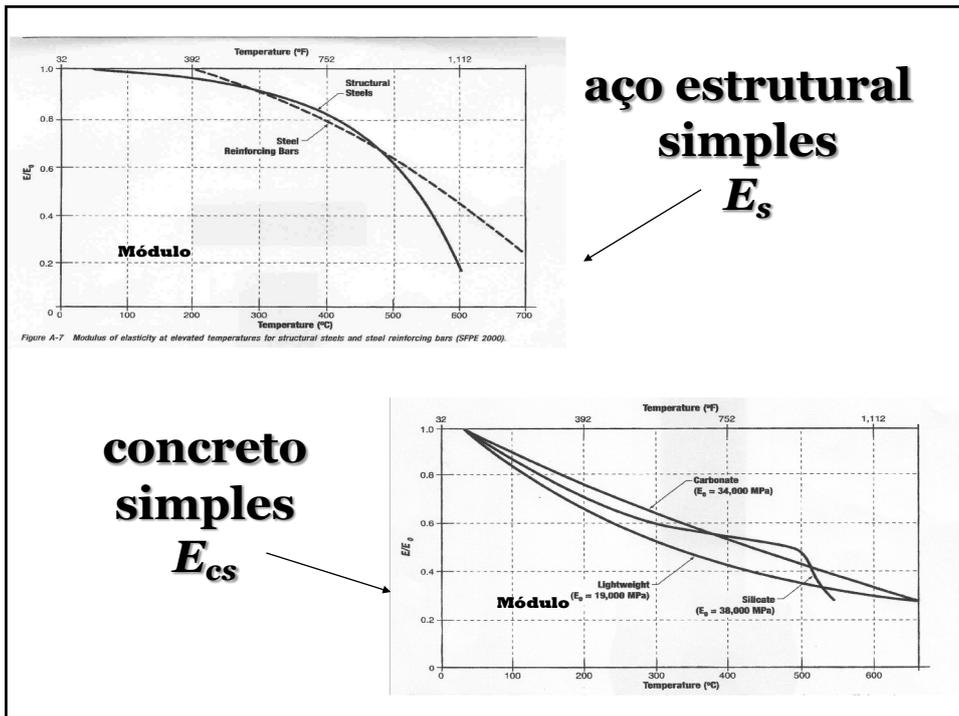
Curva ISO 834



38



39



40

Distribuição da temperatura em perfis de aço

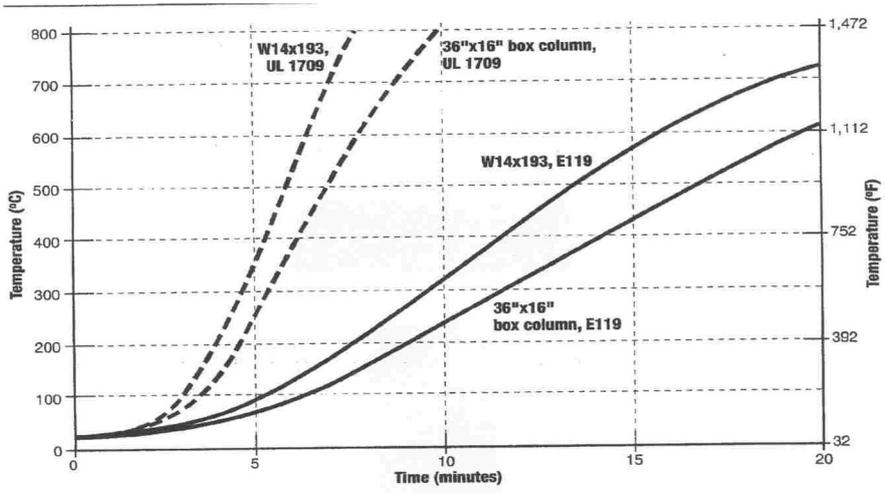


Figure A-9 Steel temperature rise due to fire exposure for unprotected steel column.

41

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



42

Concreto e Incêndio

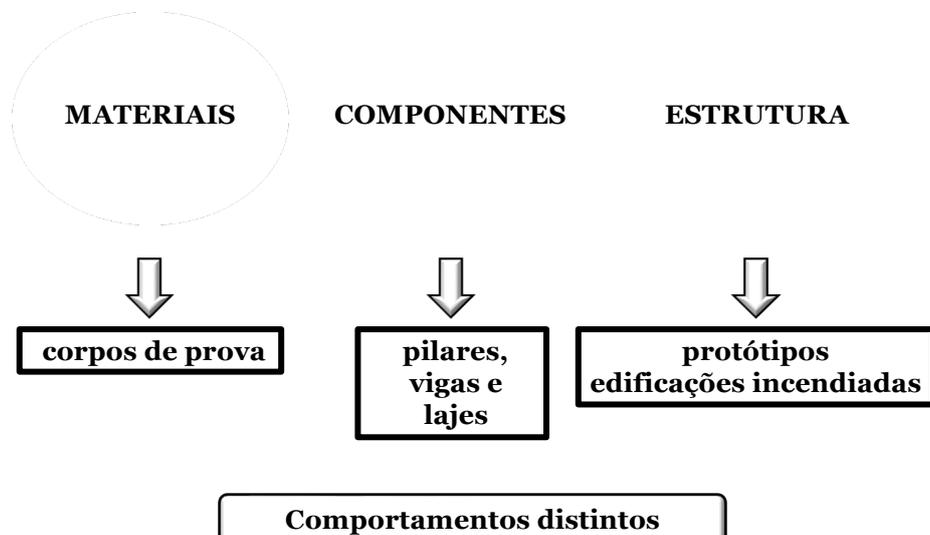
Concreto é versátil
Concreto não é inflamável
Concreto é incombustível
Concreto é resistente
Concreto é isolante térmico

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

43

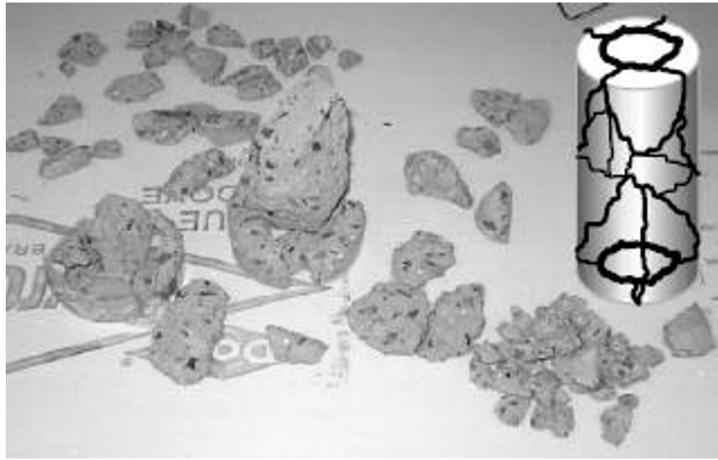
Ensaio



44

Constatações

ensaios
em
corpos
de
prova !



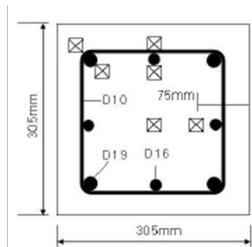
(Phan, 2002)

ensaios < 91 dias

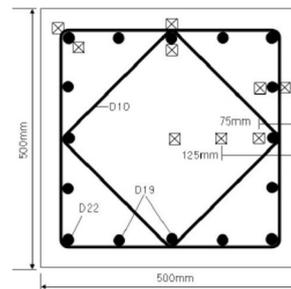
45

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)**

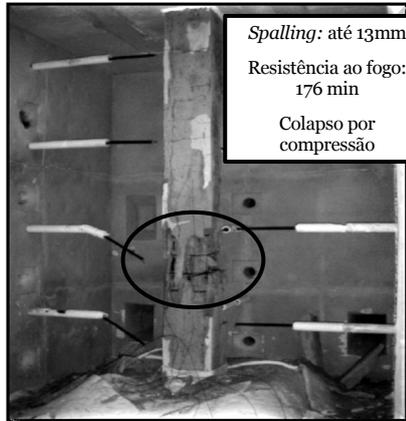
(Park et al., 2007)

ensaios < 91 dias

46

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)

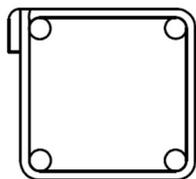
ensaios < 91 dias

47

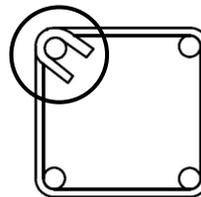
Constatações

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

48

Constatações

detalhes / **armadura**



Configuração Convencional de Estribos

(Kodur, 2005)

f_{ck} 83 MPa



Configuração Modificada de Estribos

ensaios < 91 dias

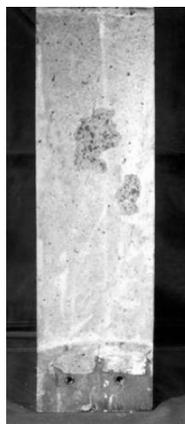
49

Constatações

fibras de polipropileno



Sem fibras



Com fibras

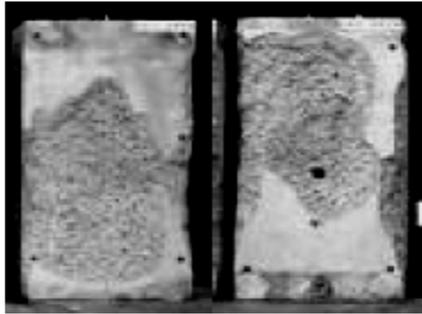
**maiores
quantidades com
menores
diâmetros e
maiores
comprimentos,
diminuem o
*spalling***

(Kawai, 2005)

