



Universidade de Brasília

“Contribuição do Concreto à Evolução das Estruturas e ao Desenvolvimento da Humanidade”

Eng. Paulo Helene

*MSc, PhD, Prof. Titular da Universidade de São Paulo
Coordinador Internacional de la Red REHABILITAR CYTED
Member of **fib** (CEB-FIP) Model Code for Service Life
Miembro de ALCONPAT Brasil
Presidente do IBRACON*

Brasília, 25 de junho de 2007

1

Histórico

1925 Consumo de 410.000 t/ano
100% IMPORTADO

1926 1ª Produção efetiva de cimento brasileiro:
COMPANHIA BRASILEIRA DE
CIMENTO PORTLAND PERUS

1939 5 Fábricas
IMPORTAÇÃO 5%

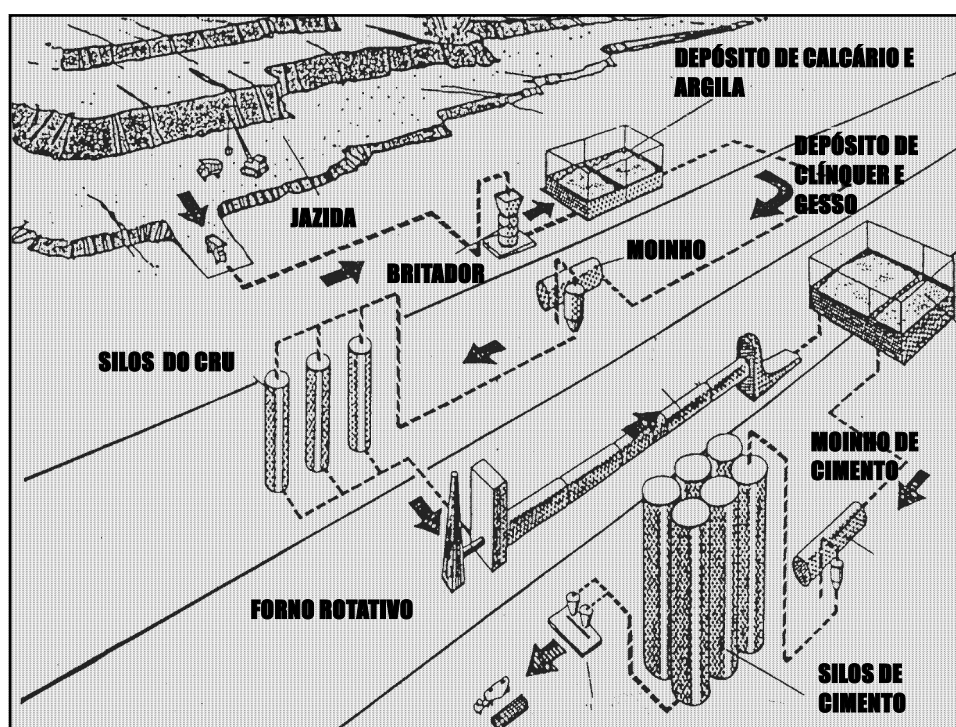
2

Histórico

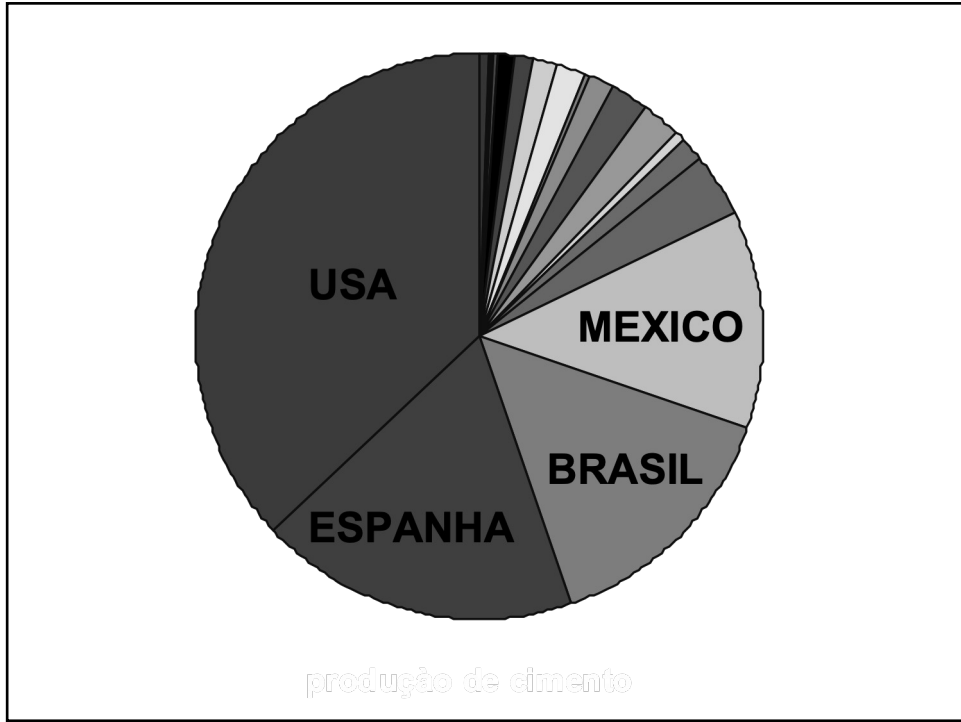
1953 15 Fábricas
3 milhões t / ano

2006 65 Fábricas + Moagens
42 milhões de t / ano

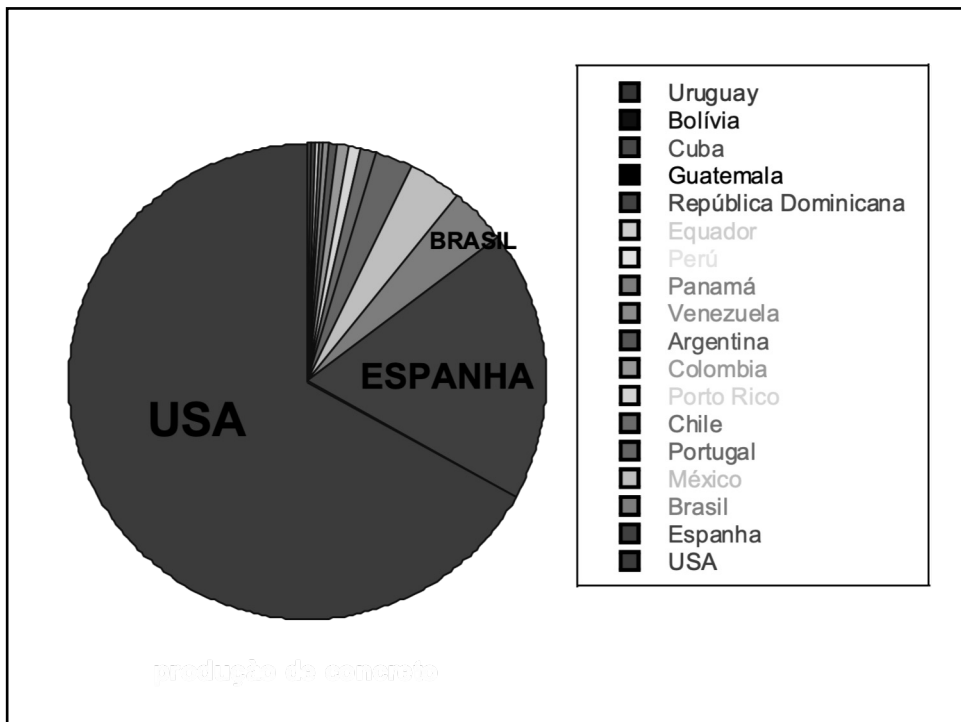
3



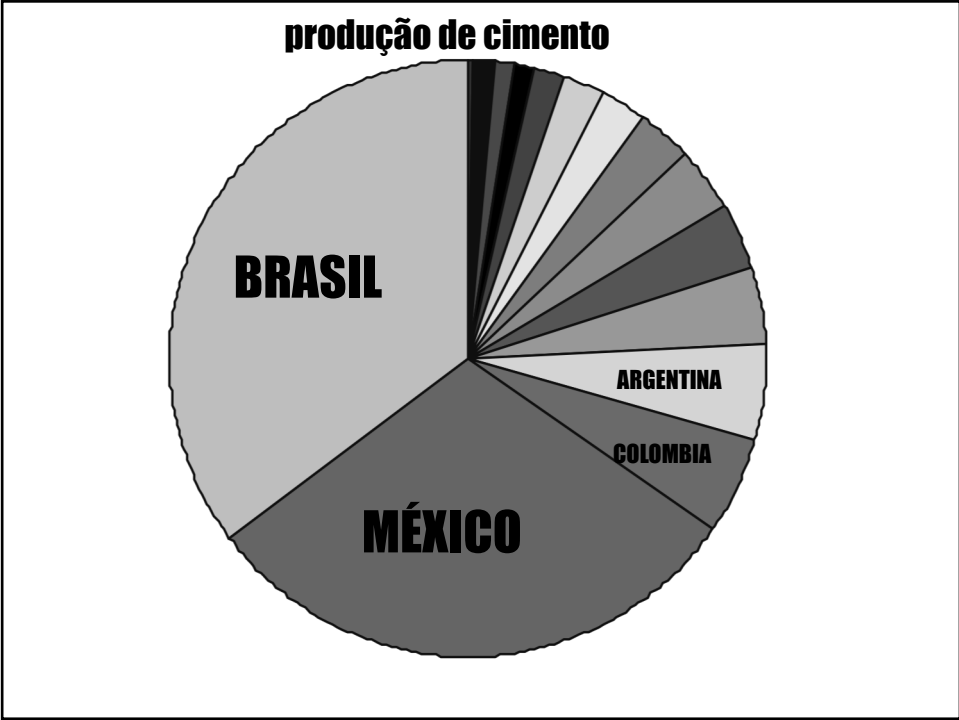
4



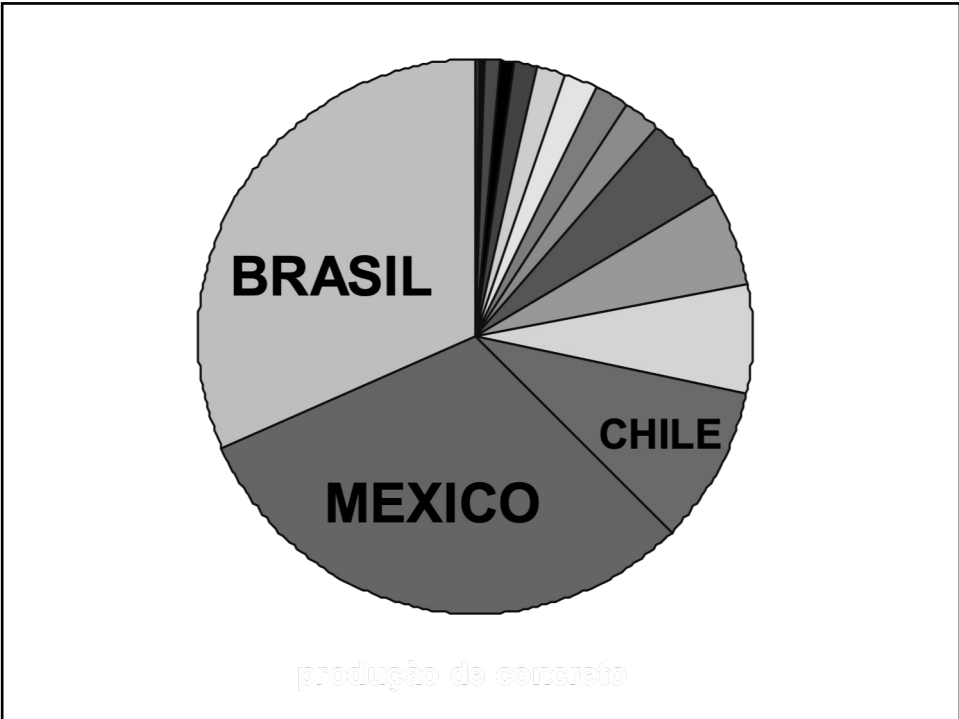
5



6



7



8



“Contribuição do Concreto à Evolução das Estruturas e ao Desenvolvimento da Humanidade”

Eng. Paulo Helene

*MSc, PhD, Prof. Titular da Universidade de São Paulo
Coordinador Internacional de la Red REHABILITAR CYTED
Member of fib (CEB-FIP) Model Code for Service Life
Miembro de ALCONPAT Brasil
Presidente do IBRACON*

Aracajú, 12 de junho de 2007

9

Instituto Brasileiro do Concreto

fundado 1972

IBRACON

IBRACON é uma associação de alcance nacional, considerada de utilidade Pública Federal e Estadual, sem fins econômicos

10

Diretorias Regionais www.ibracon.org.br

Sede:
Jardim Olímpia
São Paulo - SP

11

Representatividade dos Associados

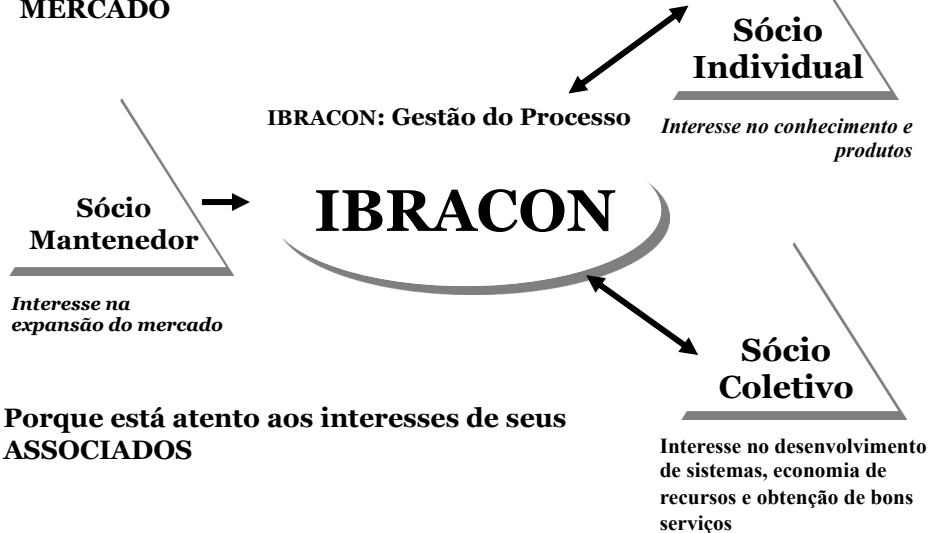
Universidades	
Construtoras	
Empresas Públicas	
Laboratórios	individuais = 1.400
Pré-moldados	coletivos = 27
Concessionárias	mantenedores = 55
Aditivos	estrangeiros (127)
Fôrmas e escoramentos	
Centrais de Concreto	
Aço CA & CP	
Cimento	
Agregados	
Adições	
Serviços e projetos	
Equipamentos	

www.ibracon.org.br

12

Por que o IBRACON cresce?

Porque está atento às necessidades do
MERCADO



13

Qual é o propósito de ser Sócio?

Fazer parte de uma comunidade de relacionamento, que participa ativamente da dinâmica do processo de geração e difusão do conhecimento do Concreto, através dos Comitês de P&D, Comitês Técnicos, Publicações, Cursos, Debates Técnicos, Concursos, Congressos e outros Eventos.

www.ibracon.org.br

14

Contribuição Social 2007

	ANUIDADES	Valores (R\$)
1	SÓCIO MANTENEDOR	R\$ 5.000,00
2	SÓCIO COLETIVO	R\$ 2.500,00
3	SÓCIO INDIVIDUAL	R\$ 200,00
4	SÓCIO ESTUDANTE PÓS GRADUAÇÃO	R\$ 100,00
5	SÓCIO ESTUDANTE GRADUAÇÃO	R\$ 50,00

15

ENTIDADES PARCEIRAS

SIGLA	ENTIDADE	PAÍS
ACI	AMERICAN CONCRETE INSTITUTE	EUA
CNCH	Comisión Nacional del Cemento y el Hormigón	CUBA
IMCYC	Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto	MÉXICO
ASAE	Associação Sul-Americana de Engenharia Estrutural	BRASIL
ALCONPAT	Asociación Latinoamericana de Control de Calidad Patología y Recuperación de la Construcción	PARAGUAI
IPCH	Instituto Paraguayo del Cemento y el Hormigón	PARAGUAI
AATH	Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón	ARGENTINA
AIE	Asociación de Ingenieros Estructurales	ARGENTINA
ABECE	Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural	BRASIL
ABPE	Associação Brasileira de Pontes e Estruturas	BRASIL
AAHES	Asociación Argentina del Hormigón Estructural	ARGENTINA
ACHE	Asociación Científico-Técnica del Hormigón Estructural	ESPAÑA
JCI	Japan Concrete Institute	JAPÃO

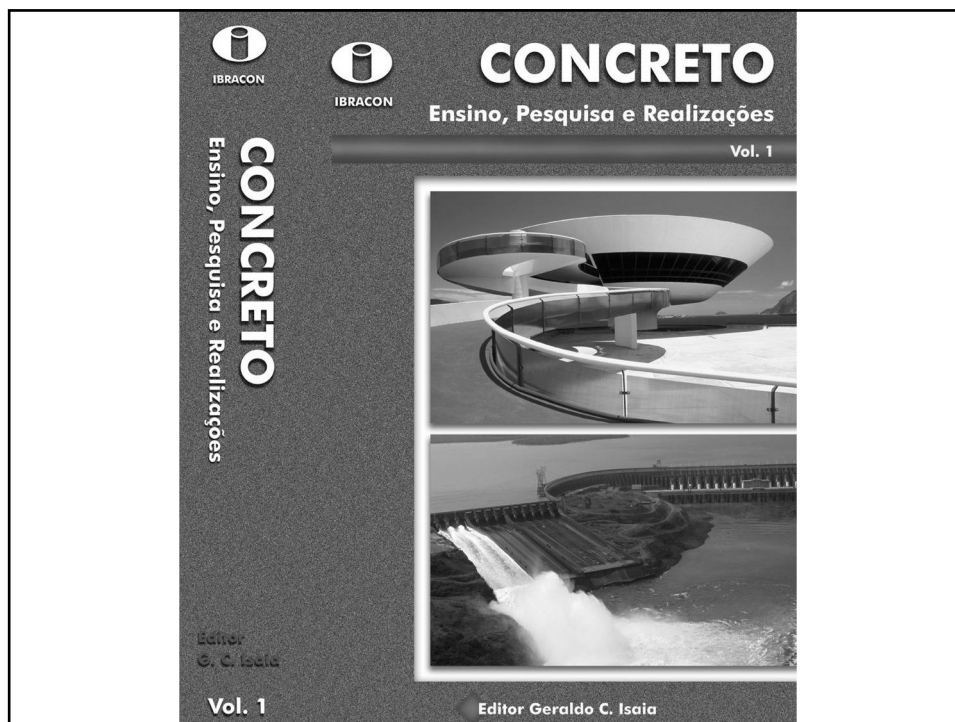
16

Publicações

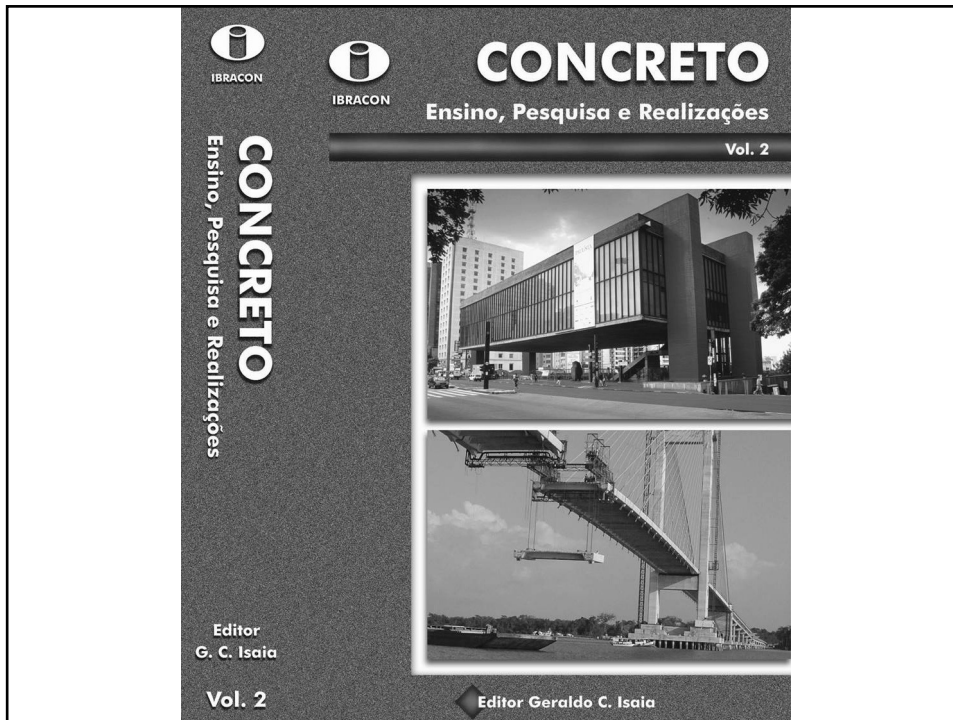
- Revista CONCRETO (5,000)
- Boletim CONCRETO ARMADO (14,000)
- Práticas Recomendadas
- Memórias de Congressos (47 Congressos)
- Revista ESTRUTURAS (*website*)
- Revista MATERIAIS (*website*)

www.ibracon.org.br

17



18



19

48º Congresso Brasileiro do Concreto

**48 Congressos Brasileiros do Concreto
2.500 trabalhos científicos**

20

Eventos Internacionais



SIABE 05

Simpósio Ibero-Americano
"O Betão nas Estruturas"
Coimbra, Jul. 2005

INCOS 05

International Conference on
Concrete for Structures
Coimbra, Jul. 2005

Rio de Janeiro, Set. 2006

Madrid, Julho. 2008



21

Eventos Internacionais








V

Manaus
2008
Junho

22

PROGRAMA **MASTERPEC**
MASTER EM PRODUÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO

**CURSOS
IBRACON**

<p>03.09.2005 8:00 – 12:00</p> <p>"O CONCRETO NA ARQUITETURA"</p> <p>Arq. Ruy Ohtake (Convidado) RUY OHTAKE ARQ. E URBANISMO</p> <p>Arq. Fernanda Pereira, MSc Master pelo Eduardo Torrojas de Madrid, Doutoranda EPUSP</p> <p>Autor de obras disseminadas por todo o Brasil e no exterior, reconhecidas internacionalmente por sua sucedida maneira de mostrar o concreto em toda sua potencialidade de formas, texturas, cores, capacidade portante e em harmonia com o entorno e com outros materiais.</p> <p>Patrocinador: </p>	<p>04.09.2005 8:00 – 12:00</p> <p>"PATOLOGIA DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO"</p> <p>Eng. Paulo Barbosa Doutorando da EPUSP Especialista em Reabilitação de Estruturas de Concreto</p> <p>Apresenta-se o estado da arte em patologia e durabilidade do concreto. Apresenta-se a metodologia de inspeção, diagnóstico e prognóstico. Discute-se, através de casos de estudo, a importância da realização de um diagnóstico correto para o sucesso de uma intervenção.</p> <p>Patrocinador: </p>	<p>05.09.2005 8:00 – 12:00</p> <p>"DOSAGEM DE CONCRETO DE ALTO DESEMPENHO"</p> <p>Eng. Vitervo O'Reilly, PhD (Convidado) Presidente da Comissão do Cimento e do Concreto de Cuba</p> <p>O Prof. O'Reilly é dono de uma prolifera carreira de tecnologista de concreto. Seu método de dosagem é longamente utilizado em vários países. Analisa-se a relação entre a compacidade do concreto e seu desempenho, entre consumo de cimento e resistência à compressão.</p> <p>Patrocinador: </p>
<p>03.09.2005 13:30 – 17:30</p> <p>"DIMENSIONAMENTO DE ELEMENTOS ESTRUTURAIS PELA NOVA NBR 6118"</p> <p>Eng. Túlio N. Bittencourt, PhD Professor Associado da USP Diretor de P&D do IBRACON</p> <p>O Prof. Túlio, pesquisador da área de estruturas, discorre sobre as mudanças introduzidas pela nova NBR 6118, no que tange ao cálculo estrutural e à durabilidade do concreto. Discute-se, em particular, a adoção das dimensões mínimas.</p> <p>Patrocinador: </p>	<p>04.09.2005 13:30 – 17:30</p> <p>"SEGURANÇA E REABILITAÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO"</p> <p>Eng. Raúl Husni (Convidado) Presidente do ACI Chapter Argentina e membro da Rede Ibero-americana Rehabilitar</p> <p>O Prof. Husni é conhecido internacionalmente pela sua contribuição à engenharia de diagnóstico e à segurança das edificações. Apresenta a importância da garantia de segurança estrutural nos trabalhos de reabilitação, e de reforço.</p> <p>Patrocinador: </p>	<p>05.09.2005 13:30 – 17:30</p> <p>"SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL"</p> <p>Eng. Salomon Levy, PhD Professor da UNINOVE e Coordenador do Comitê Técnico Meio Ambiente do IBRACON</p> <p>Um curso a cargo do CT-MA, grupo de excelência nas pesquisas e na difusão do conhecimento em tecnologias de reciclagem de materiais e reaproveitamento de recursos, na proteção ao meio ambiente, sustentabilidade e responsabilidade social.</p> <p>Patrocinador: </p>

23



49º

CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO

BENTO GONÇALVES SERRA GAÚCHA

31/08 a 05/09/2007

CONVITE

A comissão organizadora tem o prazer de convidá-lo para participar do **49º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO - CBC2007**.

Venha apreciar mais uma edição deste que tornou-se o maior e melhor evento técnico/científico da construção civil no Brasil, desfrutando de tudo o que a serra gaúcha tem a oferecer.

24

49º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO
BENTO GONÇALVES
SERRA GAÚCHA
31/08 a 05/09/2007

49º CBC
31/08 a 05/09/2007

FUNDAPARQUE
BENTO GONÇALVES
TERRA DA UVA E DO VINHO
SERRA GAÚCHA
RIO GRANDE DO SUL

EVENTOS PARALELOS

- SEMINÁRIO SOBRE SEGURANÇA DE EDIFICAÇÕES EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO
- MESA REDONDA CORROSÃO CONCRETO ARMADO EM AMBIENTE MARÍTIMO
- SEMINÁRIO SOBRE RISCO NA ENGENHARIA CIVIL

PROMOÇÃO

IBRACON

PARCEIROS

APOIO

Informações:
www.ibracon.com.br

IBRACON logo and logos of supporting organizations like ABRACON and Associação Lúcio Meireles.

Small images at the bottom showing construction sites and a truck.

25

49º

CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO

BENTO GONÇALVES
SERRA GAÚCHA

31/08 a 05/09/2007

26

Livro Materiais de Construção Civil
2 volumes, 1.500 páginas

Livro de Concreto
Mehta & Paulo Monteiro
750 pag.

NBR 6118 Exemplos de Aplicação

27



**“Contribuição do Cimento e
do Concreto à Evolução das
Estruturas e ao
Desenvolvimento da
Humanidade”**

Eng. Paulo Helene

*MSc, PhD, Prof. Titular da Universidade de São Paulo
Coordinador Internacional de la Red REHABILITAR CYTED
Member of fib (CEB-FIP) Model Code for Service Life
Miembro de ALCONPAT Brasil
Presidente do IBRACON*

Aracajú, 12 de junho de 2007

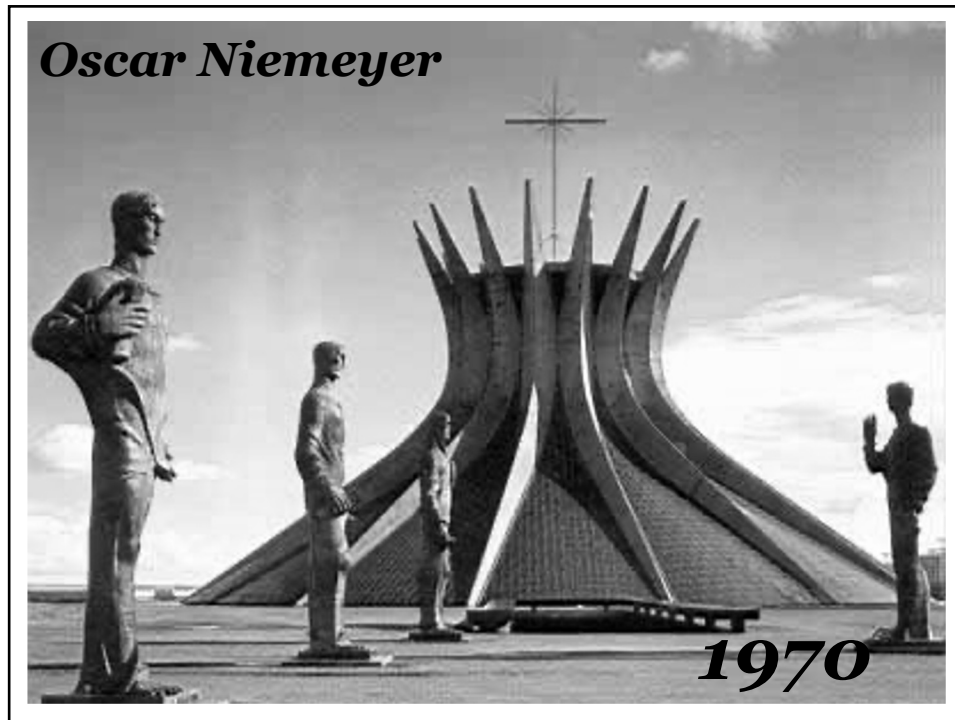
28



29



30



31

**Importância do
concreto no campo do
desenvolvimento da
ciência e da tecnologia
de um país**

32

Pesquisas em Concreto

No Canadá, CA → Pierre-Claude Aitcin – Diretor Científico

1989 National Research Council, NRC
NCE 1989 → Network of Centres of Excellence
NCE investe 40 milhões de dólares/ano

Concrete/Béton Canada (1989 → 1999)
Université de Sherbrooke
1,4 milhões de dólares/ano (10 anos)

Entidades integrantes:
11 universidades
15 Instituições Governamentais
5 Entidades
65 Empresas

33

Béton Canada

The mission of Concrete Canada is to position the Canadian construction industry at the leading edge of concrete technology in order to enhance its competitiveness.

Its goal is to develop more durable, high-performance concrete and provides a longer life expectancy for structures, to develop innovative tools for designing new structures and repairing existing structures.

Beton Canada are demonstrating that HPC structures are safe, efficient and cost-effective, and providing direct transfer of technology from the laboratory to industry.

Béton Canada Network assure Canada as world leader in the industry field.

34

CANADA → Networks of Centres of Excellence (14 em 1989, hoje 19)

Advanced Technologies

1. Canadian Network for Space Research
2. Centres of Excellence in Molecular and Interfacial Dynamics
3. Institute for Robotics and Intelligent Systems
4. Micronet - Microelectronic Devices, Circuits and Systems
5. NeuroScience Network

Engineering and Manufacturing

1. Canadian Institute for Telecommunications Research
- 2. Concrete Canada**
3. Mechanical Wood-Pulps Network

Health, Human Development and Biotechnology

1. Canadian Ageing Research Network
2. Canadian Bacterial Diseases Network
3. Insect Biotech Canada
4. Inspiraplex - Respiratory Health Network of Centres of Excellence
5. Protein Engineering Network

Natural Resources and Environment

1. Ocean Production Enhancement Network

35

NCE Canada Network of Centres of Excellence

Engineering and Manufacturing

1989 a 1999

Concrete / Béton Canada

1995- 2009

Intelligent Sensing for Innovative Structures

ISIS Canada

University of Manitoba, Winnipeg, Manitoba

36

Pesquisas em Concreto

Nos Estados Unidos, USA → Surendra Shah → Diretor Científico

1989 → National Science Foundation, NSF

ACBM Center for Advanced Cement-based Materials

NorthWestern University

University of Illinois

Purdue University

University of Michigan

National Institute of Standards and Technology

→ WMU, waste material utilization;

→ LCP, life cycle prediction;

→ DHPC, designing for high performance concrete

“Concrete & Science Engineering”

“Cementing the Future” média: 8 artigos por ano

37

ACBM: Worldwide leaders in new technology

ACBM was established in 1989 as a National Science Foundation Science and Technology Center, dedicated to the cement and concrete industries. By focusing on research, education, and technology transfer, ACBM has contributed major advances in the knowledge of cement and concrete materials and their behavior.

Hundreds of students and visiting scholars have participated in research at ACBM and have gone on to careers in industry and academia to continue this important work.

Many companies have adopted and optimized new technologies based on expertise developed through collaborative efforts with ACBM. **Cement Research — Response to a real world need.**

Much of the way we live depends on concrete. Our houses, roads, cities and underground support systems are all structured from this.

38

ACBM Center for Advanced Cement-Based Materials

*Our purpose is to
improve and enhance
the performance of
vital construction
materials.*

39

Pesquisas em Concreto

No Brasil, BR

2000, Ministério da Ciência e Tecnologia, MCT
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico, CNPQ, PADCT

Instituto do Milênio em Pesquisa Inovação e Difusão "Concreto Brasil"

Linhas de Pesquisa

- 1 - Patologia, Manutenção e Recuperação das Estruturas de Concreto
- 2 - Pré-Moldados de Concreto
- 3 - O Concreto e o Desenvolvimento Sustentado
- 4 - Desenvolvimento de Indicadores de Competitividade para Monitoramento da Cadeia Produtiva

40

Pesquisas em Concreto

Instituto do Milênio "Concreto Brasil"

Instituições Experientes:

Escola de Engenharia de São Carlos USP
Instituto de Pesquisas Tecnológicas
Instituto Tecnológico de Aeronáutica
Universidade de Campinas
Universidade de São Paulo
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Universidade Federal de Santa Catarina

Instituições emergentes:

Universidade de Pernambuco
Universidade Federal de Goiás

Associações e Entidades:

Associação Brasileira das Empresas de Serviços de
Concretagem – ABESC
Associação Brasileira de Cimento Portland - ABCP
Instituto Brasileiro do Concreto – IBRACON

43

BRASIL → Institutos do Milênio MSI (17 em 2001, hoje 33)

Advanced Technologies

1. Avanço Global e Integrado da Matemática Brasileira
2. Instituto do Milênio para Evolução de Estrelas e Galáxia
3. Instituto de Informação Quântica
4. Instituto de Nanociências

Engineering and Manufacturing

1. Fábrica do Milênio
2. Instituto do Milênio de Materiais Complexos
3. Instituto Multidisciplinar de Materiais Poliméricos
4. Rede de Pesquisa em Sistema em Chip, Microsistemas e Nanoeletrônica

Human Development and Biotechnology

1. Estratégias integradas para estudo e controle da tuberculose no Brasil
2. Instituto de Investigação em Imunologia
3. Bioengenharia e Terapias celulares para doenças crônico-degenerativas
4. Integração de melhoramento genético, genoma funcional e comparativo

Natural Resources and Environment

1. Água - uma visão mineral
2. Semi-Árido Biodiversidade, Bioprospecção e Conservação de Recursos
3. Mudanças de uso de solo na Amazônia
4. Núcleo de Estudos Costeiros
5. Oceanografia Uso e Apropriação de recursos costeiros

44

Pesquisas em Concreto

Brasil

- 131 grupos de pesquisa cadastrados em concreto na CAPES
 - 22% de excelência
- 10 melhores escolas de engenharia MEC → coincidem com os melhores Centros de Excelência em Concreto

Instituto Brasileiro do Concreto IBRACON

Diretoria de Pesquisa e Desenvolvimento

Banco de Teses e Dissertações

“Concreto Brasil”

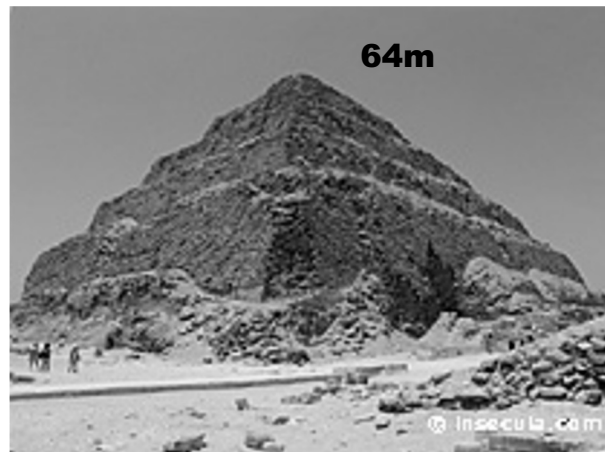
48 Congressos → 2.600 artigos → práticas recomendadas →
livros

45

**QUANDO FOI
RECONHECIDA A
PROFISSÃO DE
ARQUITETO e
ENGENHEIRO CIVIL POR
PRIMEIRA VEZ ?**

46

**Político, alquimista, primeiro
Arquiteto → Imhotep**



Pirâmide escalonada de Djoser

47

I Grande Revolução !