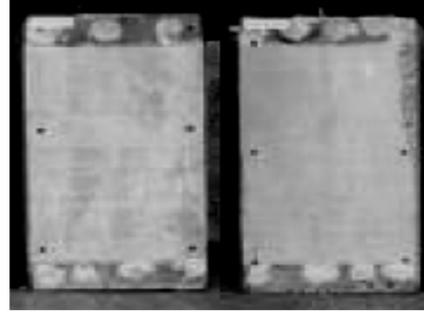
ensaios < 91 dias

50

constatações experimentais



63 dias



1 ano

(Morita et al, 2002)

influência da idade, do grau de hidratação e da umidade

51

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

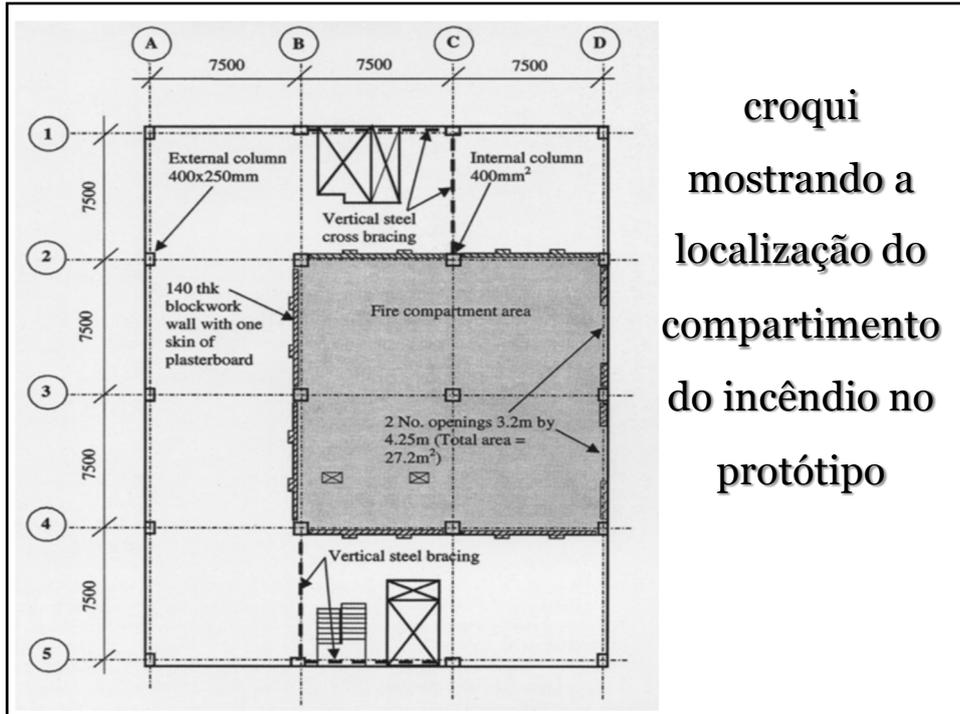
[Email this article](#)
[Printer friendly page](#)

- ✓ 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

52



53



54

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

55

INVESTIGAÇÃO

Universidade de São Paulo

Brasil
2002 → 2010

PhD student: Carlos Britez
Supervisor: Paulo Helene

56

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

57



58

“ HPCC in Brazilian Office Tower”

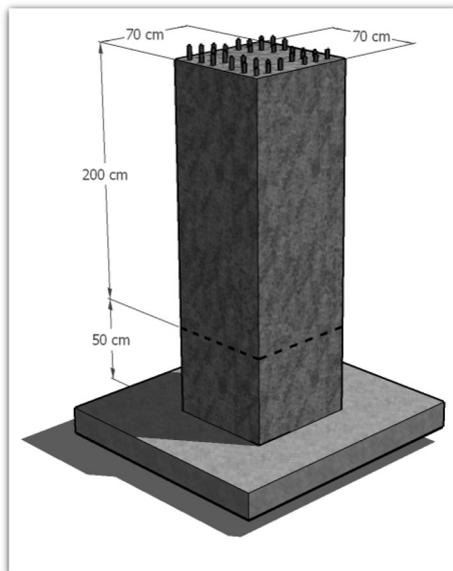
Concrete International.
ACI, American Concrete
Institute, v. 25, n. 12, p.
64-68, 2003