A Engenharia de estruturas
podia construir obras
duráveis, majestosas e de
grandes proporções.

48



49



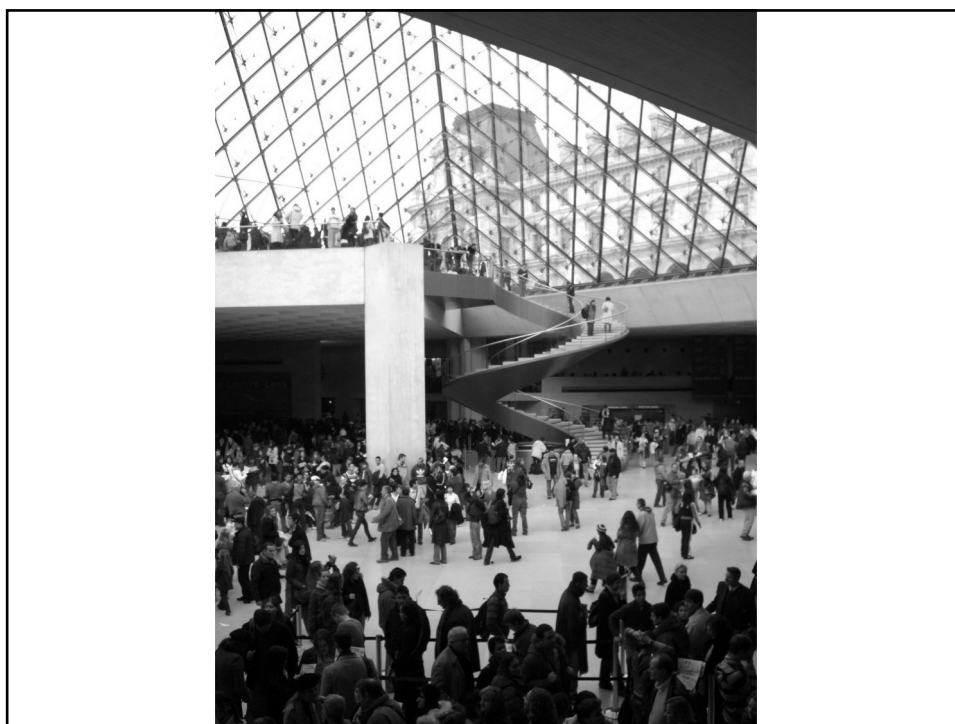
Stonehenge , Wiltshire, Inglaterra, perto de Salisbury.
Blocos montados em um campo circular. Considerado obra pré-histórica !!
2.800 a 2.200 aC

50

**A CONSTRUÇÃO
ESTÁ no PRIMEIRO
CÓDIGO CIVIL da
HUMANIDADE**

“Durabilidade!”

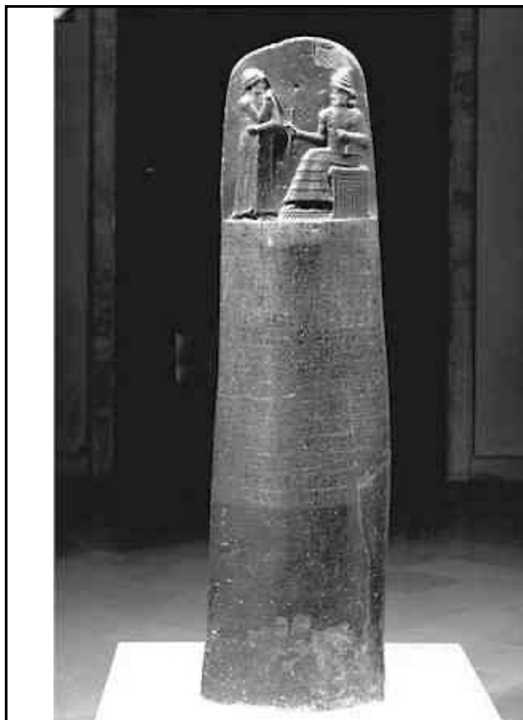
51



52



53



**Código de Leis de
Hammurabi
(1.780 aC)**

Rei da Babilonia

**Uma copia foi
gravada num
bloco de rocha
diorito negro com
2,4m de altura
contendo 282
artigos**

54



55

Código de Leis de Hammurabi

Artigos 229 a 233 → obras

229. Quando uma casa ou parte dela colapsa e mata o proprietário, o construtor deve morrer;

230. Quando uma casa ou parte dela colapsa e mata o filho do proprietário, o filho do construtor deve morrer;

231....

232.....

233....

56

Genesis, 11.4

O Povo de Deus disse:

**“ Vamos construir uma cidade e uma Torre
que alcance o Paraíso e deixe gravado
nosso nome na história antes de que
sejamos espalhados por toda a face da
Terra”**

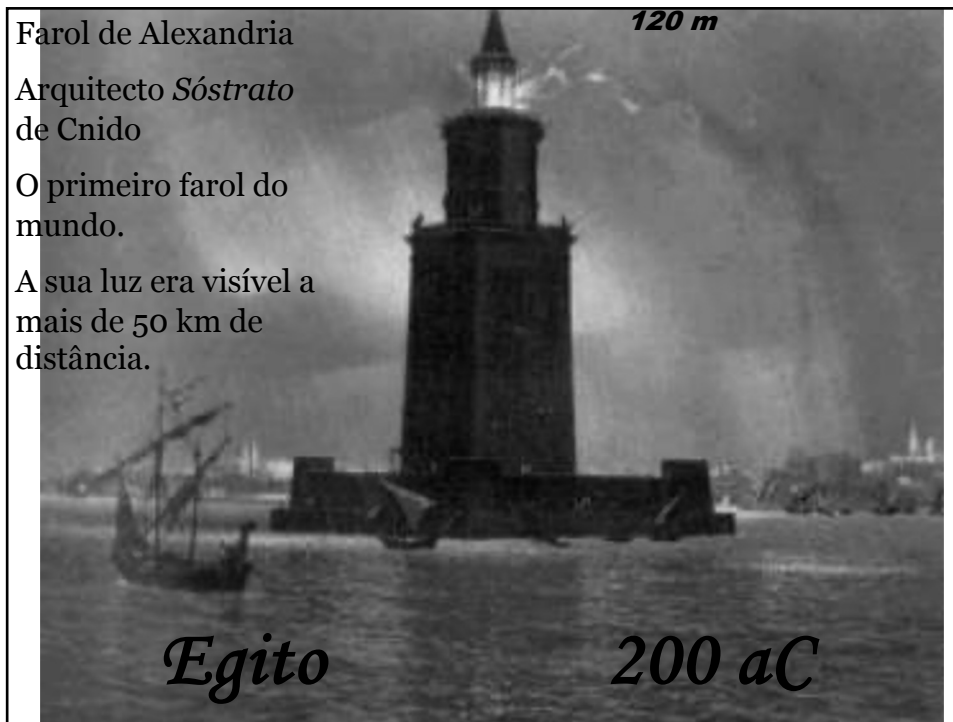
57

Torre de Babel

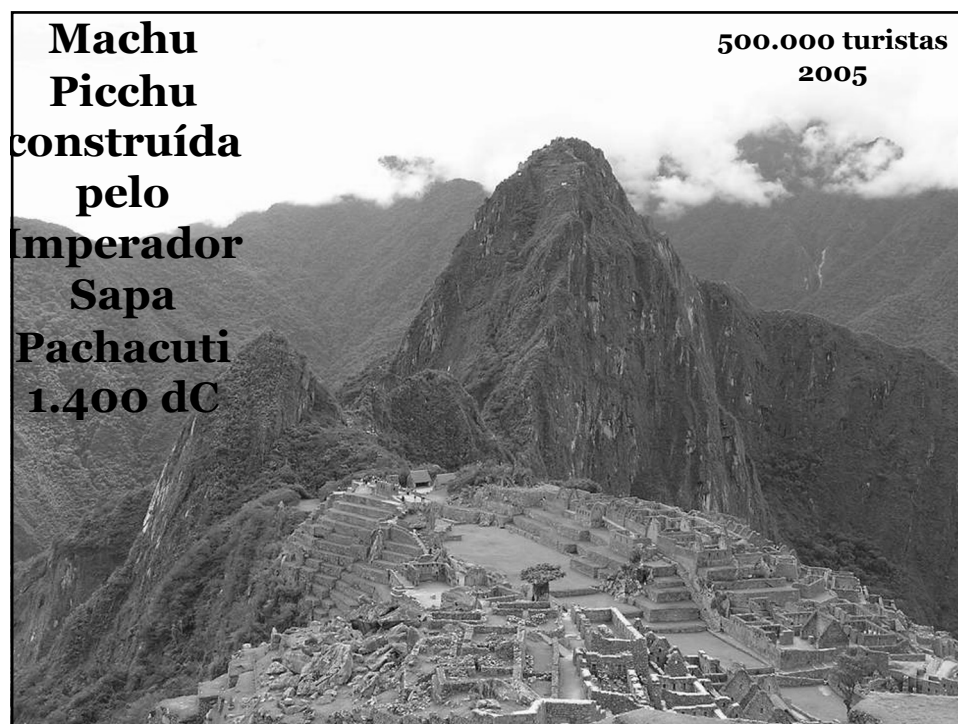
**Iraque
580 aC**



58



59



60



61



62

Construir com Materiais Resistentes e Duráveis

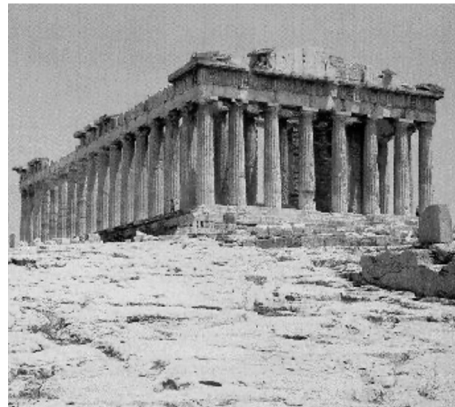
63

O CONCEITO DE CONSTRUIR COM DURABILIDADE EXISTE NAS OBRAS DESDE A ANTIGUIDADE

Arquitetos Ictinos de Mileto
e Calícrates (*escultor Fídias*)



Pártenon, 440 aC
“século de Péricles”



64

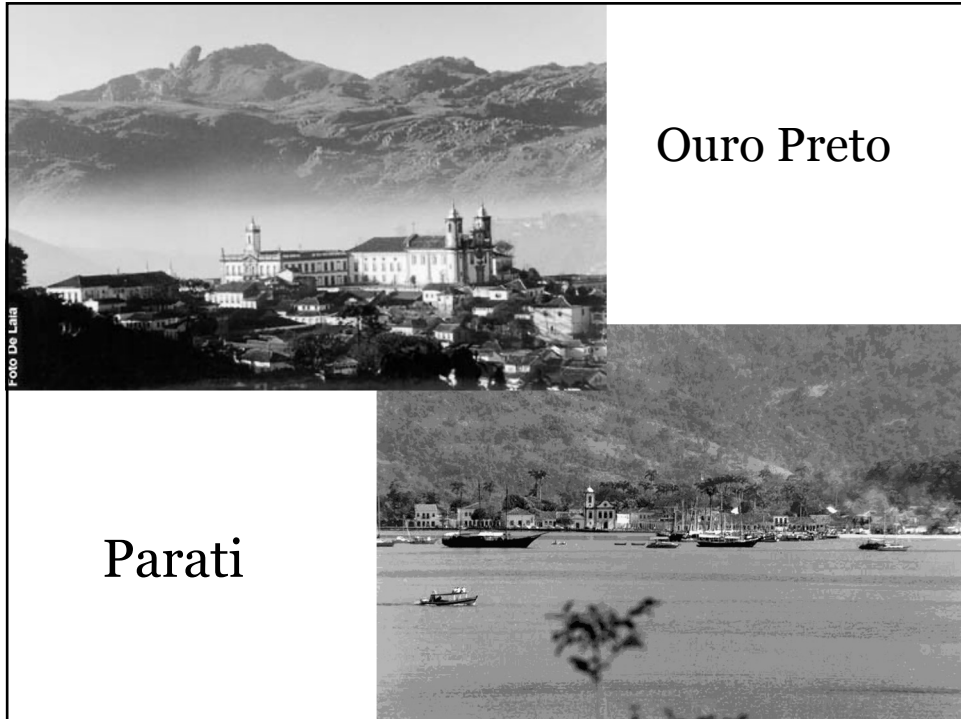
Cartagena de Indias



65



66



67



68



69

**QUANDO APARECEU
O CONCRETO
POR PRIMEIRA VEZ
NA HISTÓRIA?**

70

Panteão
de
Roma



71

Cúpula do Panteão → Século II dC

Diâmetro de **44m**

Feita de pedra pome

com bronze (cubetas)

Modelo primitivo

Com pozolana + sangue

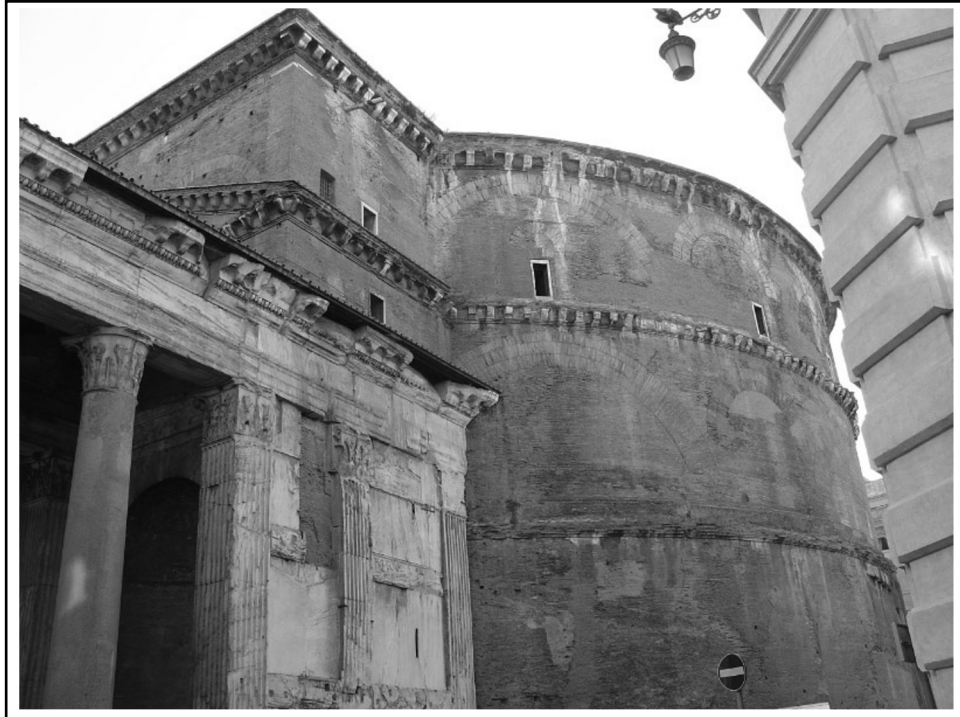
Decorado por *q. Bernini* → *baldaquino papal*

Localizada na *Catedral de São Pedro*

É o *temple* mais antigo



72



73

Cúpula do Panteão de Roma
Século II dC → Diâmetro de 44m



74

Séculos

IV → Estilo Bizantino → Catedral Santa Sophia, Istambul

IX → Estilo Romanico → Abadia Cluny, France

XII-XIV → Estilo Gótico → Catedral Notre Dame, Colonia

XV → Estilo Renacentista

XVII → Estilo Barroco → Catedral São Pedro, Bernini

XVII → Estilo Neoclasico → Arco do Triunfo , Paris

75

Catedral de Notre Dame



1163-1330

Abóbada da nave central → 35 m de altura

76

Séculos

IV → Estilo Bizantino → Catedral Santa Sophia, Istambul

IX → Estilo Romanico → Abadia Cluny, France

XII-XIV → Estilo Gótico → Catedral Notre Dame, Coloña

XV → Estilo Renacentista

XVII → Estilo Barroco → Catedral San Pedro, Bernini

XVII → Estilo Neoclasico → Arco del Triunfo , Paris

XIX → Estruturas metálicas

77

Primeira Ponte Metálica → 1.779 dC

Coalbrookdale Bridge in Telford, Inglaterra

still in use today carrying occasional light transport and pedestrians



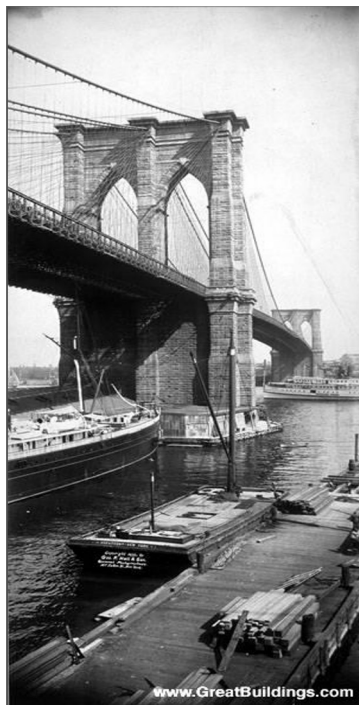
78



Ponte do Brooklyn, New York, USA → 1.883
John Augustus Roebling
ponte suspensa com cabos de aço galvanizados

79

Fundações em rocha e alvenaria



80

II Grande Revolução !