HELENE, Paulo &
HARTMANN, Carine



59

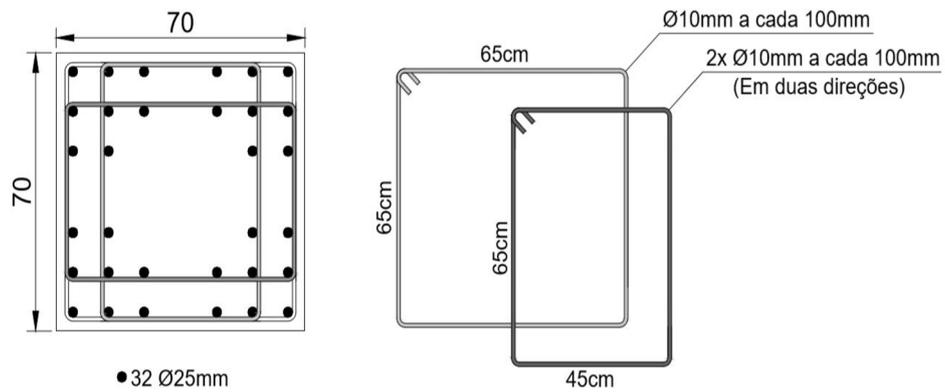
Pilar



- ✓ **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**

60

Seção transversal



geometria e configuração da armadura

61

Condições similares às reais

Pilar mantido em ambiente externo



62

Pilar: corte, içamento e transporte



fio diamantado



63

Testemunhos extraídos

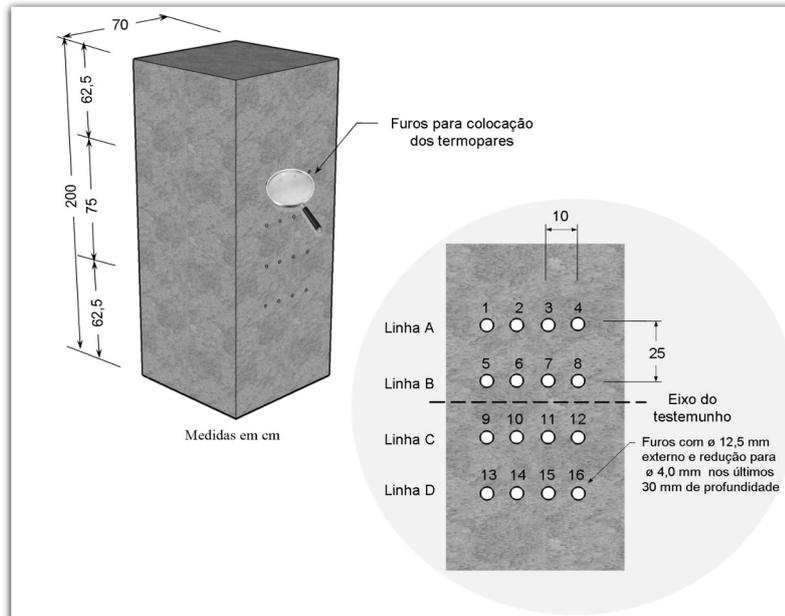


**Após 8 anos
140 MPa**



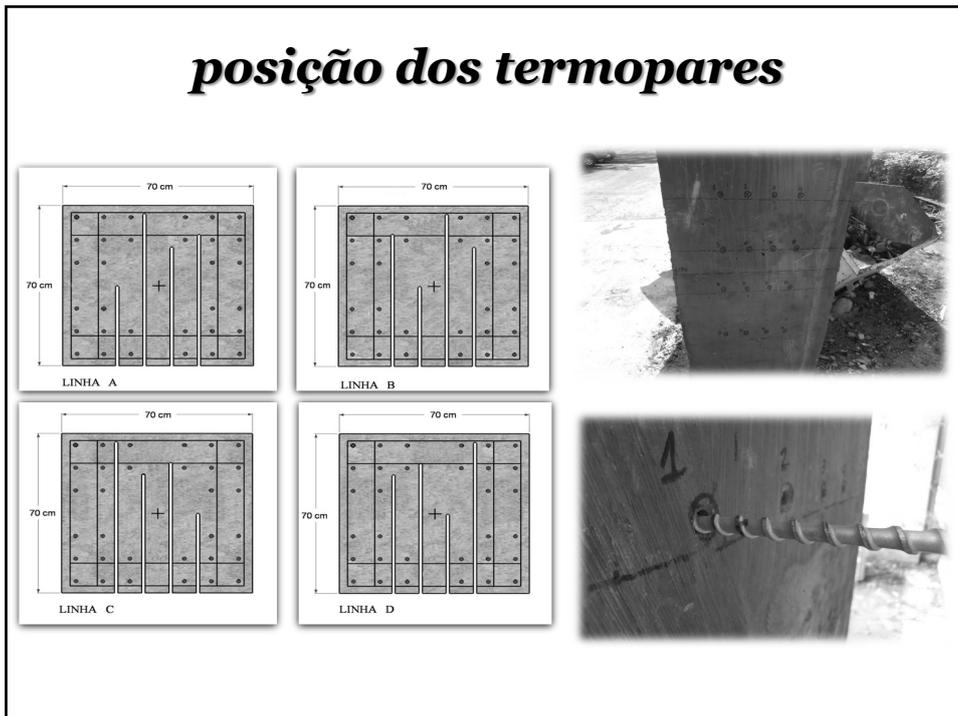
64

Esquema dos termopares



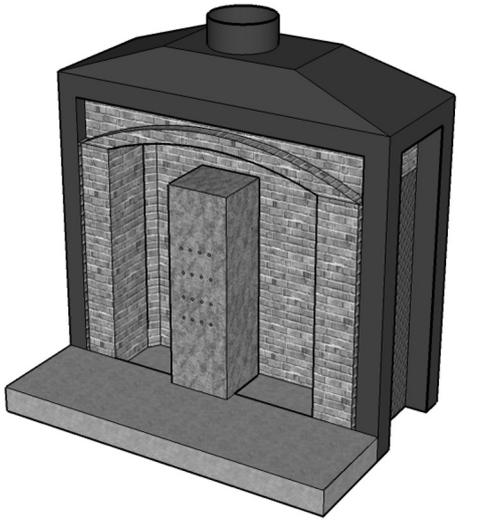
65

posição dos termopares



66

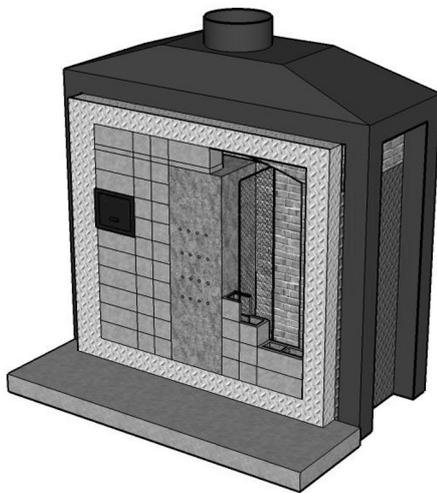
posicionamento no forno



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

67

forno de labareda a gás

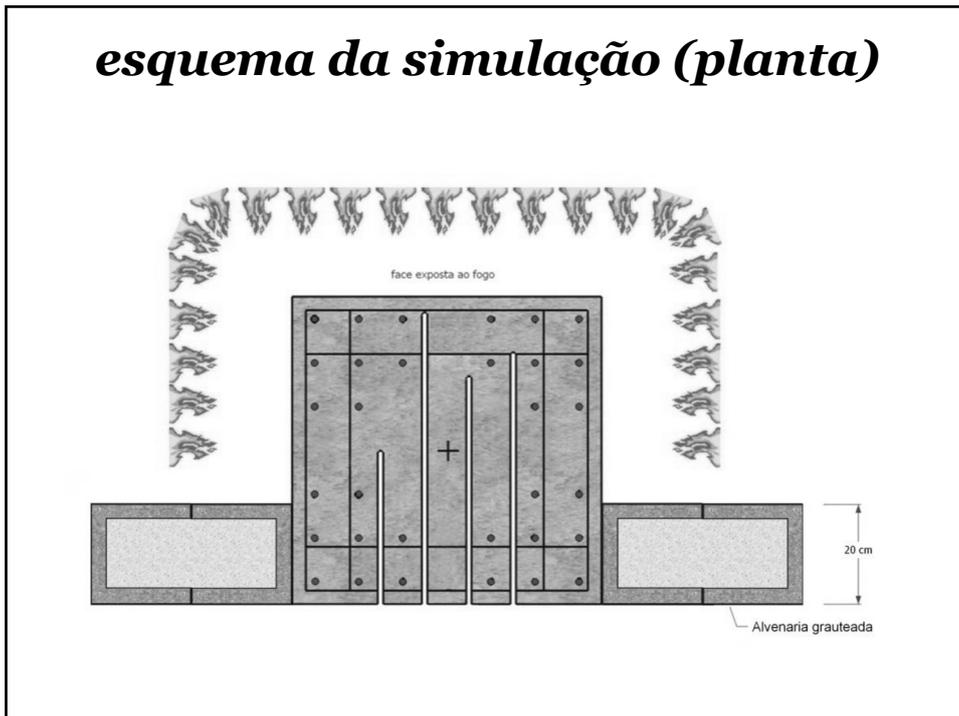


- ✓ alvenaria fechamento refratário
- ✓ gaiola de segurança
- ✓ fibra cerâmica interna
- ✓ grauteamento
- ✓ preenchimento com areia
- ✓ janelas de alívio

68

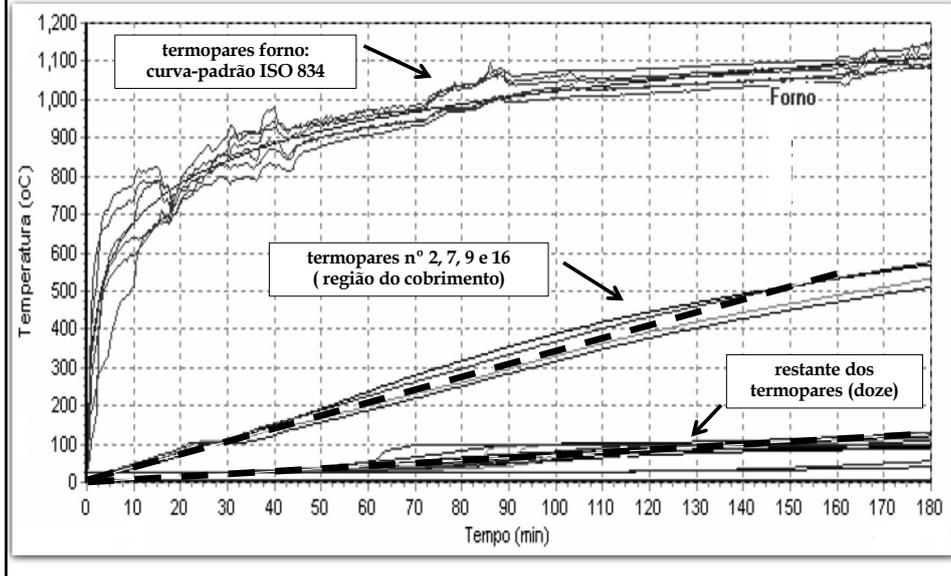


69



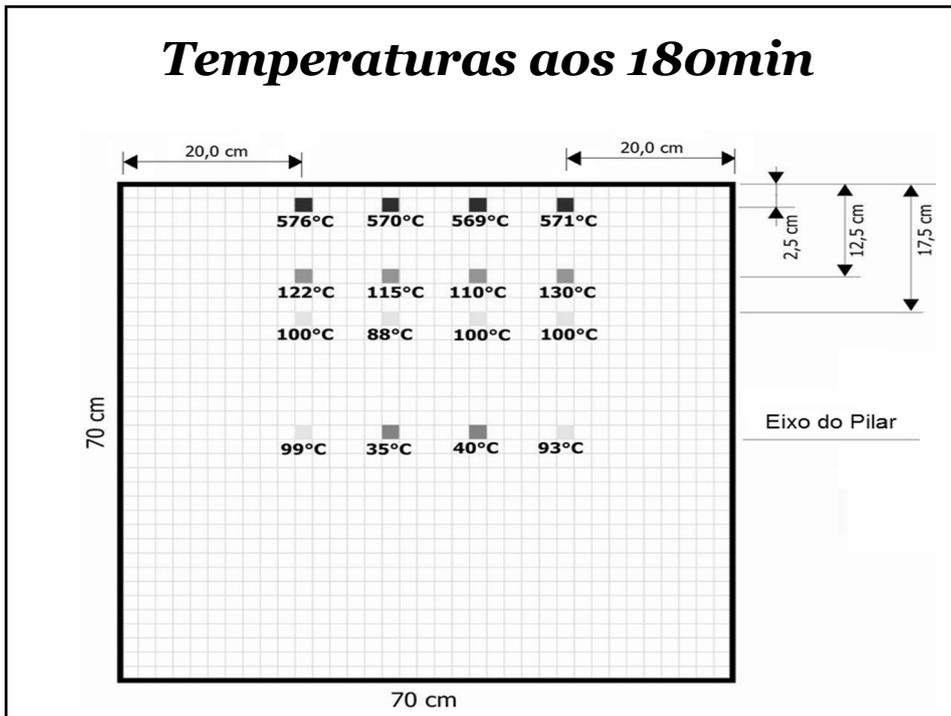
70

Evolução das temperaturas



71

Temperaturas aos 180min



72

Integridade



arestas perfeitas

73

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

74

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)

75

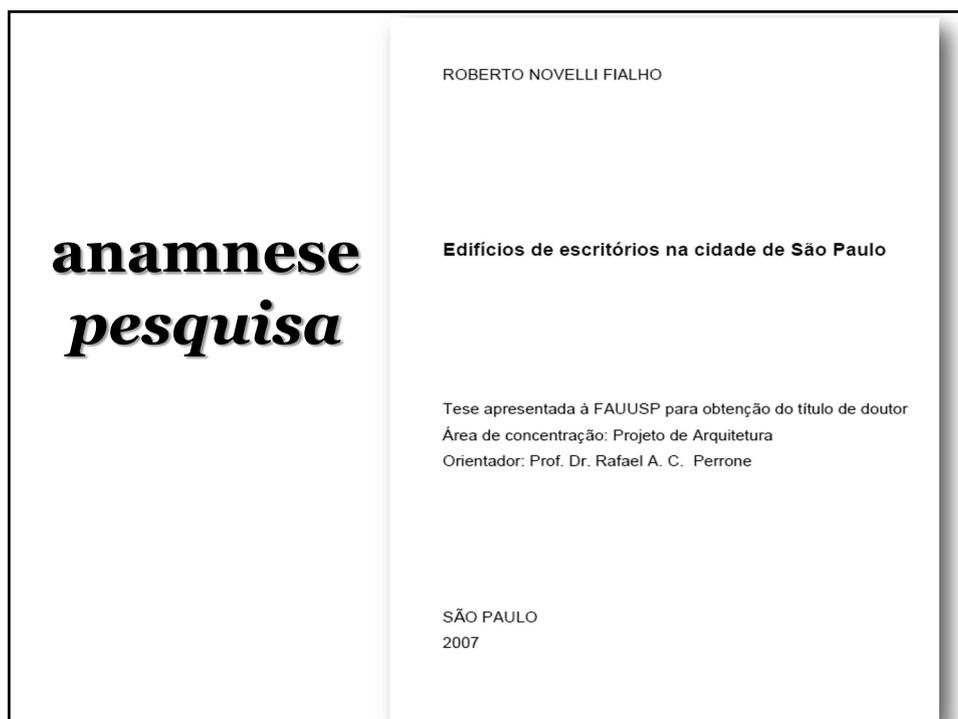


76

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

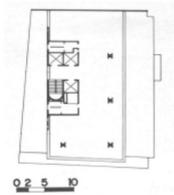
77



78

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.