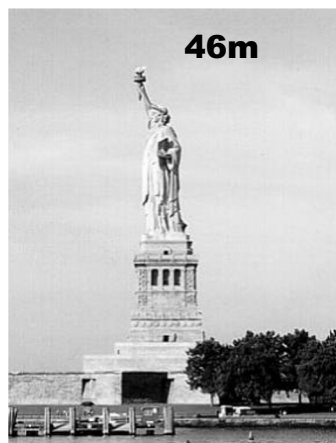
A Engenharia estrutural (e a Arquitetura) podia projetar obras antes inimagináveis, com muito mais velocidade, segurança para vencer grandes vãos e podia construir em altura como nunca dantes.

81

“Gustave Eiffel”

1.884 → Estatua da Liberdade

1.889 → Torre Eiffel



46m

(5a+2a)
60t
pintura

2.004 → 6.230.050 visitantes



312m

82

Onde estão os edifícios de Escritórios e Apartamentos? O que houve?

83



**Palácio de Westminster → Houses of Parliament
1.868 dC Big Ben**

84

➤ **1.888 → Leroy Buffington
USA, esqueleto reticular**

➤ **1.853 → Otis, elevador seguro,
1889 → 1º elevador elétrico em
NY**

85



**O início dos arranha-
céus foi em 1.890-1.891
com a construção do
edifício Wainwright
com 42m
St. Louis, USA.**

***Conhecido Escola de
Chicago***

**Projetista
Arquiteto Louis Henry
Sullivan**

86

**SÉCULO XX
1.900**

**APARECE UM
NOVO MATERIAL**

Concreto Armado

87

**Primeiras Normas sobre
Estruturas de Concreto**

1903	Suíça
1903	Alemanha
1906	França
1907	Inglaterra

88



89



**Systeme
Hennebique**
Paris, Rue Danton1

7 andares
França 1.901
30m

$f_{ck} = ?$

106 years !

**Oldest Building
in world**

90



91



Palácio Salvo
Montevideu

27 andares

Uruguai 1925

103m

$f_{ck} = ?$

83 anos !

world record

92



***Edifício
Martinelli***

1929

106m

78 anos

world record

São Paulo, Brasil

93



Rascacielos

Kavanagh

Buenos Aires

1935

32 pisos

120m

$f_{ck} = 13,5 \text{ MPa}$

world record

94



95



Cristo Redentor

1931

**Concreto
armado**

(pedra sabão)

39,6m

Corcovado, RJ

750m

**Projeto estrutural:
Heitor da Silva Costa & Albert Caquot
Arquitetura: artista plástico Carlos Oswald & escultor Maximillien Paul Landowski**

Hoje com 76 anos de idade, a estrutura dessa estátua, requereu apenas duas intervenções para manutenção realizadas nas décadas de 80 e 90, o que a caracteriza como de exemplar vida útil.

96

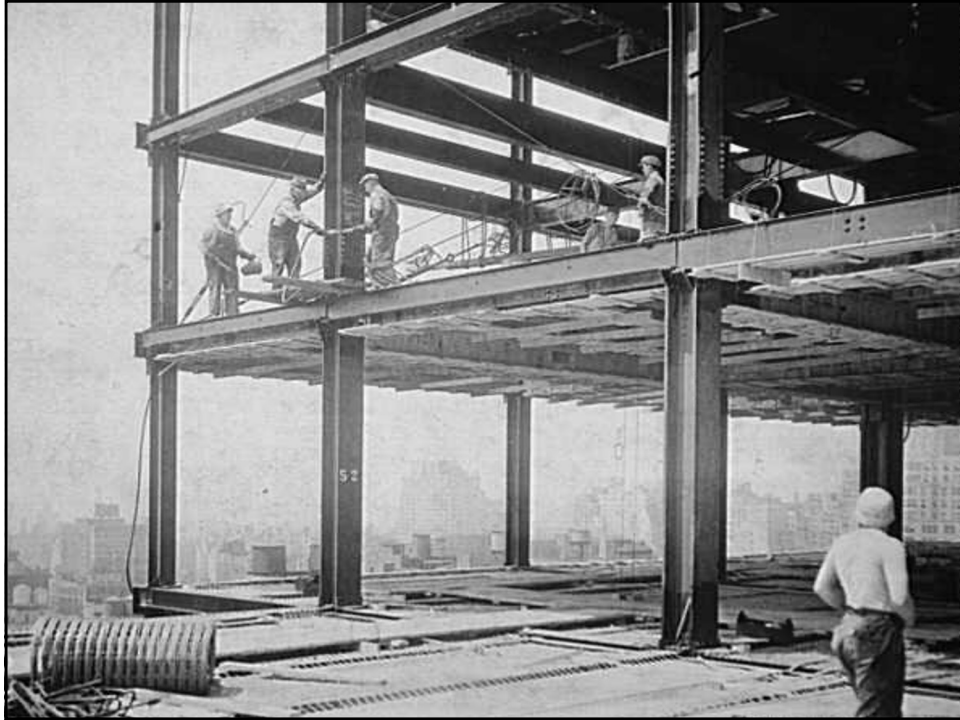
A estrutura em concreto armado, foi toda construída “in loco” no alto da encosta, fazendo uso de poucas partes pré-fabricadas. Sacos de cimento, areia, armaduras, fôrmas, além da água e do revestimento final em pedra-sabão, subiram morro acima pelos trilhos do trenzinho do Corcovado, construído sob Dom Pedro II. Inaugurado em 12 de outubro de 1931, o Cristo Redentor é considerado patrimônio histórico da humanidade desde 1937, santuário católico desde 2006 e uma das 7 maravilhas do mundo moderno desde 07/07/2007

97



**Empire State Building
381m , New York, 1.931**

98




99

**Torre
Parque Central
Caracas
Venezuela**

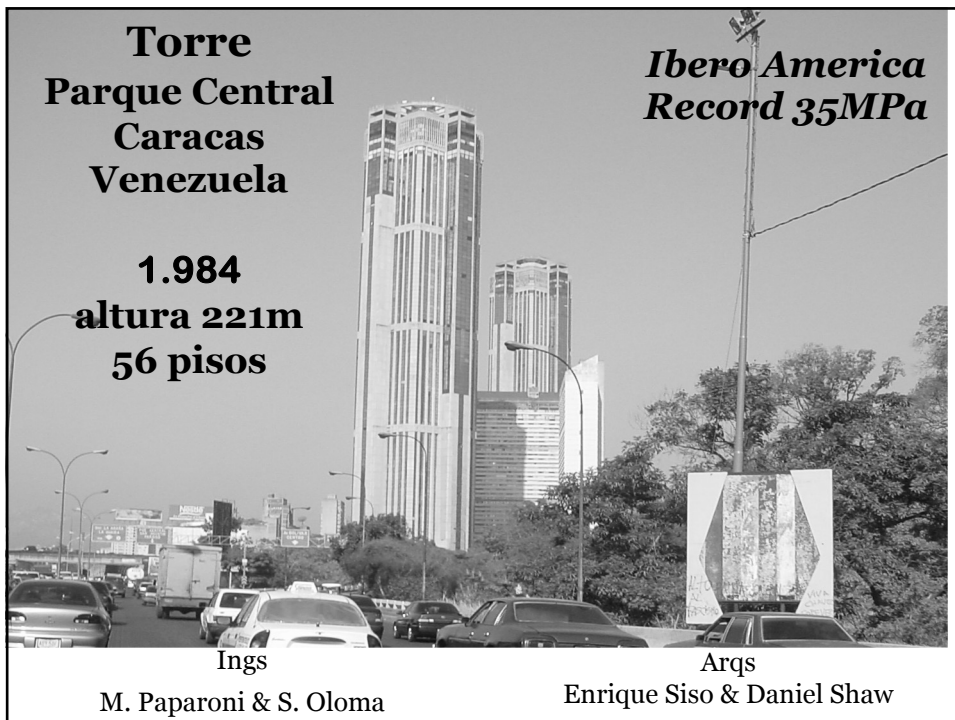
**1.984
altura 221m
56 pisos**

Ings
M. Paparoni & S. Oloma

***Ibero America
Record 35MPa***

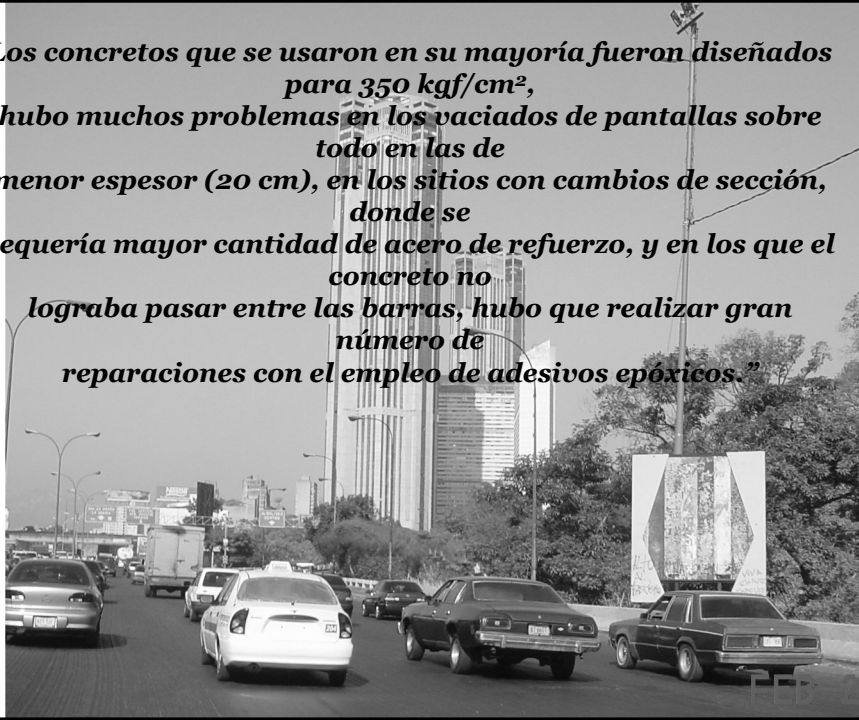


Arqs
Enrique Siso & Daniel Shaw



100

Los concretos que se usaron en su mayoría fueron diseñados para 350 kgf/cm², hubo muchos problemas en los vaciados de pantallas sobre todo en las de menor espesor (20 cm), en los sitios con cambios de sección, donde se requería mayor cantidad de acero de refuerzo, y en los que el concreto no lograba pasar entre las barras, hubo que realizar gran número de reparaciones con el empleo de adhesivos epóxicos.”



101

**Século XX
1.928**

“novo material estrutural”

***Concreto
Protendido***

Eugene Freyssinet


102



103



104



**Aduelas
prefabricadas**
 $f_{ck} = 45 \text{ MPa}$

média de
 54 MPa
**em corpos-de-
prova cilíndricos**
(62 MPa)

Vida Útil
100 anos!

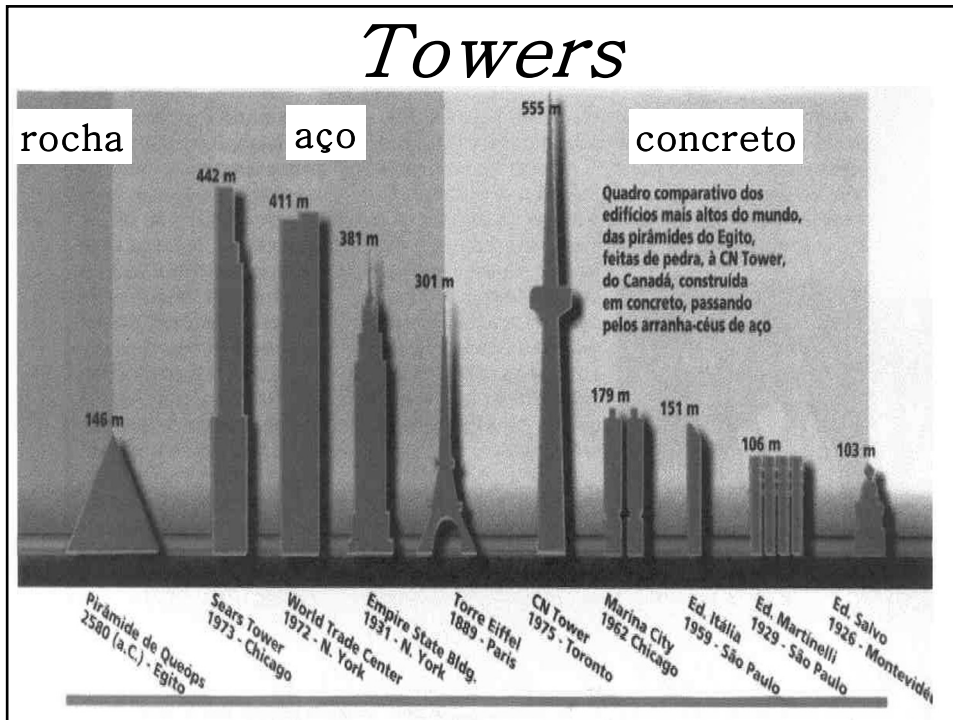
105

III Grande Revolução !

A Engenharia estrutural podia ousar muito mais pois descobriu como combinar dois materiais fantásticos. O concreto tinha a durabilidade da rocha, era compatível com o aço e ainda o protegia “eternamente”

106

Towers



107

CN TOWER
CANADA'S WONDER OF THE WORLD

Canada

555m
450m
330m

CN Tower

CLC → real estate
Canada Lands Company

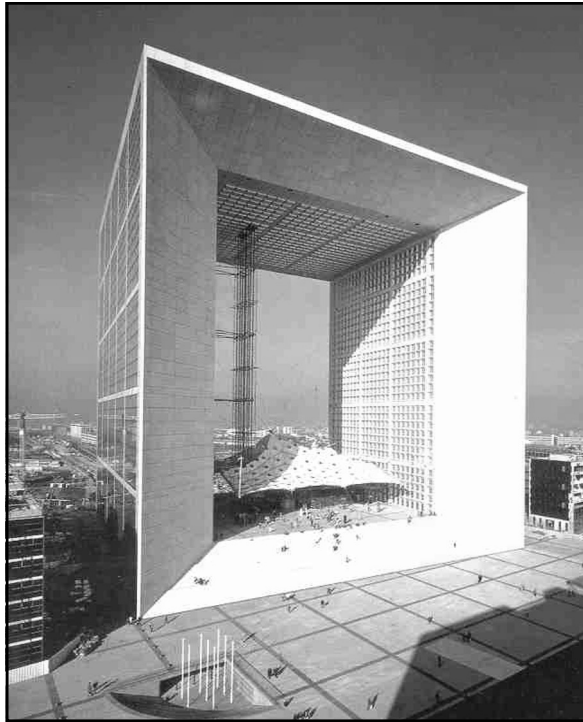
1.976

555 m

concreto protendido

4 meses !

108



Grand Arch
La Defense
Paris
França 1990
 $f_{ck} = 60 \text{ MPa}$
“high-tech style”

109

Histórico

Concreto 1975 traços típicos

Relação a/c	f_{c28}	f_{ck}	Consumo/m ³
0,40	31,70	25	378
0,47	26,70	20	321
0,54	22,20	16	281
0,62	18,20	12	246

Concreto 2003 traços típicos

f_{c28}	Relação a/c	f_{ck}	Consumo/m ³
31,70	0,55	25	305
26,70	0,61	20	272
22,20	0,67	16	252
18,20	0,73	12	223

110

Histórico

f_{ck}	1975		2005		Diferenças	
	a/c	Consumo	a/c	Consumo	kg	%
25	0,40	378	0,55	305	-73	-19
20	0,47	321	0,61	272	-49	-15
16	0,54	281	0,67	252	-29	-10
12	0,62	246	0,73	223	-23	-9

Mudanças nos cimentos por melhorias no processo industrial:

- aumento da finura (moagem, granulometria)
- presença de adições nos cimentos
- uso de aditivos nos concretos

111

Histórico

Europa

Concreto $f_{c28} = 25$ MPa

Período	Consumo mínimo de Cimento/m^3	Relação a/c máxima
1945-47	380	0,47
1954-58	300	0,60
1975-80	250	0,72

Concreto $f_{c28} = 25$ MPa

- 1950 - a/c = 0,50
- 2000 - a/c = 0,70

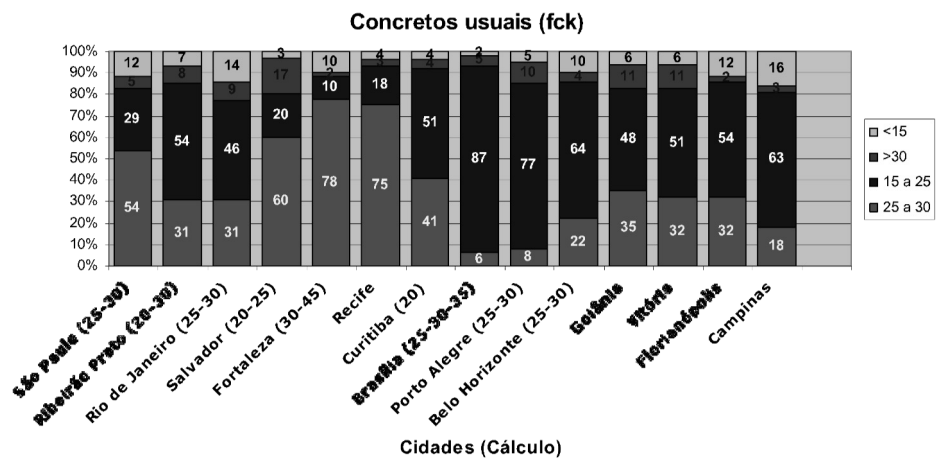
112

Conseqüências

- A melhoria dos cimentos proporcionou trabalhar com menores consumos e maiores relações a/c para as mesmas resistências;
- ▼ Aumento de manifestações patológicas e ações na justiça em defesa do consumidor acarretando o aumento de gastos com manutenção e indenizações aos usuários das obras;
- ▼ Maiores gastos com manutenção estão exigindo ações de melhoria para atender à durabilidade;
- ▼ Atender a durabilidade, ou seja, reduzir o envelhecimento precoce traz melhoria da qualidade da estrutura, com vantagens econômicas