79

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)

80

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.

81

anamnese pesquisa

Aletheia

CURIOSIDADES

A trajetória do prédio que desabou no centro de São Paulo

São Paulo Antiga | Maio 02, 2018



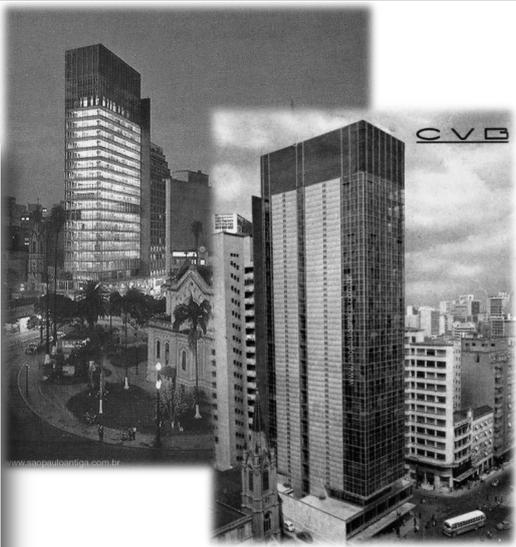
Edifício Wilton Paes de Almeida - Espandópolis

Compartilhar 511    

Comentar 1 

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

<https://pt.aletheia.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

82

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.

83

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

84

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



85

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.

86

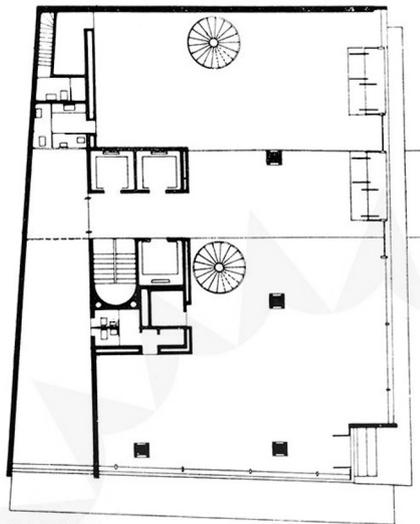
anamnese *pesquisa*



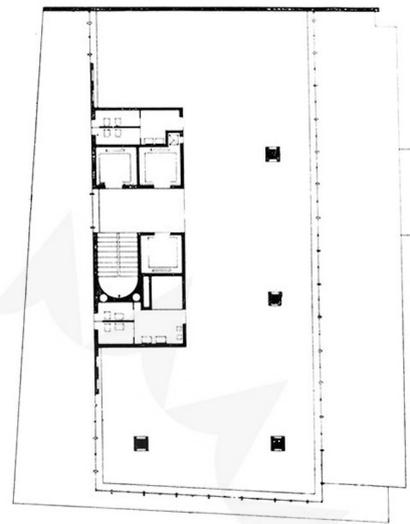
Revista Acrópole Número 323 Ano 27 Novembro 1965

87

anamnese *pesquisa*



Pavimento térreo

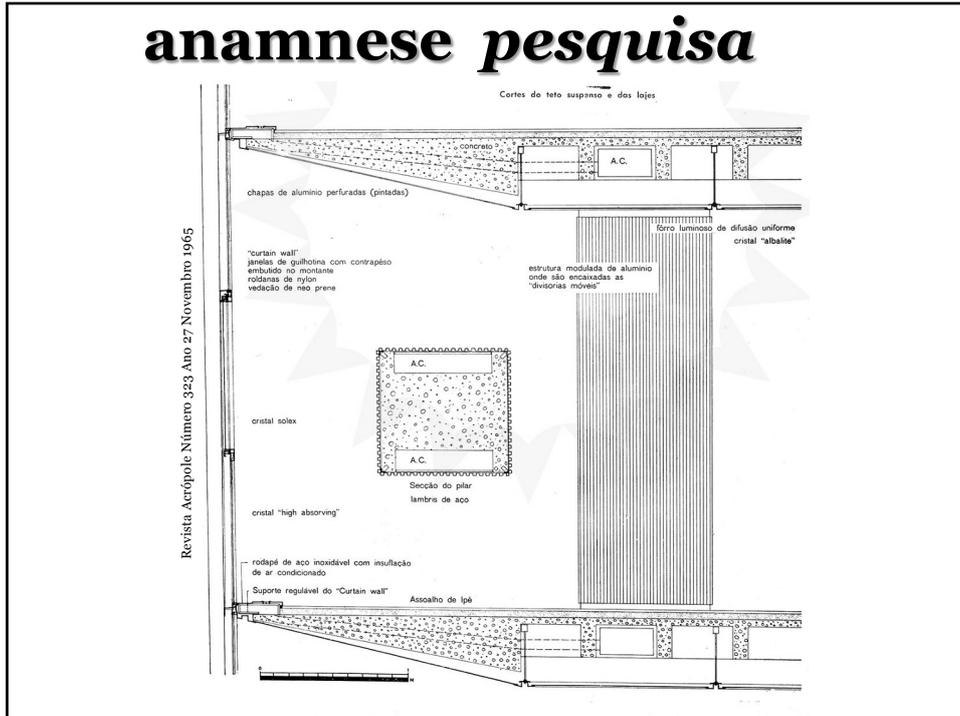


Pavimento tipo

Revista Acrópole Número 323 Ano 27 Novembro 1965

88

anamnese *pesquisa*



89



90



91



92

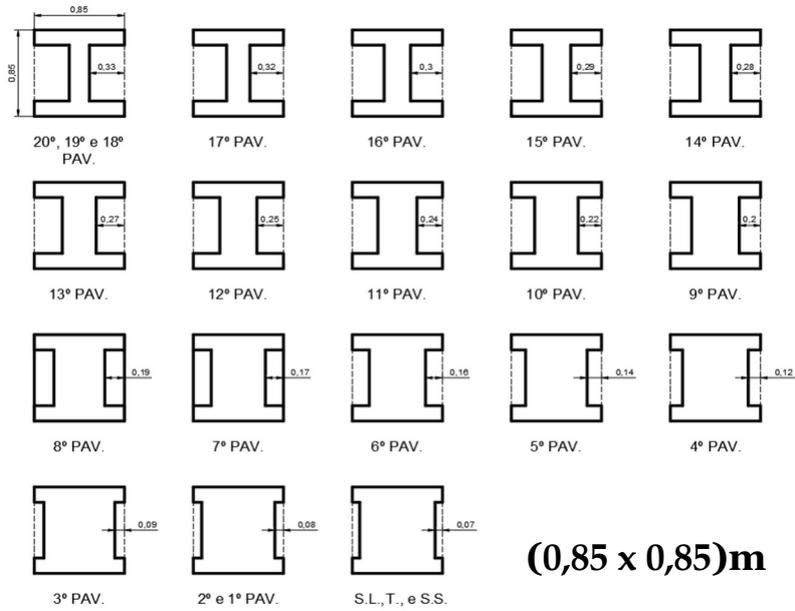


93

Geometria dos pilares

94

Variação da Seção do Pilar



95

Histórico



96

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

97

Invasão



98

Invasão



99

Invasão



100

Invasão



101

O Incêndio

Madrugada de 01/05/2018, 01:30h: incêndio que iniciou-se no 5º andar do prédio e alastrou-se pelos demais andares



102

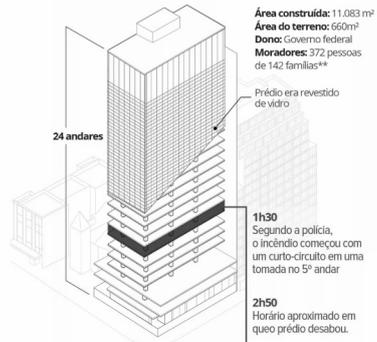
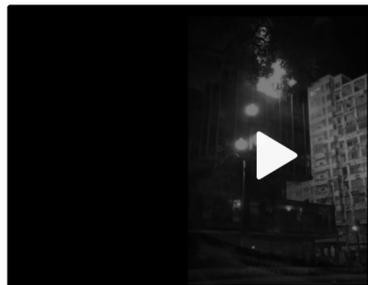
Incêndio em prédio de SP foi causado por curto-circuito em tomada no 5º andar, diz secretário

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



Edifício Wilton Paes de Almeida

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



103

Início às 1h30 (vídeo)



104

Desabamento às 2h50 (vídeo)



105



106



107



108

Após o desabamento...



109

Após o desabamento...



Foto | Rovena Rosa
Publicado no Jornal Grande Bahia

110

Após o desabamento...



111

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".



Incêndio no edifício Grenfell, em Londres, no ano passado: revestimento derivado de plástico teria contribuído para que o fogo se espalhasse rápido

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

112

coleta de amostras para ensaios



113

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



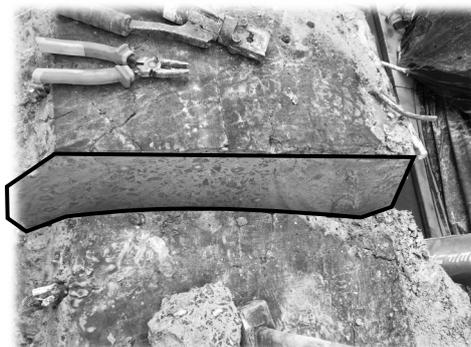
114

preparação da amostra



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

UPM Universidade
Presbiteriana Mackenzie



115

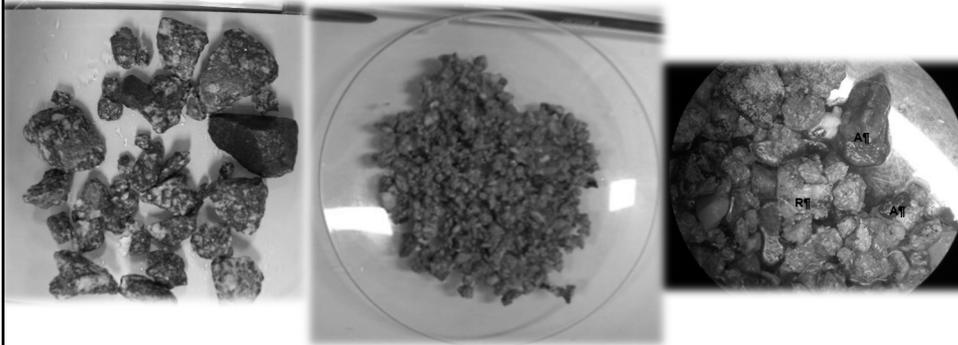
extração de testemunhos



**Universidade
Presbiteriana
Mackenzie
UPM**

116

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

117

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

118

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**

119

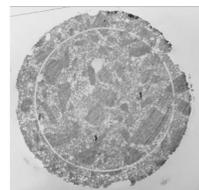
compressão



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

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

ABCP Associação Brasileira de Cimento Portland



120

tração



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

ABCP Associação Brasileira de
Cimento Portland



121

ultrassom e módulo de elasticidade

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

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

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

Onde:

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

122

espessura de carbonatação

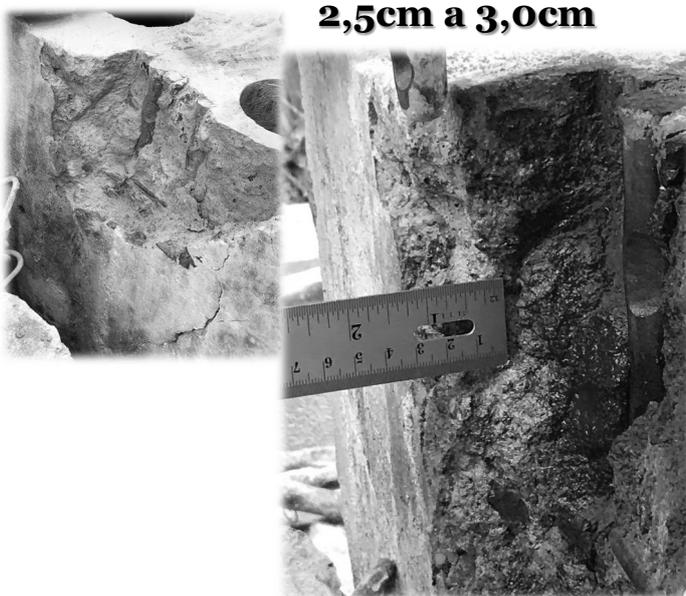


2,5cm a 3,0cm

Universidade
Presbiteriana
Mackenzie
UPM

123

espessura de carbonatação



2,5cm a 3,0cm

Universidade
Presbiteriana
Mackenzie
UPM

124

armadura

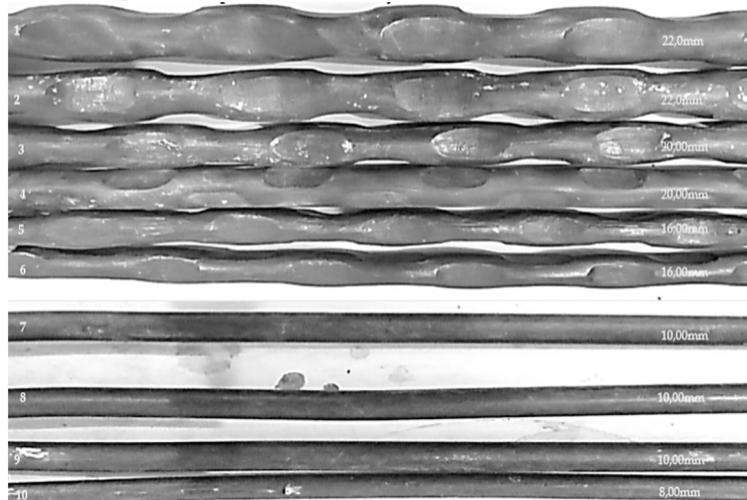
Barras longitudinais entalhadas com bitolas de 22, 20, e 16 mm. CA 60

Barras transversais lisas com bitola de 10 mm

CA 32

Barras complementares lisas com bitola de 8 mm.

CA 32

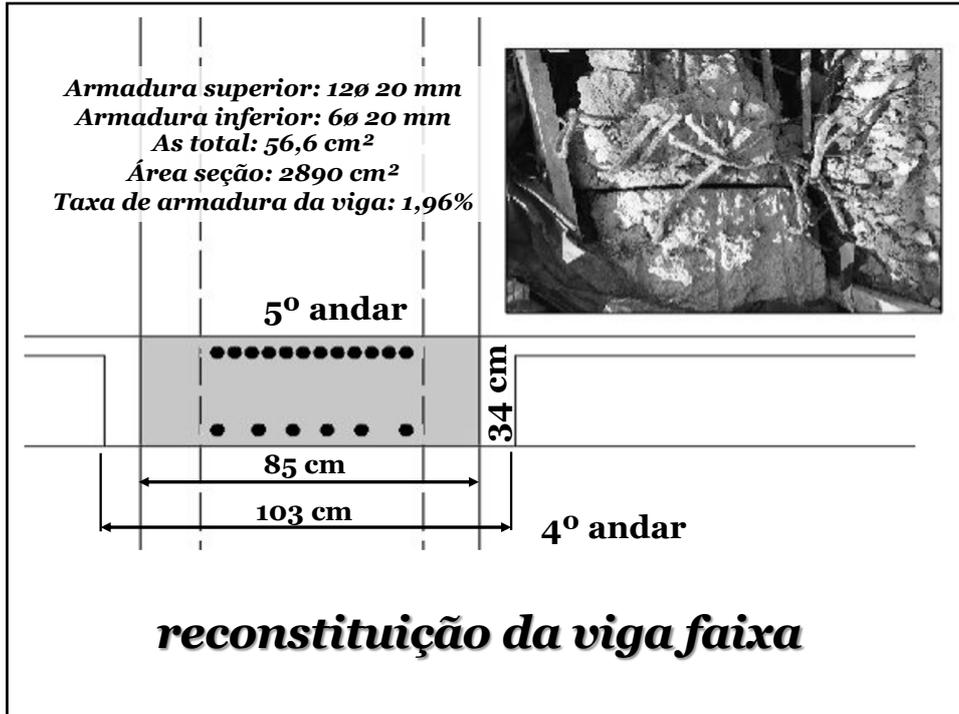


*Laboratórios
da
ArcelorMittal*

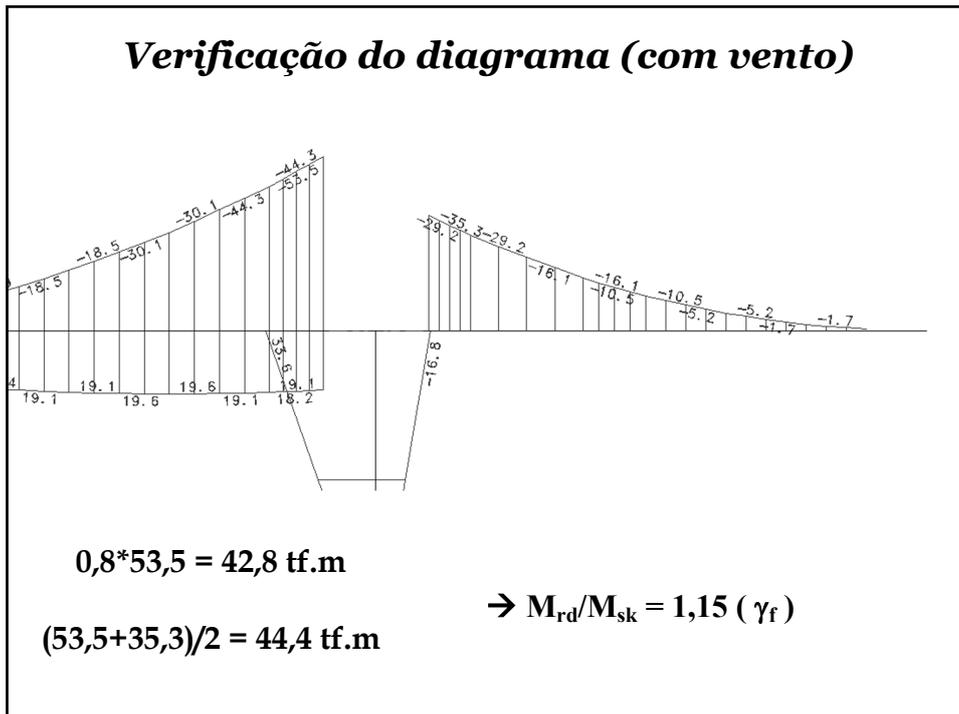
125

reconstituição da seção do pilar e da viga faixa

126

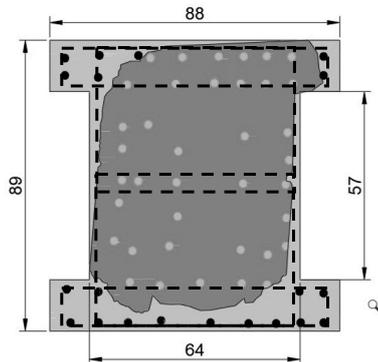


127



128

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 ϕ 22 mm)