113

Brasil Atual

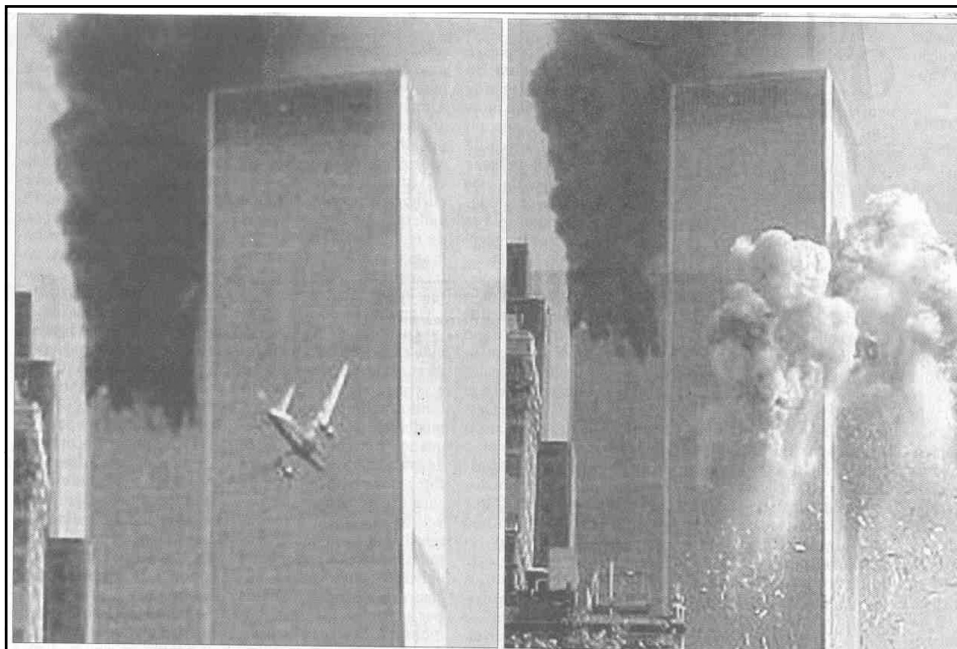


114

Triste e marcante acontecimento que impulsionou a Engenharia para uma evolução

September 11, 2001

115

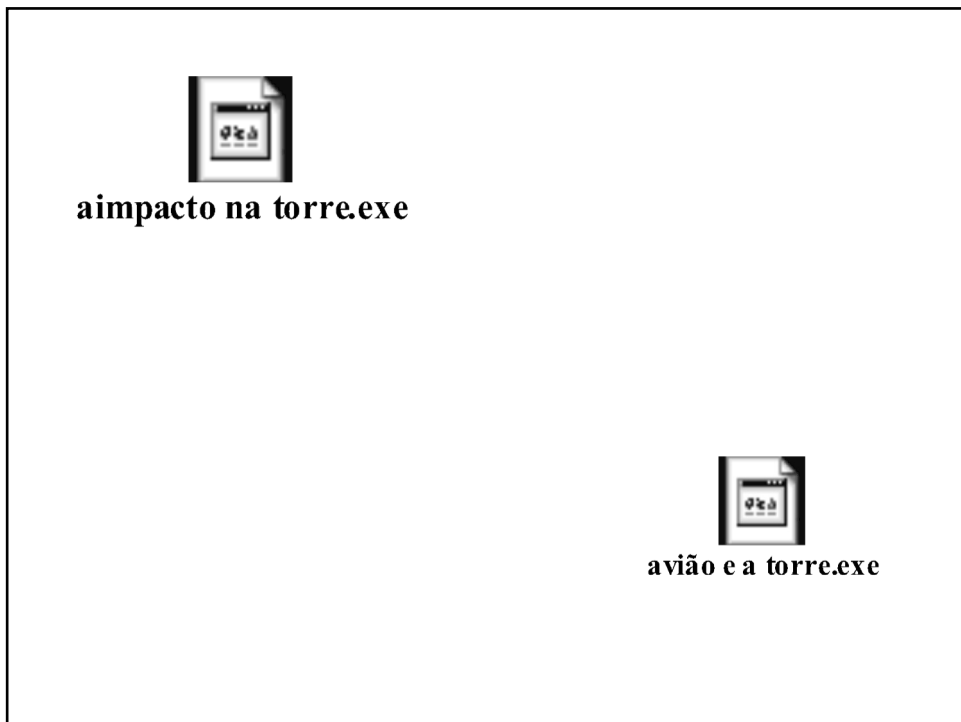


September 11, 2001

116



117



118

FEMA
Federal Emergency Management Agency
www.fema.gov

NIST
National Institute of Standards and Technology
wtc.nist.gov

Port Authority of New York
NYC Building Code

119

6.000 fotos
185 fotógrafos
150h de video
15.000 p. entrevistas
17.000 ocupantes
8.500 cada (99% saíram de pisos inferiores)
93% nunca usaram escada
WTC 1 → 1560; WTC 2 → 599
bombeiros → 433

120

WTC 1 → 103 min
WTC 2 → 56 min
WTC 7 → 5h
Projecto WTC 1 e 2 → 1964
impacto boeing 707 a 960 km/h
sem incendio
1,25cm argamassa amianto projetado
→ hoje é 5cm
Inovador, mas ... sem ensaios
NYC Building Code adotava 1h → hoje 3h

121

Resistencia e Estabilidade

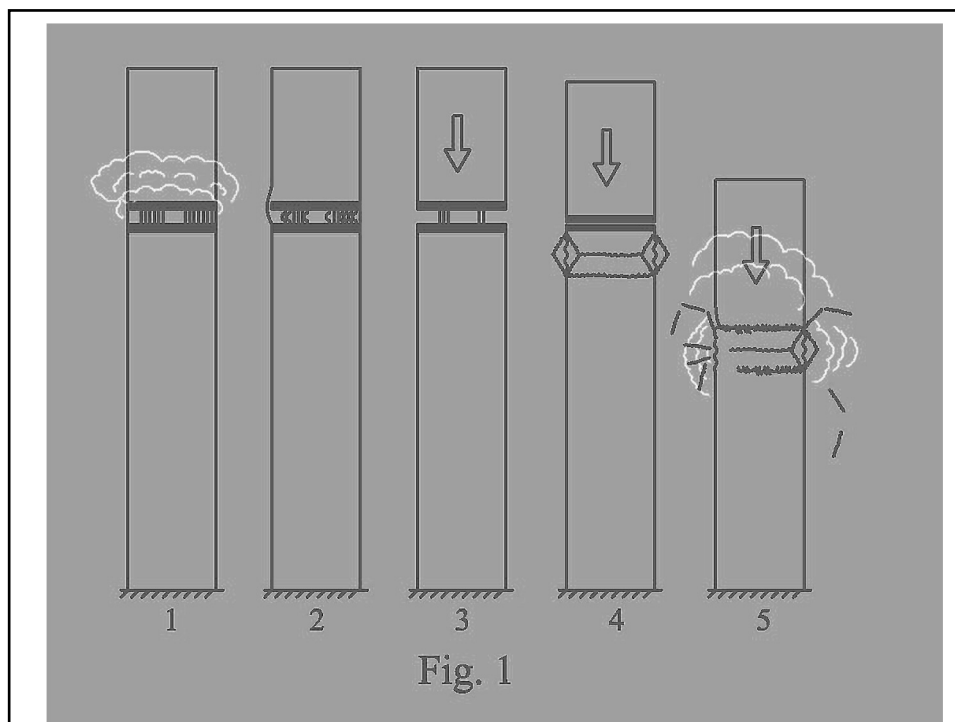
- **medidas indicaram que o impacto do Boeing 767-200ER imprimiu vibrações ao edifício, semelhantes às de um terremoto de índice 2,4 na escala Richter**
- **essa vibração induzida, teve uma amplitude de onda, da ordem da metade da máxima considerada pelo efeito do vento de projeto.**
- **o período de oscilação foi equivalente ao período de oscilação de todo o edificio**

122

As piores consequências do impacto

- **desalojou a proteção térmica**
 - **comprometeu o sprinkler**
- **comprometeu o abastecimento de água**
 - **disseminou o combustível**
 - **incrementou a ventilação**

123



124

ESTRUTURAS DE CONCRETO

resistência a incêndio e altas temperaturas

125

Concreto e Incêndio

- ✓ concreto é versátil
- ✓ concreto não é inflamável
- ✓ concreto não é combustível
- ✓ concreto é resistente
- ✓ concreto é isolante térmico

- ❖ concreto perde resistência
- ❖ concreto pode destacar-se

- 0 a 100 °C → umidade → vapor de água → íntegro
- 100 a 350 °C → CSH perde água → pode destacar-se
- 350 a 900 °C → Ca(OH)_2 → CaO → agregados soltam-se
- 900 a 1200 °C → fusão parcial, libera CO_2

126

Concreto e Incêndio

Ensaio

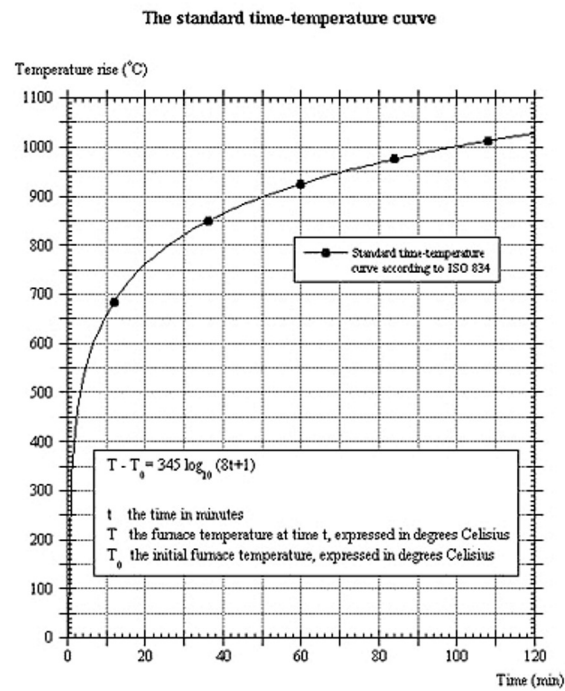
Corpos-de-prova em fornos pequenos
10cm de diâmetro, cubos 10cm, 5cm, 15cmx30cm

COMPONENTES ISOLADOS
vigas, trecho de lajes, colunas, pilares
diferentes cobrimentos da armadura

ESTRUTURAS
pisos, diferentes revestimentos

127

Crescimento
da
Temperatura
ASTM E 119
ISO 834



128

NISTIR 6726. National Institute of Standards and Technology, 2001

HSC water-cement ratio 0.22 to 0.57, 51 to 93 MPa

1. High-strength mixtures made with very low w/cm (0.22) showed less strength loss than with 0.33 w/cm.

2. Explosive spalling was observed when the temperature of the specimen center was in the range of 200 and 325 °C.

129

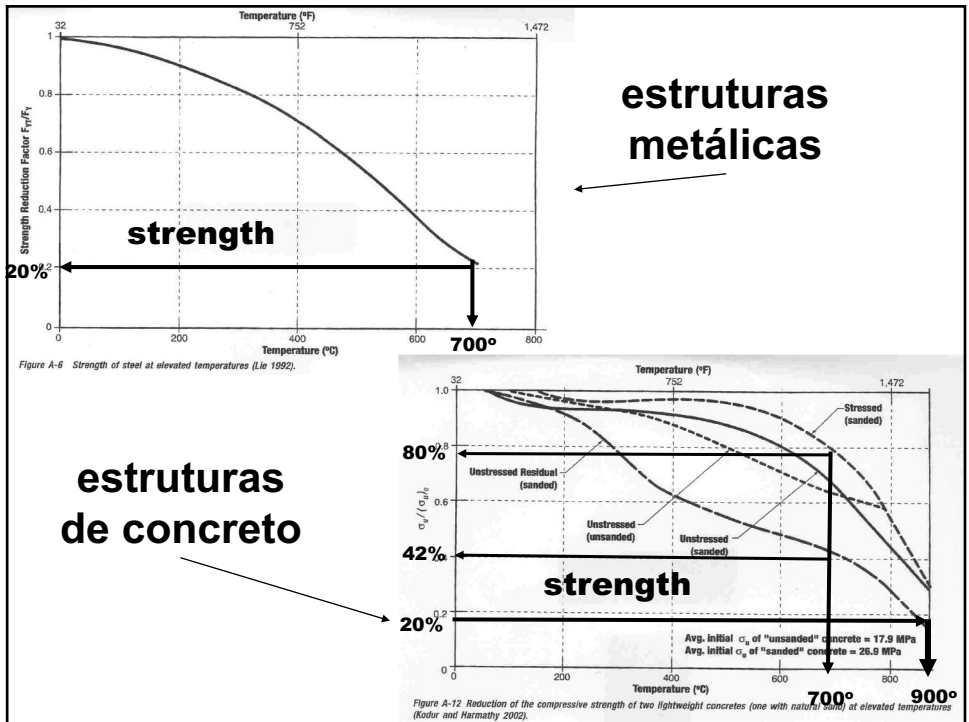
NISTIR 6726. National Institute of Standards and Technology, 2001

HSC water-cement ratio 0.22 to 0.57, 51 to 93 MPa.

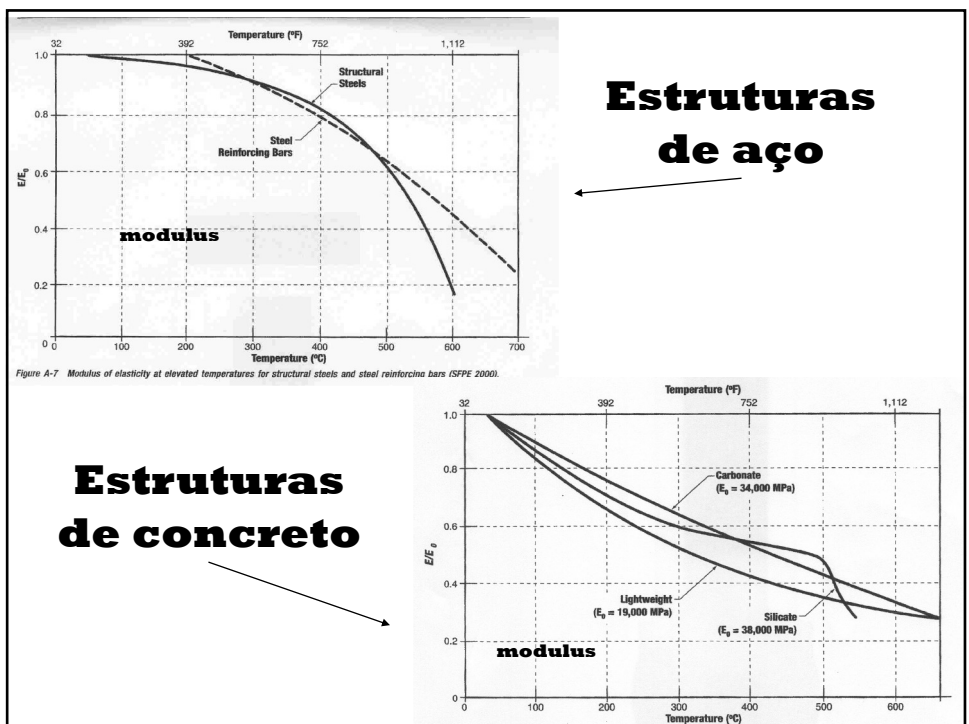
3. Preload seems to have a mitigating effect on the development of explosive spalling.

4. For concrete samples casted with 0.22 w/cm, tested under restrained conditions, explosive spalling never occurred. Only occurred with some samples casted with 0.33 w/cm.