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

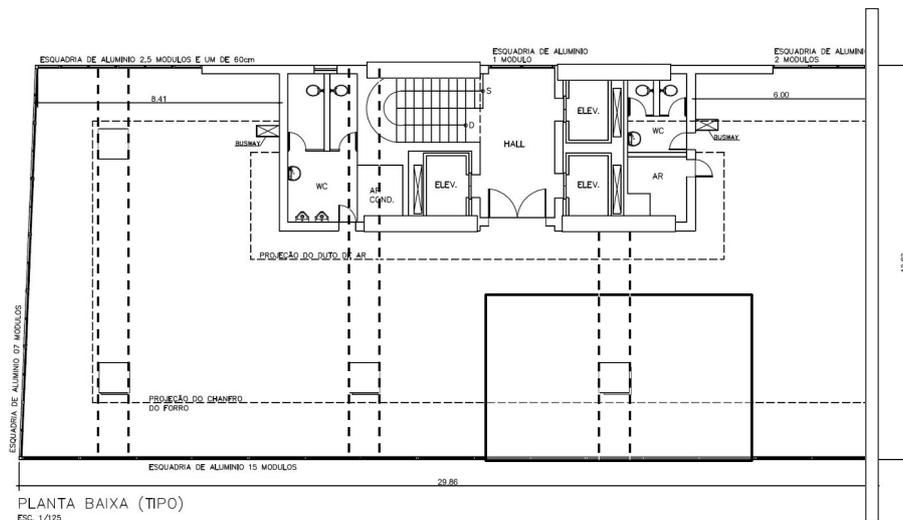
tramo de pilar do 5º andar

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

$< 1,0 \text{ cm}$

129

verificação estrutural

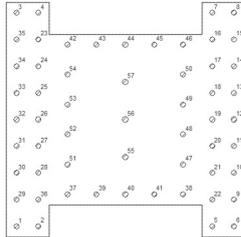


PLANTA BAIXA (TIPO)
 ESC. 1/125

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

130

verificação estrutural



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

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

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

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

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

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

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

131

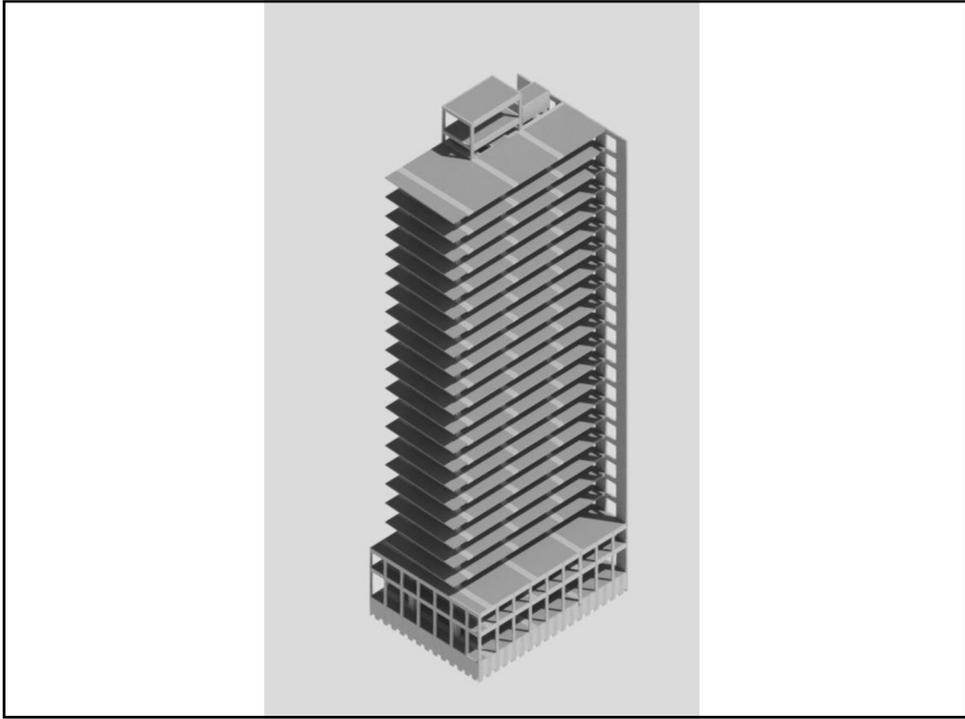
verificação estrutural

capacidade do pilar sem momentos:

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

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

132



133



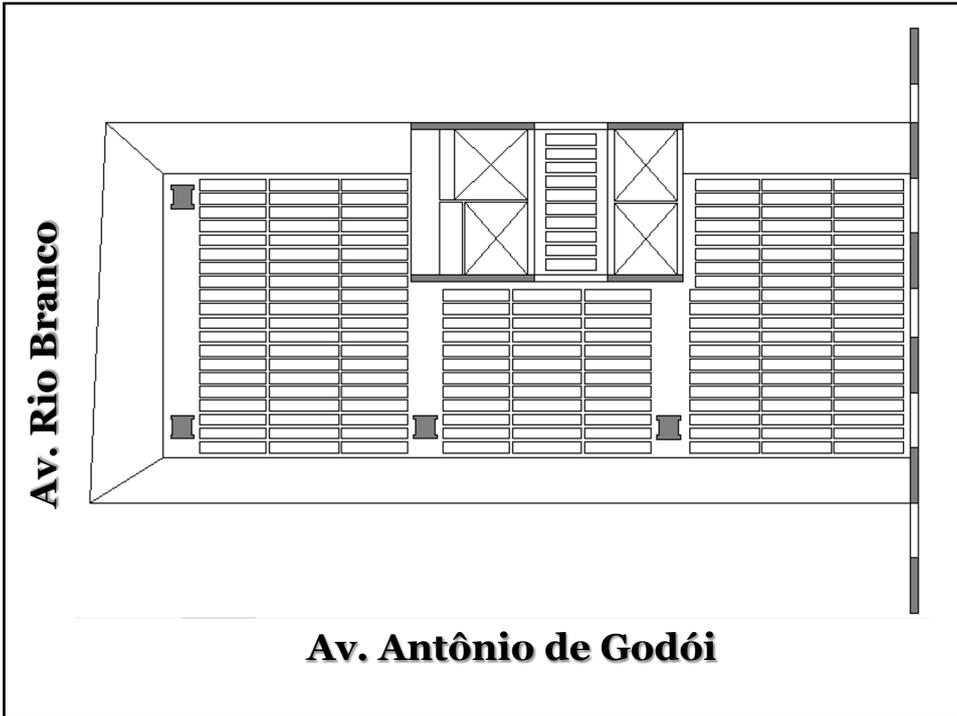
134



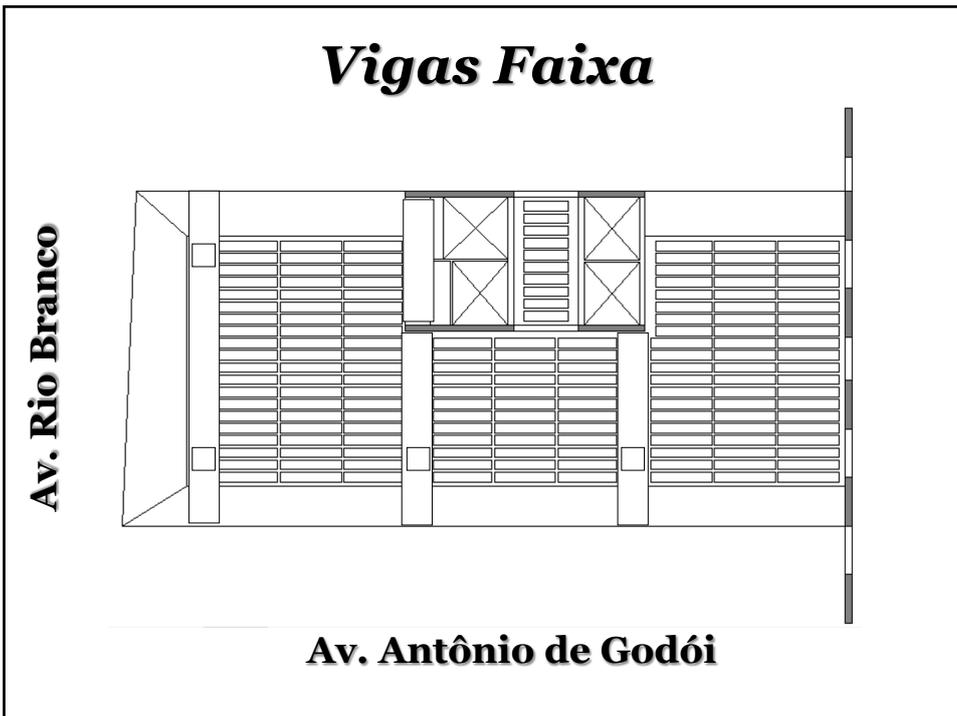
135



136



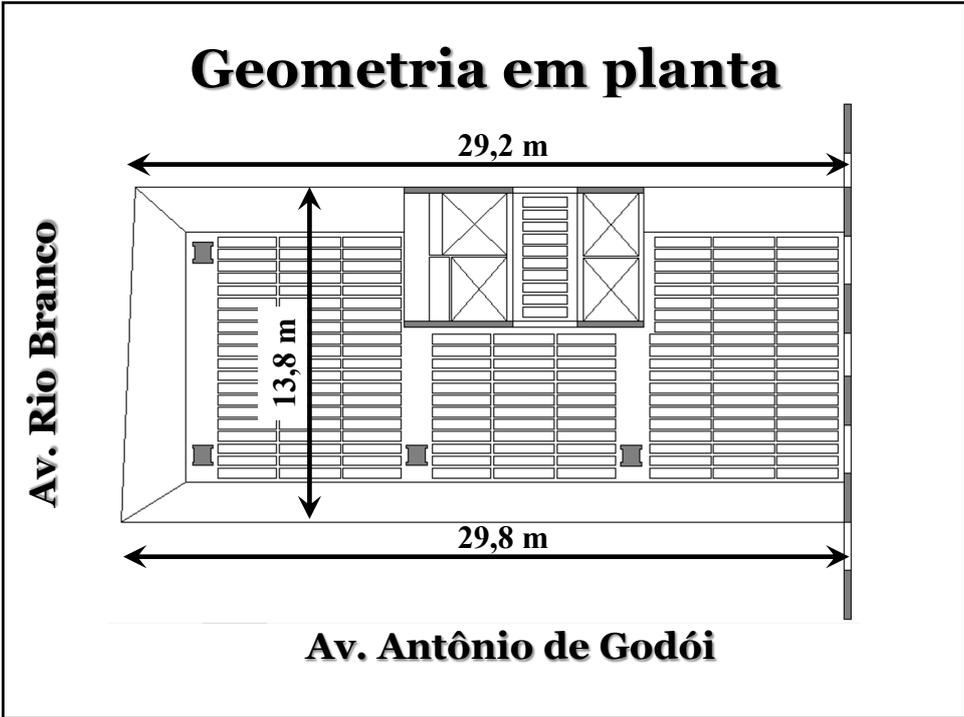
137



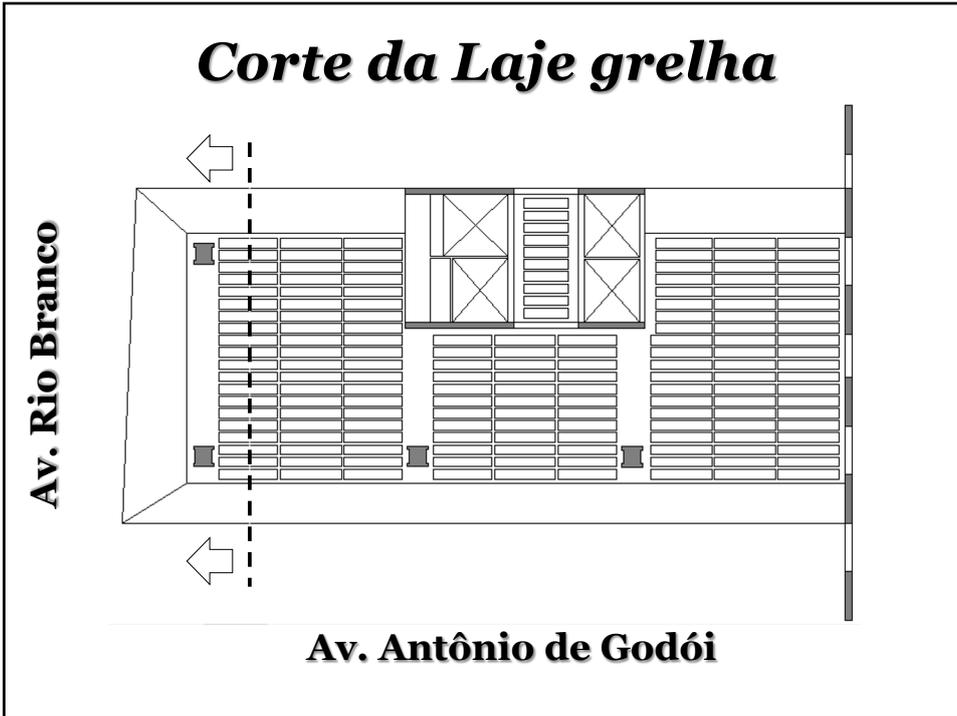
138



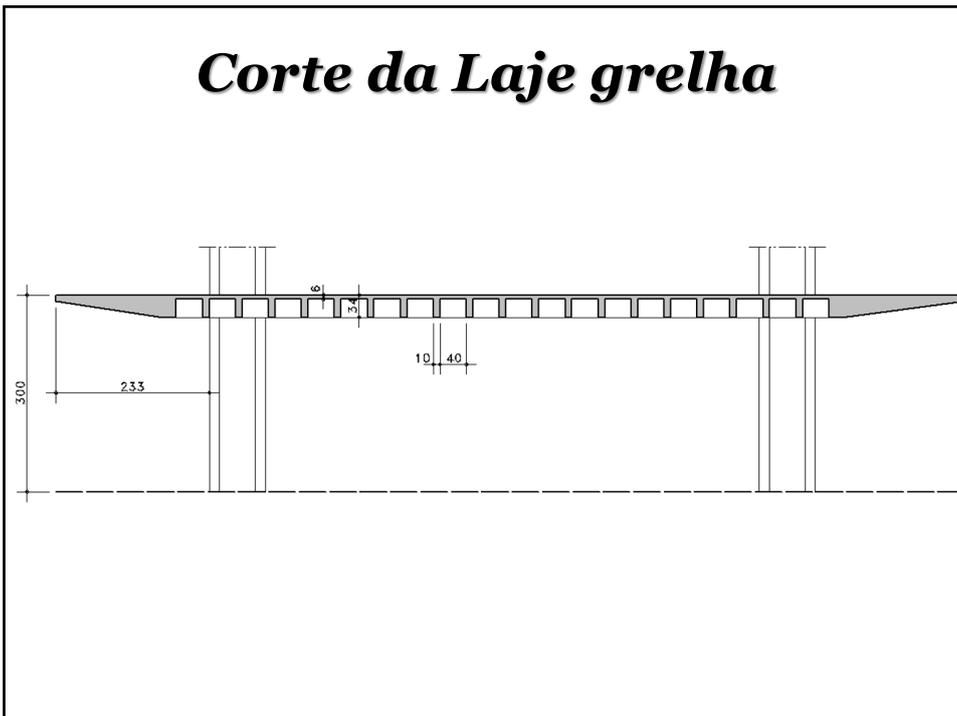
139



140



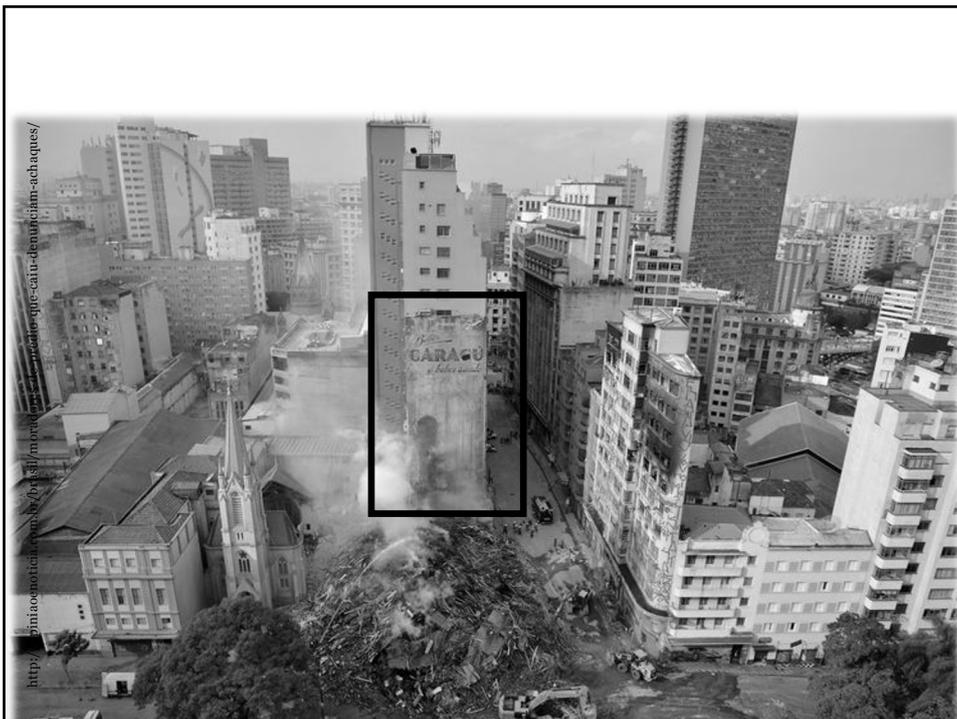
141



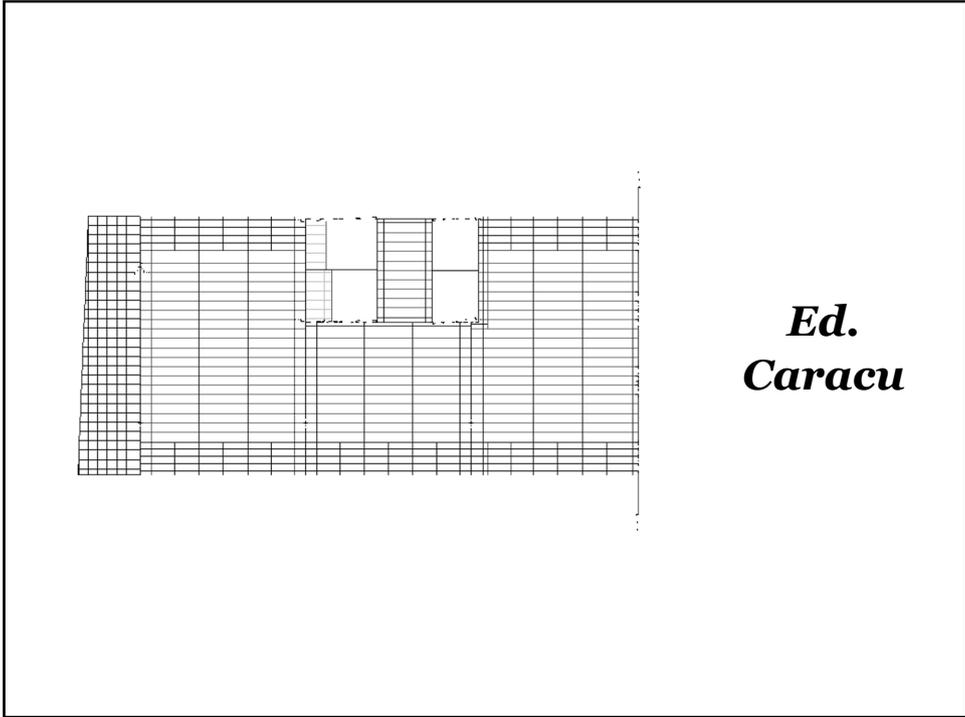
142



143



144



***Ed.
Caracu***

145



146

Variação de 200° C:

ELS -> 21 cm

ELU -> 28 cm

Variação de 500° C:

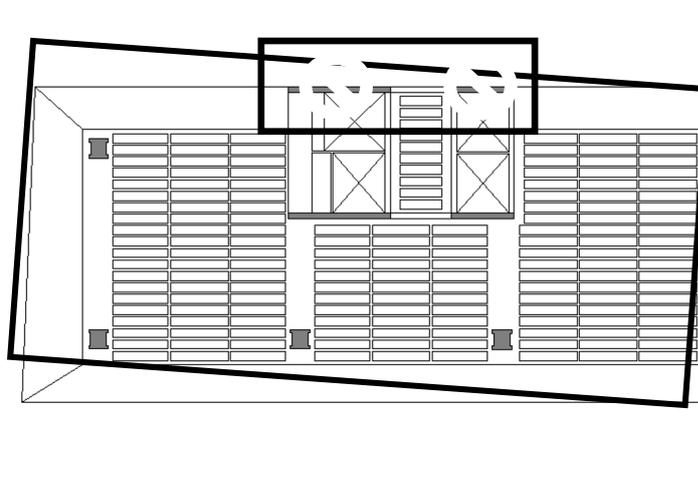
ELS -> 36 cm

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.