130

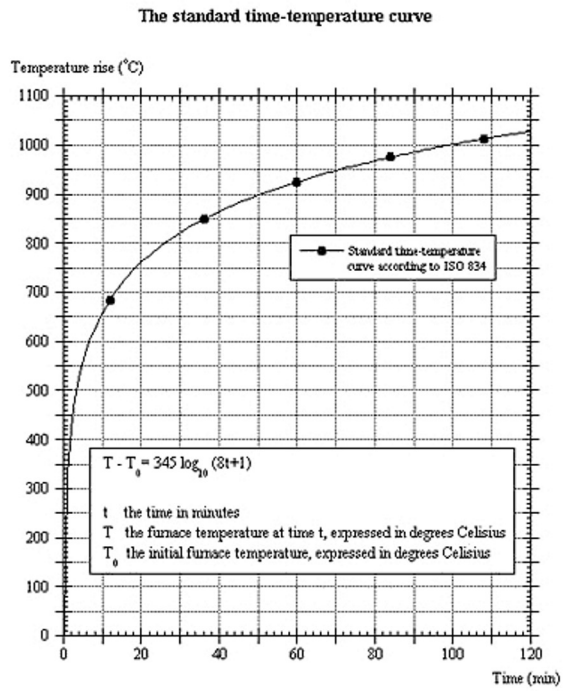


131



132

**Crescimento
da
Temperatura
ASTM E 119
ISO 834**



133

Distribuição da temperatura nos perfis metálicos

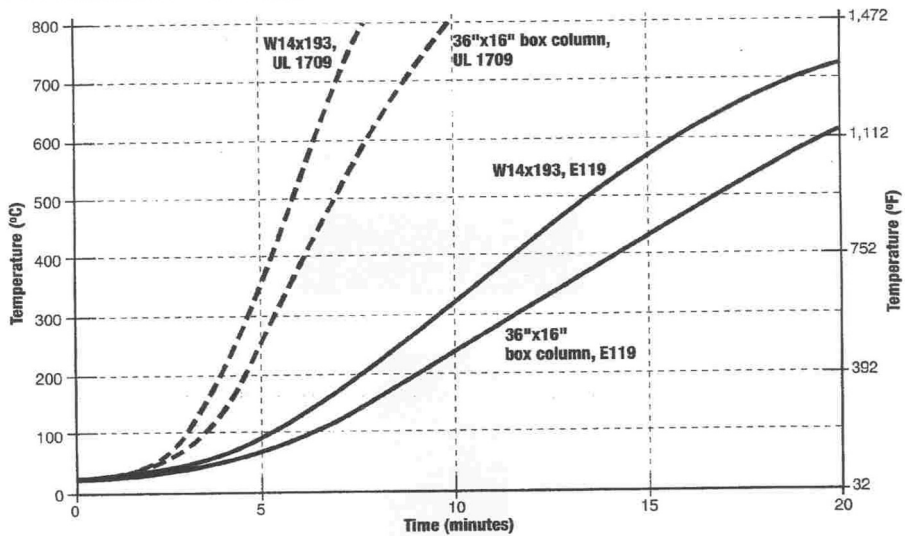
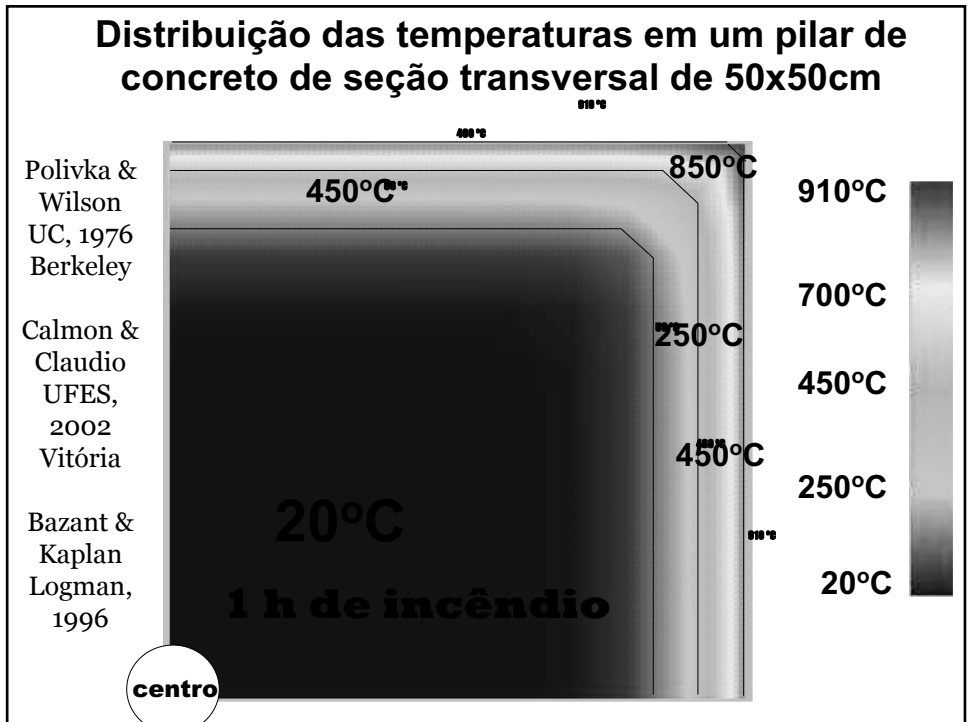
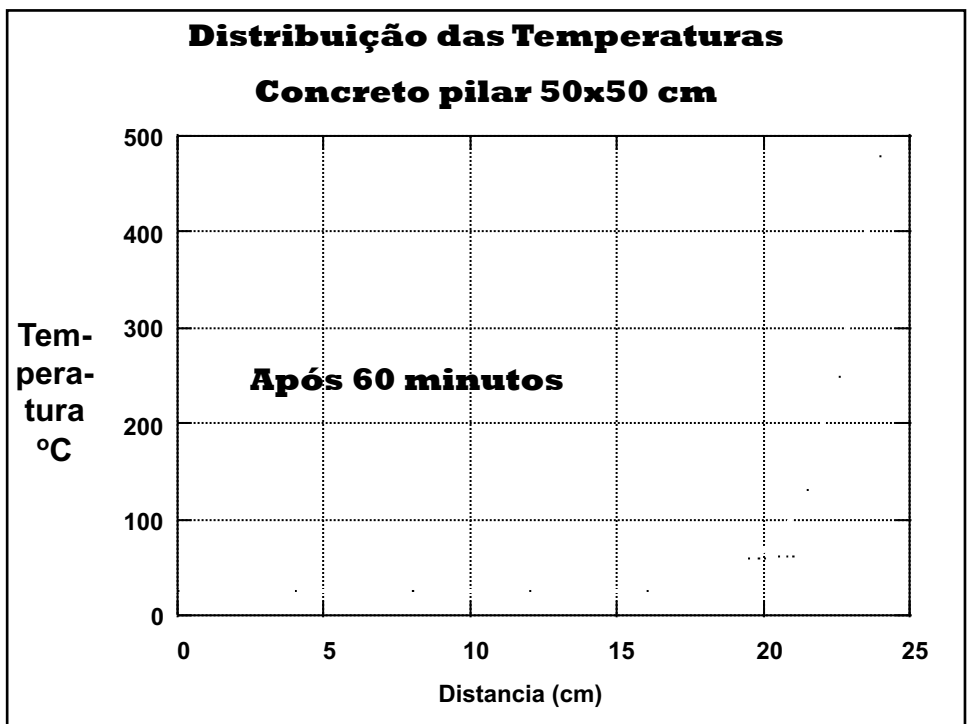


Figure A-9 Steel temperature rise due to fire exposure for unprotected steel column.

134



135



136

BETTER BUILT WITH CONCRETE

The Cardington Fire Test

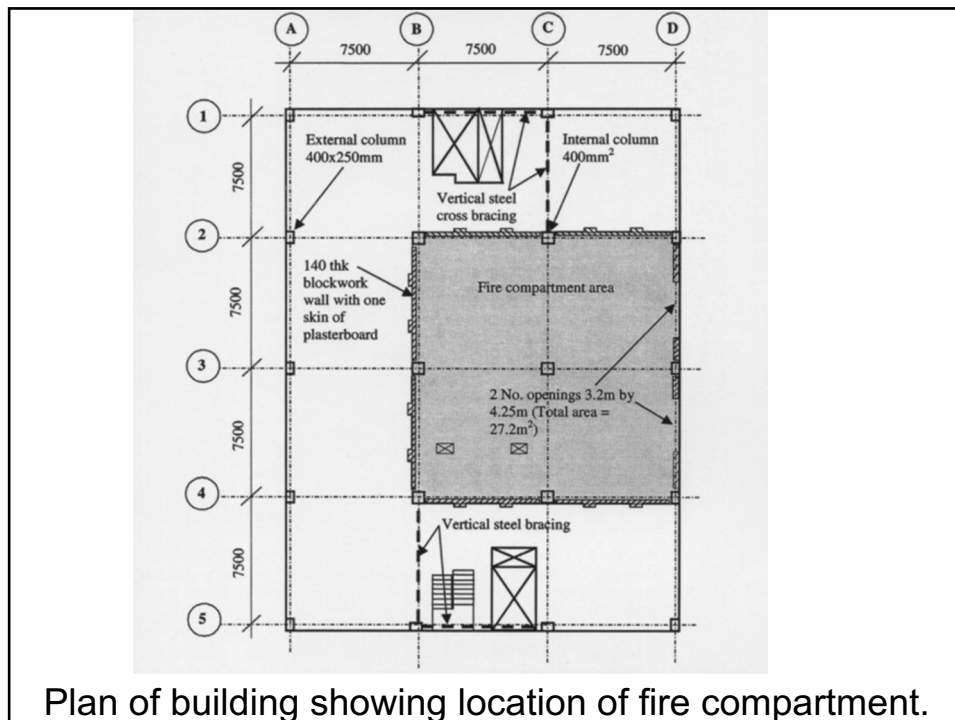
By Pal Chana and Bill Price, British Cement Association
Jul 15, 2003, 09:00

- ✓ 7 pisos
- ✓ 25m de altura
- ✓ 3 x 4 de 7,5m por 7,5m
- ✓ laje → espessura 15cm
- ✓ laje → $f_{ck} = 37\text{MPa}$
- ✓ laje → $f_{ck} = 74\text{MPa}$
- ✓ cobrimento → 2cm
- ✓ pilares → $f_{ck} = 100\text{MPa}$
- ✓ cobrimento → 4cm
- ✓ agregados calcário y granito
- ✓ 2,7% fibras propileno
- ✓ umidade alta



Cardington Concrete Building Frame

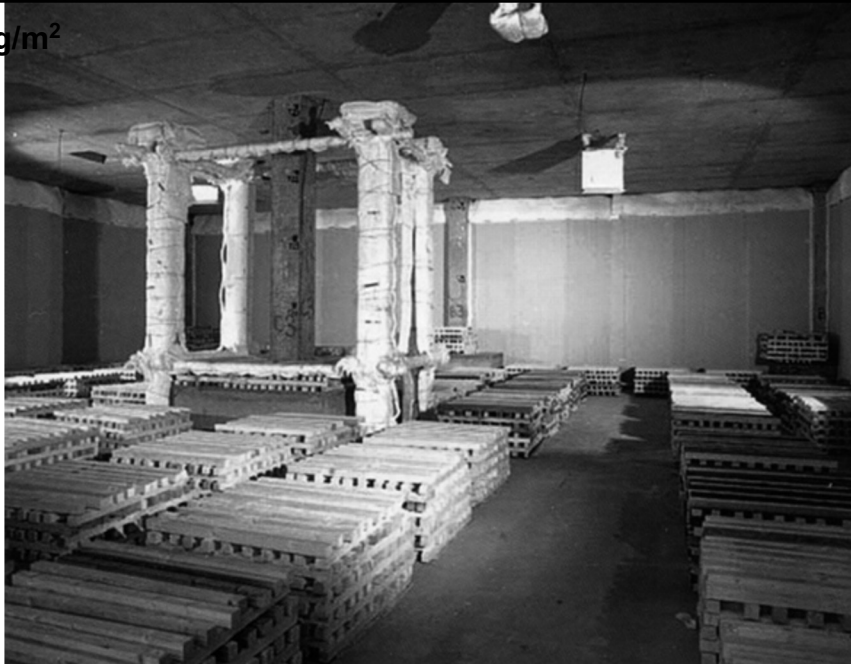
137



Plan of building showing location of fire compartment.

138

40kg/m²



Fire compartment before ignition.

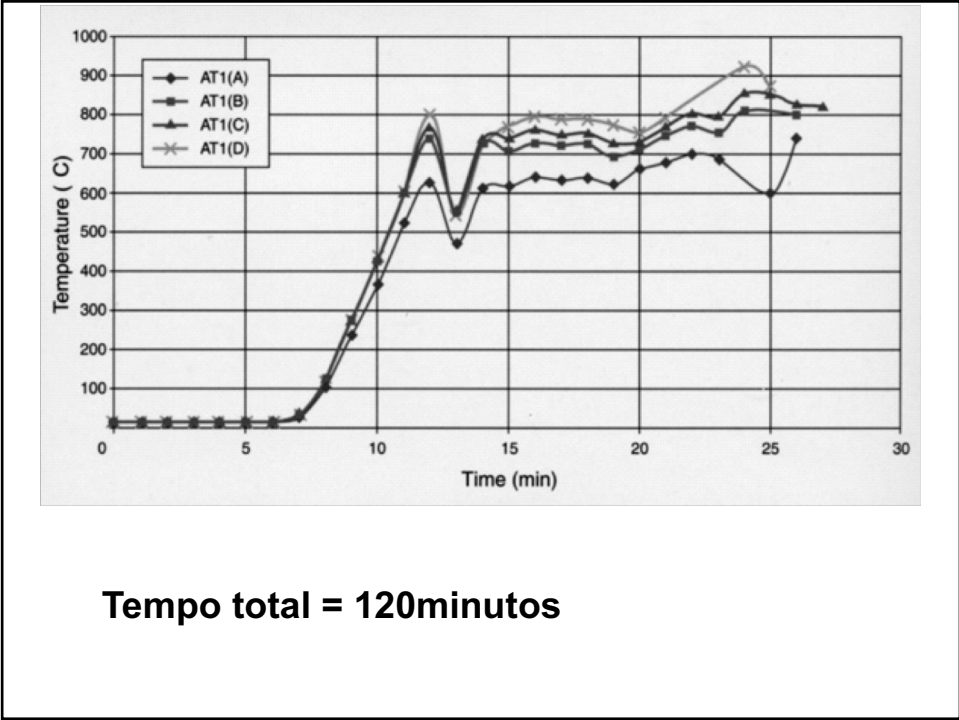
139

Instrumentation was installed to measure horizontal and vertical displacements of the slab and columns, atmospheric temperatures, surface temperatures, temperatures within the slab, and surface strains on the slab.



Fully developed fire.

140



141



142

Conclusões

1. The concrete structure survived an intensive fire without collapse;
2. The building satisfied the relevant performance criteria of load bearing function (R), insulation (I) and integrity (E), when subjected to a realistic fire;
3. Extensive spalling of the first floor slab was observed but did not compromise the structural integrity of the floors under the imposed loads;
4. The horizontal displacements of the floor slab was 6cm;
5. The high-strength concrete columns (**103MPa**), which contained polypropylene fibres, performed very well;
6. The slab was able to carry the imposed loads with residual vertical displacements (7cm).

143

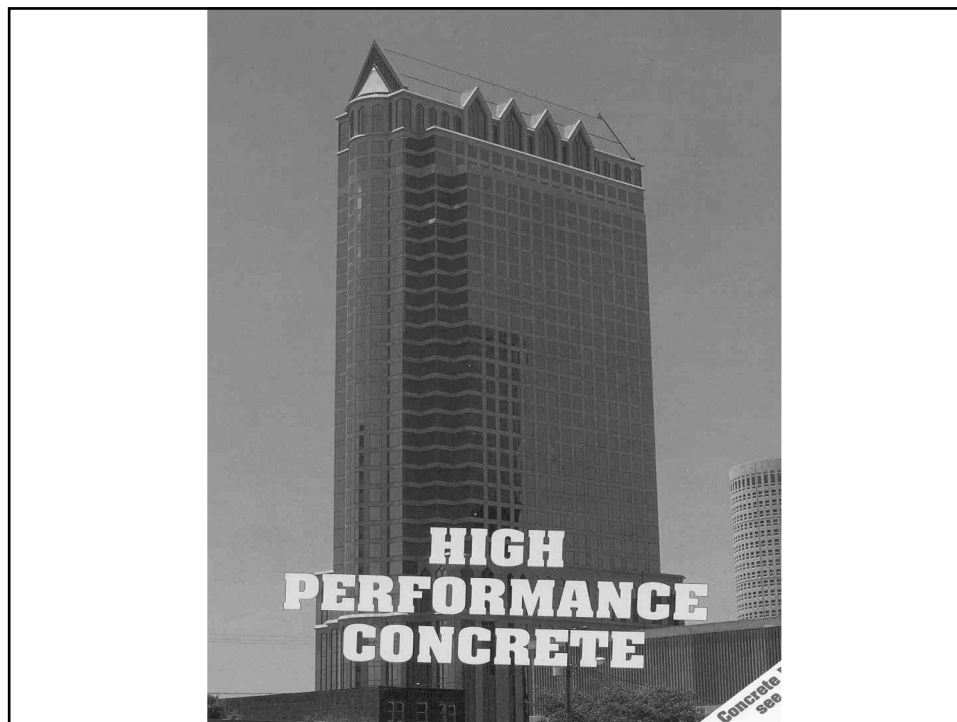
Lições Aprendidas

- soluções inovadoras
 - ensaios
- colapso progressivo
- compartimentação
 - evacuação

144

Então é preciso
construir com
materiais resistentes
e duráveis

145



146



Petronas Towers

Cesar Pelli

Kuala Lumpur

Malasia 1.997

452m

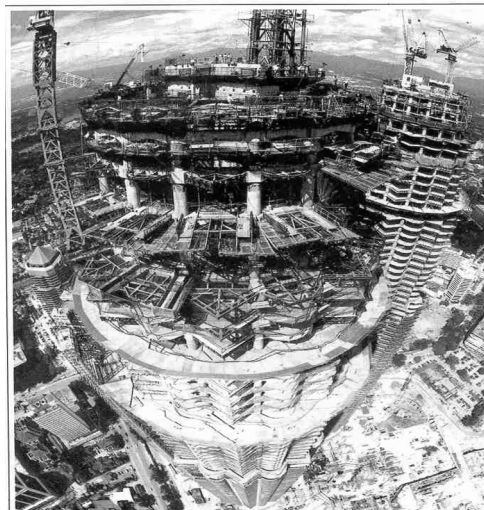
$f_{ck} = 80 \text{ MPa}$

before / after

147

Malasia rompe la barrera de los 450 mts. de altura*

Se proyecta al futuro construyendo torres de concreto



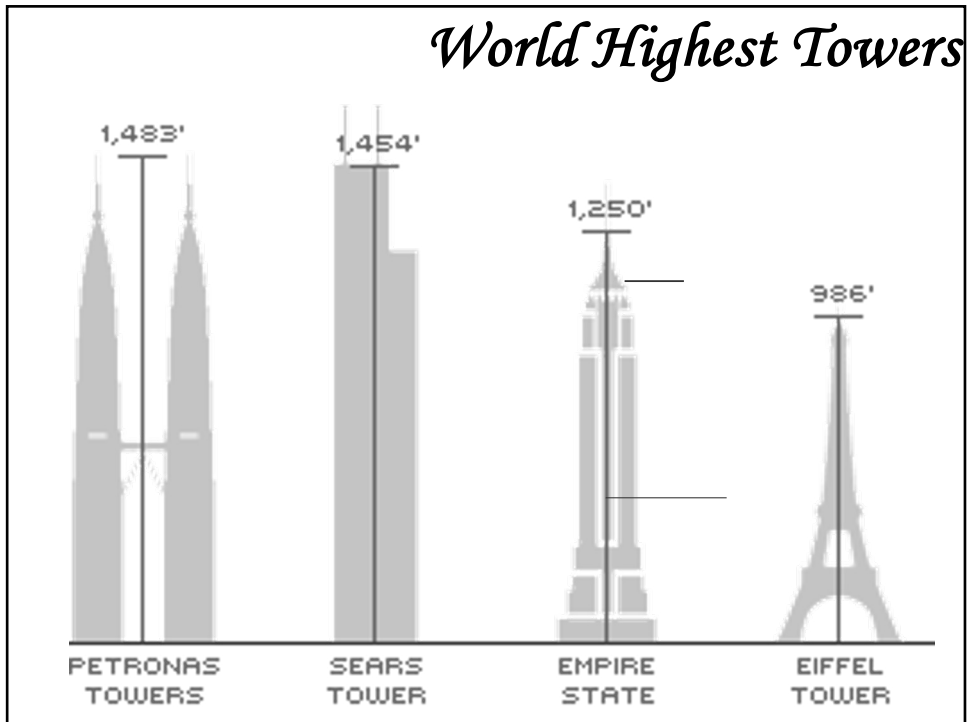
Nadine Post y F

Las torres más altas, más que por alcanzar, forman parte de un esfuerzo para transferir tecnología y traerlo a todo un país. Dos rascacielos de ellos casi nueve metros más que la torre Sears de 443 m que hasta ahora es el récord de altura, se están construyendo en Chicago ni en Nueva York. En el otro lado del mundo en Kuala Lumpur, la capital de Malasia. Esta región del sudeste de Asia con 19 millones de habitantes está venciendo toda la resistencia en su búsqueda del desarrollo.