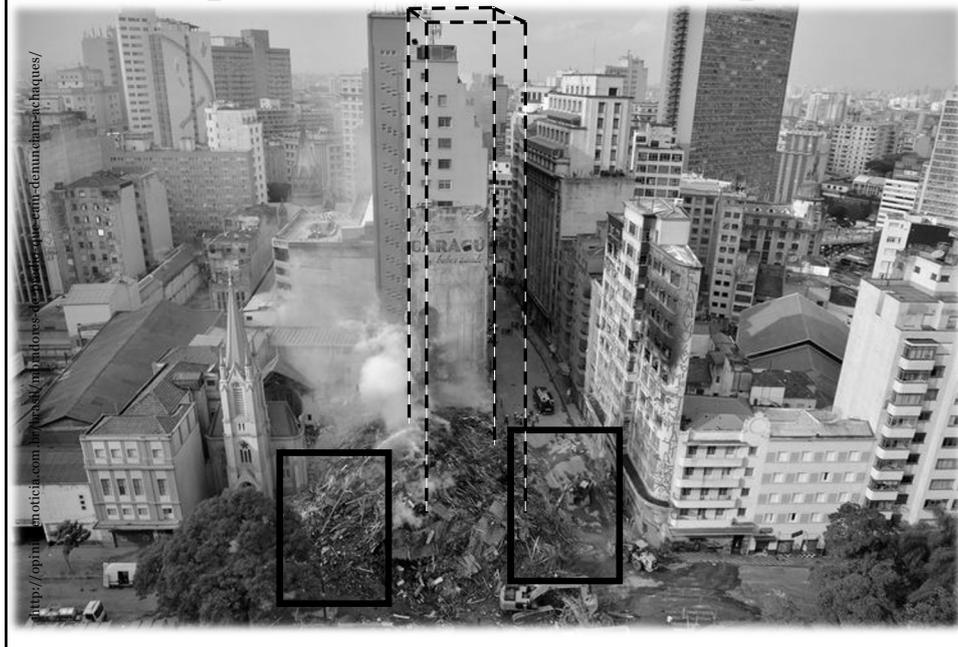
147

Hipótese da mecânica do colapso



148

Hipótese da mecânica do colapso



149

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



150

FOLHA DE S. PAULO

DESDE 1921 *** UM JORNAL A SERVIÇO DO BRASIL

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

Geisel avalizou execuções na ditadura, diz documento

Documento de 1974 libera polígono assinalado com o nome de Geisel, o presidente Ernesto Geisel, e a continuidade de uma política de repressão no âmbito de administração da ditadura militar no Brasil.

O texto, publicado em 2014, foi assinado por dois membros da Família Militar: Spiliotis e outro.

Sócio da Dolly é preso sob suspeita de fraude fiscal

Um dos sócios da empresa de entretenimento Dolly, Luiz Carlos de Faria, foi preso sob suspeita de fraude fiscal. Ele é acusado de emitir notas fiscais de serviços não prestados para pagar impostos não pagos.

Sua defesa contestou a prisão preventiva e afirmou que o empresário, conhecido como o "rei do show", não é culpado.



Luiz Carlos de Faria, sócio da Dolly, segura cartaz alusivo à concorrente Coca-Cola, que disse não ocorrer processos em que não esteja envolvido.

Governador de SP acerta medidas visando eleições

Marcelo França (PSDB) anunciou medidas para a transição de poderes durante o governo. Ele afirmou que as medidas visam garantir a continuidade da administração pública e a organização das eleições municipais.

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. Isso significa que mais de 25 mil edifícios não atendem às regras atuais.

O decreto de 1974 exigiu que os prédios fossem projetados para resistir a incêndios por um período de 90 minutos. Desde então, as normas foram atualizadas várias vezes, exigindo materiais mais resistentes e sistemas de proteção mais sofisticados.

Trump e Kim se reunirão em 12 de junho

O presidente dos Estados Unidos, Donald Trump, e o líder norte-coreano, Kim Jong-un, vão se reunir em 12 de junho em Singapura. A reunião é considerada um passo importante para a resolução da crise nuclear na Coreia do Norte.

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

Grupos de pais e mães estão criando espaços de encontro em parques e praças da cidade para que os pais possam ficar com os filhos enquanto as mães vão trabalhar.

Saúde R7 Criado por brasileiro, mercado para medicação no cérebro chega a hospital

Uma startup brasileira desenvolveu um medicamento para tratar doenças neurodegenerativas. O produto já está em testes clínicos e pode chegar aos hospitais em breve.

151

cotidiano

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

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

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

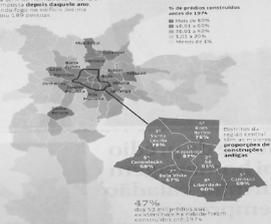
Quase metade dos prédios de São Paulo foi construído antes de 1974

Uma análise de registros de construção civil feita pelo Conselho Municipal de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Histórico (Cemaphis) revelou que 47% dos prédios da cidade foram construídos antes de 1974, ano em que entrou em vigor o decreto-lei que estabeleceu normas rígidas de segurança contra incêndios em edifícios comerciais e residenciais.

De acordo com o levantamento, das 53 mil edificações existentes em São Paulo, 24,7 mil foram construídas antes de 1974. Isso significa que mais de metade dos prédios da cidade não foram projetados de acordo com as normas atuais de segurança contra incêndios.

O decreto-lei de 1974 exigiu que os prédios fossem projetados para resistir a incêndios por um período de 90 minutos. Desde então, as normas foram atualizadas várias vezes, exigindo materiais mais resistentes e sistemas de proteção mais sofisticados.

Os dados mostram que a maioria dos prédios antigos não possui sistemas modernos de proteção contra incêndios, como sprinklers e alarmes, o que representa um risco significativo para a segurança da população.



De prédios construídos antes de 1974

- 19,7 mil em áreas centrais
- 12,7 mil em áreas periféricas
- 1,3 mil em áreas de expansão urbana

De prédios construídos depois de 1974

- 1,3 mil em áreas centrais
- 1,3 mil em áreas periféricas
- 1,3 mil em áreas de expansão urbana

Comandantes pedem a mudança por causa de projeto de reformas

Comandantes militares pedem a mudança de regras de segurança contra incêndios em edifícios comerciais e residenciais. Eles afirmam que as normas atuais são insuficientes para garantir a segurança da população e que a mudança é necessária para evitar mais tragédias como a do Joazeiro.

Três prédios geram um incêndio em área de expansão urbana

Três prédios em uma área de expansão urbana geraram um incêndio que se espalhou rapidamente, afetando várias edificações vizinhas. O fogo foi controlado após algumas horas, mas deixou um rastro de destruição e danos materiais.

Incêndio em prédio de 12 andares mata 10 pessoas

Um incêndio em um prédio de 12 andares resultou na morte de 10 pessoas e deixou centenas de feridos. O fogo começou no térreo e se espalhou rapidamente para os andares superiores, onde os moradores estavam dormindo.

Incêndio em prédio de 12 andares mata 10 pessoas

Um incêndio em um prédio de 12 andares resultou na morte de 10 pessoas e deixou centenas de feridos. O fogo começou no térreo e se espalhou rapidamente para os andares superiores, onde os moradores estavam dormindo.

152

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?

153

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**

154

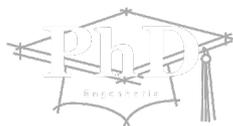
Obrigado !

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

Eng. Leandro Coelho
Sr. Luiz Adauto Moraes Mazarin
Prof^a. Magda Salgueiro Duro
Sr. Matheus Moreira
Sr. Mauricio Brun Bucker
Perita Mônica Bernardi Urias
Sr. Nelson Candido Rosa
Major Oscar Samuel Crespo
Prof. Oswaldo Cascudo
Eng. Me. Pedro Bilesky
Dr. Rogério Cattelan de Lima
Sr. Ronald M. Nascimento
Prof. Sérgio Lex
Prof. Simão Prizskulnik
Sra. Thamyris Torsani Pimentel
Prof. Valdir Pignatta e Silva
Prof. Vitor Levy Castex Aly
Sr. Waldir Aparecido dos Santos
Sr. Waldir Aparecido dos Santos Filho

155

OBRIGADO!



"do Laboratório de Pesquisa ao Canteiro de Obras"

paulo.helene@concretophd.com.br

www.concretophd.com.br

www.phd.eng.br

55-11-2501-4822 / 4823

55-11-95045-4940

156