Un consumo voraz de nuevas tecnologías importadas y de experiencias está ayudando a Malasia en su ambición de llegar a ser una de las naciones más desarrolladas para el 2020. Por otro lado, el nuevo Centro de Kuala Lumpur (KLCC) que cubre 1.7 millones de metros cuadrados e incluye a las torres gemelas de 451.9 m de altura, sede de la compañía petrolera, está corriendo ampliamente a alcanzar esa meta.

Además de las dos torres de 218,000 m² cada una, la ciudad está en el desarrollo de un millón de

148



149

Melhoria arquitetônica

Concreto aparente, grandes vãos

Bruno Contarini

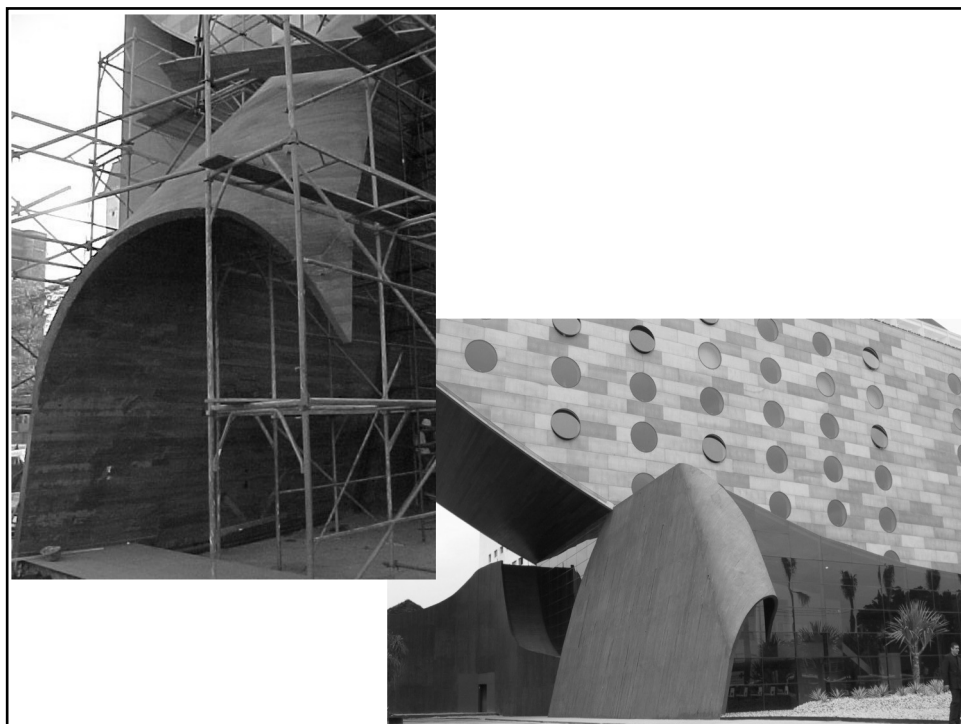
Oscar Niemeyer

Superior Tribunal de Justiça

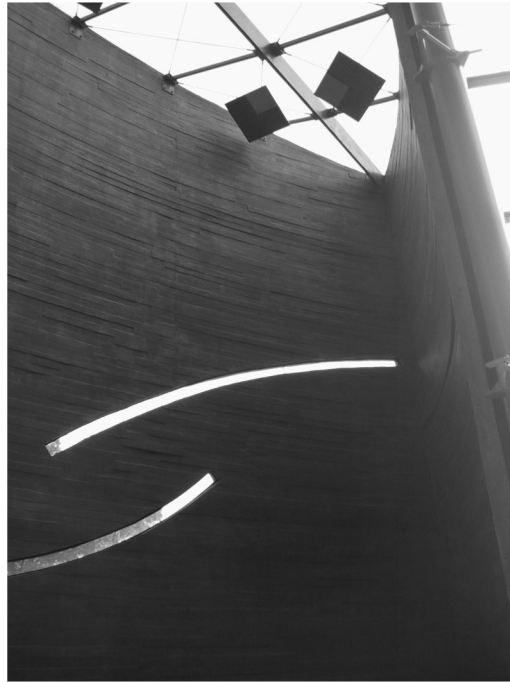
150



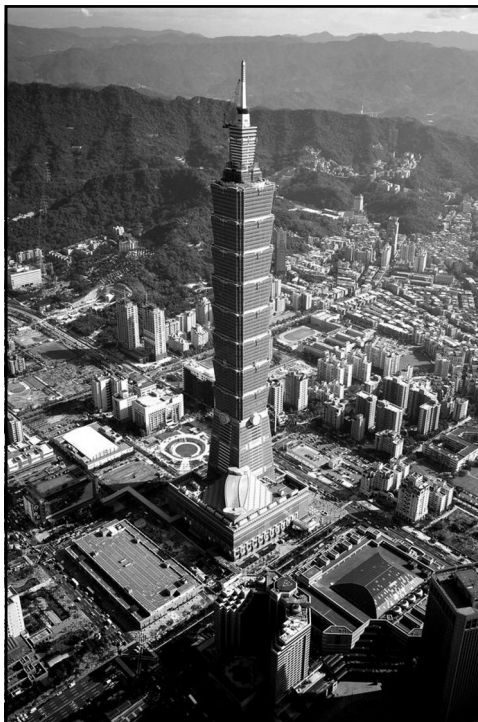
151



**Considerado
pela imprensa
francesa
uma das
7
maravilhas
de 2.003**



153



TAIPEI 101

Shangai World Financial Centre

Taiwan, China

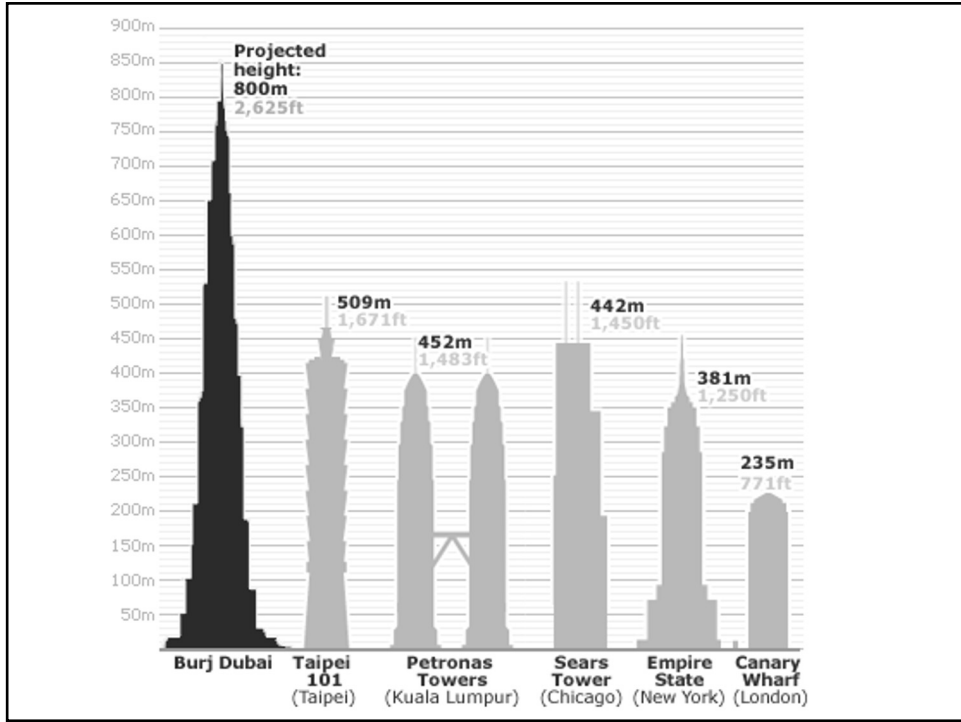
2005

509m

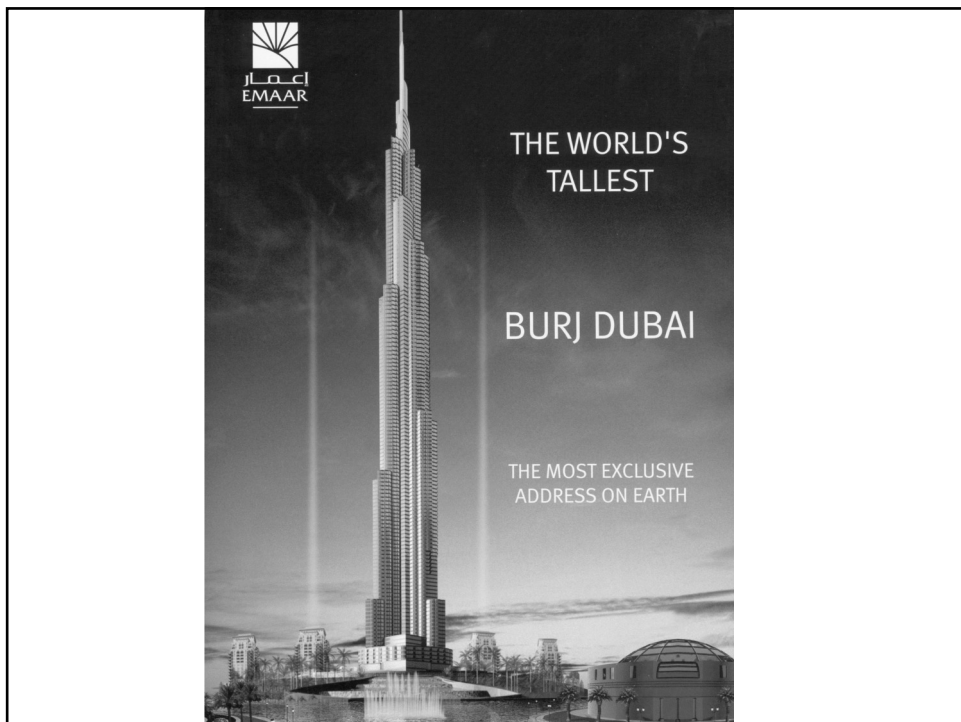
$f_{ck} = 80 \text{ MPa}$

steel / concrete

154



155



156

Como será o futuro?

157

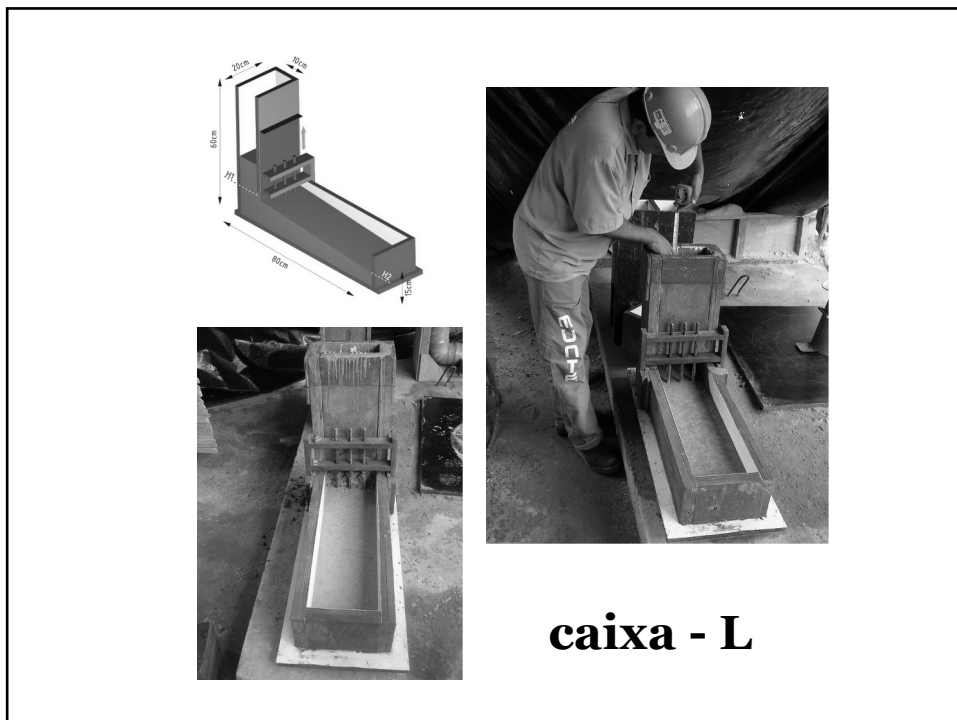
P & D em Concreto Concreto de Alto Desempenho

SCC → Self –Compacting Concrete
HPC → High Performance Concrete
HSC → High Strength Concrete
CRC → Compact Reinforced Composite
RPC → Reactive Powder Concrete

158

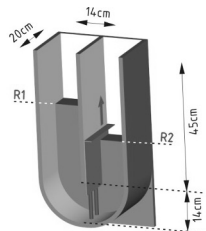


159



caixa - L

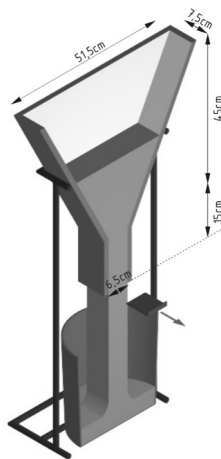
160



caixa - u

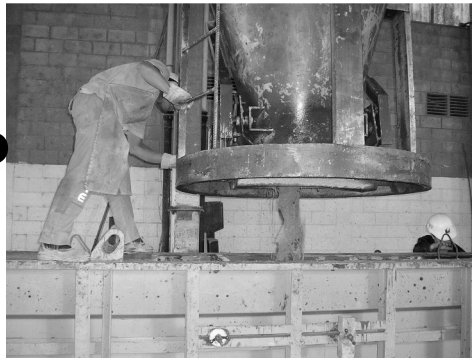
161

funil - v
funil - v t_{5min}



162

estudo comparativo



164



165

10 x produtividade

**CC: moldagem: 4,4min;
acabamento: 3,3min;
n° de operários empregado: 5 no total; incluindo
vibração (1), caçamba (2), acabamento (1) e
ponteiro (1).**

0,870 homens-hora / m³ de concreto

**CAA: moldagem: 1,2min
acabamento: não precisou
n° de operários empregado: três (3); com caçamba
(2) e ponteiro (1).**

0,081 h.h/ m³ de concreto

166

P & D em Concreto Concreto de Alto Desempenho

HPC → High Performance Concrete

HSC → High Strength Concrete

CRC → Compact Reinforced Composite

RPC → Reactive Powder Concrete

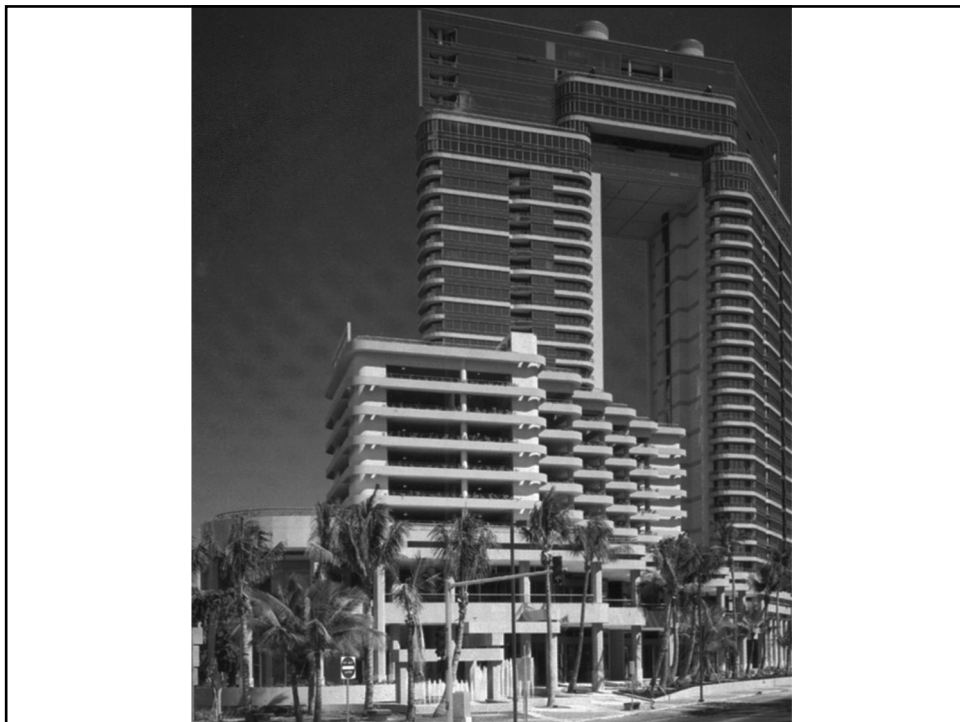
167

Concrete Evolution

National Building Museum
Washington, USA
"New Architecture in Concrete"
2.005/2.006

30 best innovations

168



169

SCIENCE NEWS ON LINE

- TiO₂ Titanium → Self-Cleaning Concrete
- Conductive concrete (*recognized by Popular Science Magazine as one of 1996's most innovative ideas in product development*)
 - Solar Energy Concrete
- Composite materials → *lots of fibres*

170

Innovations in Concrete

- **Stamped Concrete;**
- **Engraved Concrete;**
- **Translucid Concrete;**
- **Decorative Concrete;**
 - **Colored Concrete;**
- **Architectural Concrete...**

171

Inovação em Concreto

*“Criatividade é pensar coisas novas.
Inovação é fazer coisas novas”
Bonin & Amorim (ANTAC)*

- *novo produto*
- *novo serviço*
- *novo processo*
- *melhoria substancial de produtos,
serviços e processos já existentes*

172

Inovação em Concreto

*“Uma inovação tecnológica será considerada
efetiva se tiver sido introduzida no mercado como
produto ou empregada em um processo
produtivo”*

*“A inovação tecnológica compreende uma série de
atividades científicas, tecnológicas, organizativas,
sociais, financeiras e comerciais”
Francisco Pedro Oggi (UNIEMP)*

173

Inovação em Construção

- *inovação de material ou produto*
 - *inovação de serviço*
 - *inovação de projeto*
 - *inovação de processo*

174

Concreto Estampado



175

Concreto estampado

➤ **evolução, melhoria, inovação de processo**



176

Engraved Concrete



177

Engraved Concrete



178

Translucid Concrete



179

Translucid Concrete

Arq. Aron Losonezi (from Hungary)



180

R&D in Construction

SCIENTIFIC AMERICAN

245 → documents in the last 10 years

Building Better Concrete
July 25, 2006

Paulo Monteiro, UC Berkeley

181

Concrete Innovations

SCIENCE NEWS ON LINE

- ✓ FRC → Fiber reinforced concrete
- ✓ GFRC, SFRC, STFRFC, NFRFC, CFRFC
- ✓ HPC → High performance concrete
- ✓ SCC → Self-consolidating concrete
- ✓ TRM, TRC → Textile-reinforced mortars or concrete
- ✓ FRP → Fiber Reinforced Polymer
- ✓ CFRC, AFRP, GFRP

182

Arte e Ciência da Construção

Marcus Vitruvius Pollio (*Engenheiro / Arquiteto Romano*)

40 anos aC → "De Architectura"

10 volumes → 800 anos como best - seller

Utilitas
Firmitas
Venustas

(funcional)
(estável e durável)
(bonita)

Até hoje pode-se considerar como os grandes marcos da pesquisa, da inovação e do desenvolvimento em construção civil

183

Venustas Bonita !

184



185

Firmitas

estável e durável

186



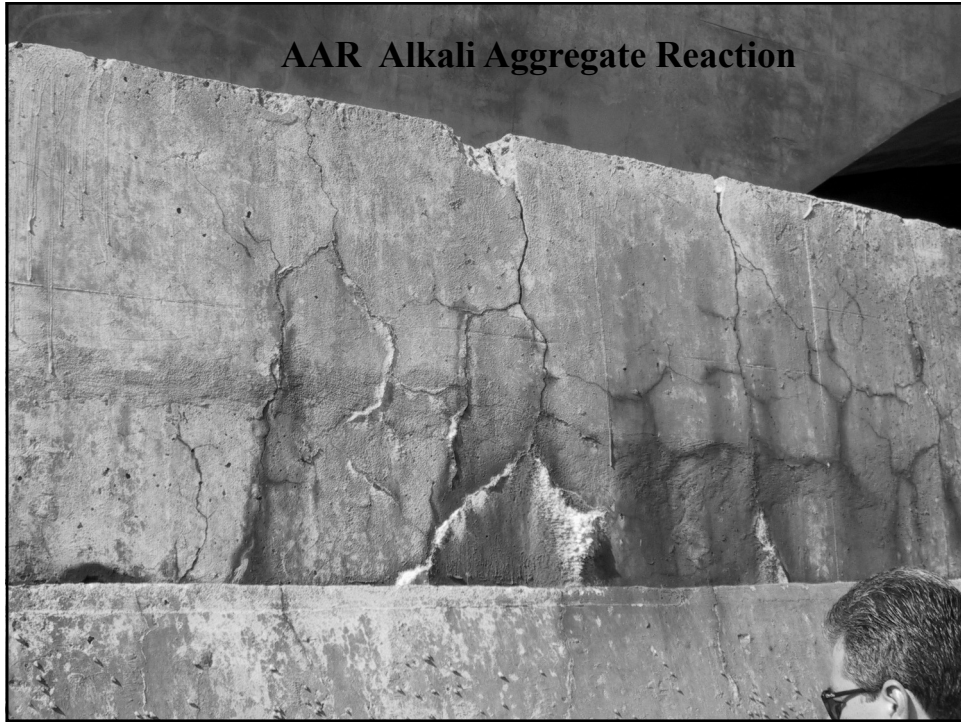
187



188



189



190



191

250 anos de garantia.

Quem precisa de segurança, tecnologia e competência, precisa de Engemix. Como a fábrica Engemix - em parceria com a tecnologia de laboratório da Torre Norte do Centro Empresarial Nações Unidas, um bloco de 20m x 30m x 4m, correspondente a 2.400 m³ de concreto, lançado em 23 horas ininterruptas. Com a utilização de 360 toneladas de água para controlar a temperatura do concreto, volume equivalente a um campo de 4m x 4m x 20m. Ou quando a Construtora Projop precisa, para o lançamento de um bloco de concreto de um volume de 30 parafusos e 150 metros, e mais alto de São Paulo, com 26.000 m³ de CAD, o concreto de alto desempenho. Resultados que não são alcançados por reguladores e técnicas comuns em grandes estruturas de aplicação de CAD, a mais nova tecnologia em sistemas de concretagem, mesmo no P-1000. É a mais utilizada de CAD no Brasil, e não deixa qualquer tipo de problema pela garantia 250 anos. Ou até 2045, segundo pesquisas e estudos realizados por consultores e técnicos especializados para o desenvolvimento e aplicação de artigos científicos.

Em menos de 4 horas, foram bombeadas quase 50 m³ equivalentes ao 300kg. Bombar em segundos de concreto que suportam carga de 3 m² de concreto na área de lançamento, equivalentes a 7,5 toneladas.

O resultado é que, nos 4 Centros Empresariais Nações Unidas é lançado uma estrutura por m³ tecnologia de concretagem inovadora. E as soluções propostas pelas construtoras e comitês adquirem consenso graças à experiência e competência de Engemix. Que garante, ao sempre otimizar, não apenas redução de custos, mas também diminuição do tempo de concretagem, padronização das produções dos edifícios em estudos de modo de concreto e qualidade, eliminação de resíduos e de desperdício do concreto na obra.

Quem precisa de solução segura em concretagem, não tem mais. Chama a Engemix.

CONCRETO ENGEMIX

192

Arte e Ciência da Construção

Marcus Vitruvius Pollio (Engenheiro / Arquiteto Romano)

40 anos aC → "De Architectura"

10 volumes → 800 anos como best - seller

**Utilitas
Firmitas
Venustas**

**(funcional)
(estável e durável)
(bonita)**

Até hoje pode-se considerar como os grandes marcos da pesquisa, da inovação e do desenvolvimento em construção civil

193

Arte e Ciência da Construção

Marcus Vitruvius Pollio (*Engenheiro / Arquiteto Romano*)

40 anos aC → "De Architectura"

Sustainability

Até hoje pode-se considerar como os grandes marcos da pesquisa, da inovação e do desenvolvimento em construção civil

194

Concrete R & D

SCC → Self –Compacting Concrete

HPC → High Performance Concrete

HSC → High Strength Concrete

CRC → Compact Reinforced Composite

RPC → Reactive Powder Concrete


195



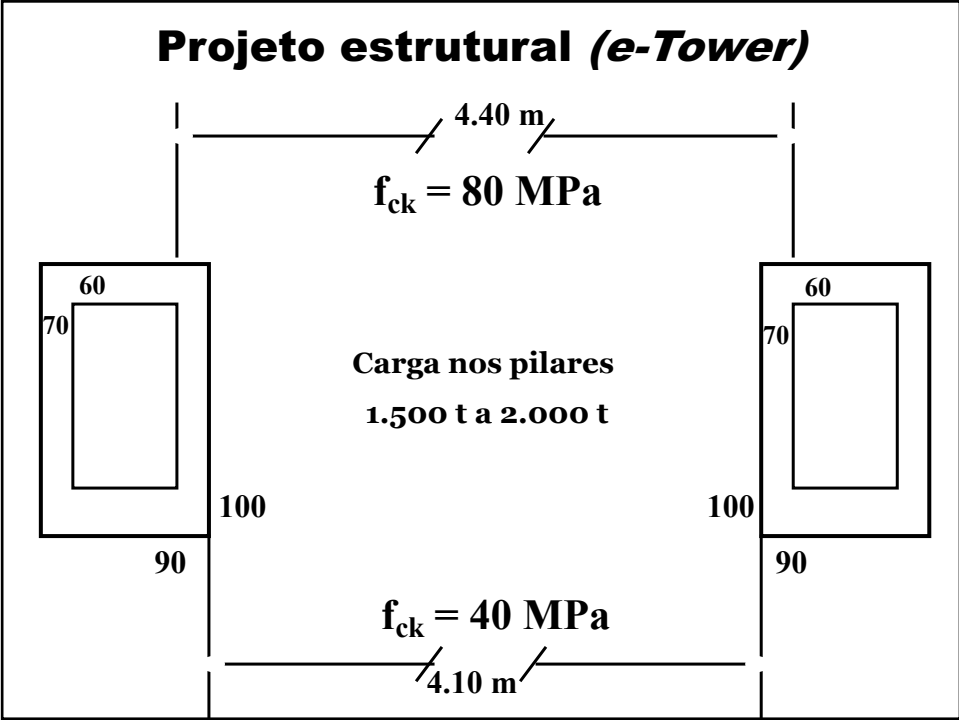
196

- **Edifício e-Tower SP**
- **42 andares**
- **Heliponto**
- **Piscina semi-olímpica**
- **Academia de ginástica**
- **2 restaurantes**
- **Concreto colorido**
- **f_{ck} pilares = 80 MPa**





197



198



199



200



201

Economia de recursos naturais

Original:

$$f_{ck} = 40\text{MPa}$$

seção transversal → 90cm x 100cm

$$0,90\text{m}^2$$

HPC / HSC:

$$f_{ck} = 80\text{MPa}$$

seção transversal → 60cm x 70cm

$$0,42\text{m}^2$$

202

Economia de recursos naturais

- 70% menos areia
- 70% menos pedra
- 53% menos concreto
- 53% menos água
- 20% menos cimento

203

Durabilidade

$$\sigma_{f_{ck}} = 115 \text{ MPa} \quad \sigma_{f_{ck}} = 25 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{f'_c} = 17,000 \text{ psi} \quad \sigma_{f'_c} = 3,600 \text{ psi}$$

Carbonatação

28+63d 25°C 65% 5%	zero	29mm
Absorção H₂O	0,40%	7,5%
Volume de vazios	1%	17,5%
Densidade	2530 kg/m³	2310 kg/m³
absorção capilar	0,1 g/cm²	2,7 g/cm²
Ascensão capilar	0 cm	30 cm
Cloretos	43 C	8.400 C

205

Vida Útil
para
carbonatação
980 years !

(second Fick's law)

206

Sustanaible Development

“Increasing service life of concrete structures we can preserve the natural resources.

If we develop the design and construction ability we can get concrete structures with **500 years** service life. Doing this we can multiply by ten our productivity which means preserve the 90% of them”

Kumar Mehta

Reducing the Environmental Impact of Concrete
Concrete International. ACI, v.23, n. 10, Oct. 2001. p.61-66

207

Considerações Finais

*baseadas no CTBUH → Council on Tall Buildings
and Urban Habitat*

208

Em 1.997 as torres gêmeas
Petronas, em Kuala
Lumpur, toda de concreto,
superou em altura a torre
Sears em Chicago
(metálica)

209

Passados somente
10 anos, 5 novos
edifícios mais altos
que o Petronas
foram construídos

210

Hoje há 22 edifícios em construção com altura superior a 300m (*novo patamar de arranha-céu*) e 14 outros já foram inaugurados... desde 1.997 !

211

Desse total de 36

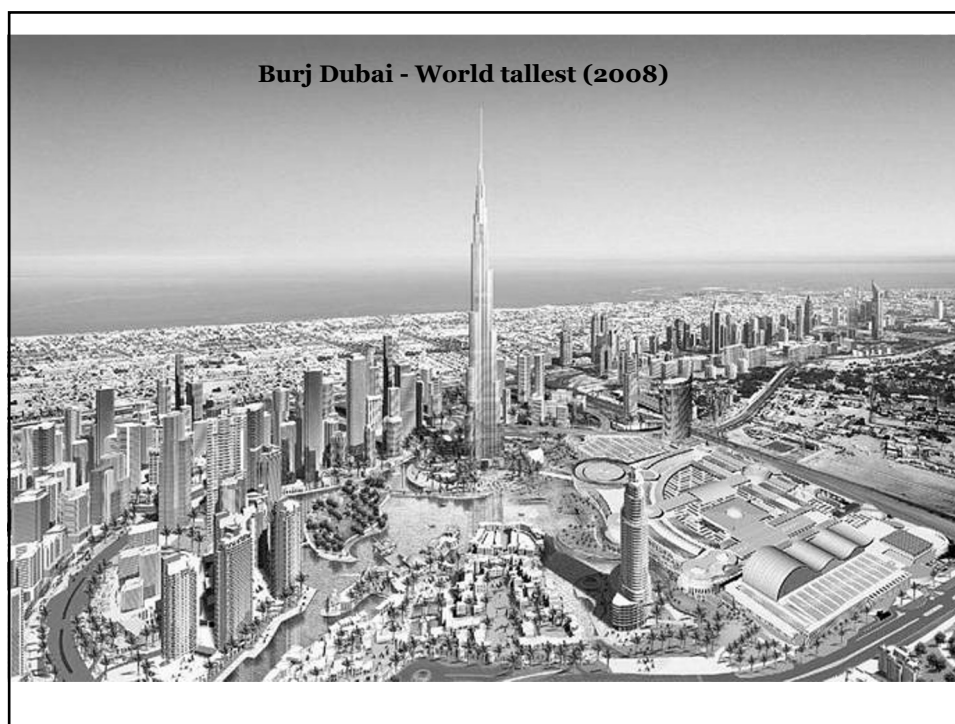
“arranha-céus”:

- 13 são em concreto
- 19 são mistos concreto / aço
- apenas 4 são metálicos

212

Inclusive o mais alto
edifício em construção
no mundo, a Burg
Dubai, tem estrutura
totalmente em
concreto

213



214

Em 100anos, o concreto
(*vital construction
material*) superou todos os
limites e fronteiras do
conhecimento em
Engenharia de projeto e de
construção!

215

e... ainda continua em
franco progresso e
evolução não sendo
possível prever seus
limites, nem seu
substituto !

216

*Os Arquitetos e os Engenheiros
constroem os marcos de poder
e grandeza das civilizações.*

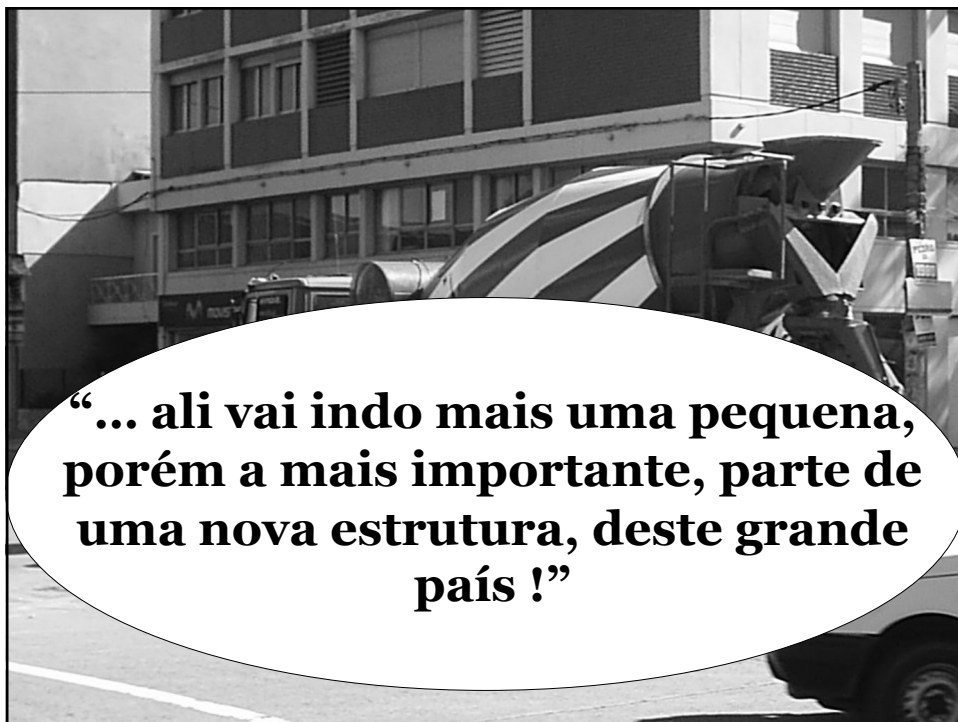
*Traduzem sua história,
seus sonhos, seus ideais, em
majestosas e duráveis obras
que elevam a auto estima
de seus povos.*

217



*O Concreto de Alto
Desempenho é uma
das grandes
oportunidades
atuais de resgatar a
importância e a
vocação da
arquitetura e da
engenharia
brasileiras.*

218



“... ali vai indo mais uma pequena, porém a mais importante, parte de uma nova estrutura, deste grande país !”

219



“... ali vai indo mais uma pequena parte de uma importante obra, deste grande país !”

220



221



222



223

USP
Escola Politécnica

PCC 2340
Materiais de Construção Civil II

**O que vocês estão fazendo
aqui na Escola Politécnica
da USP num curso de
Engenharia Civil numa
disciplina de concreto?**

Direitos Reservados USP 2007

224

Novos e Promissores Materiais na Indústria da Construção Civil

“reabilitação e retrofit”

225

FRPs → Fiber Reinforced Polymers Composites

CFRP → Carbon Fiber Reinforced Polymers

AFRP → Aramid Fiber Reinforced Polymer

GFRP → Glass Fiber Reinforced Polymer

“protender”

TRM → Textile-reinforced mortars

TRC → Textile-reinforced concrete

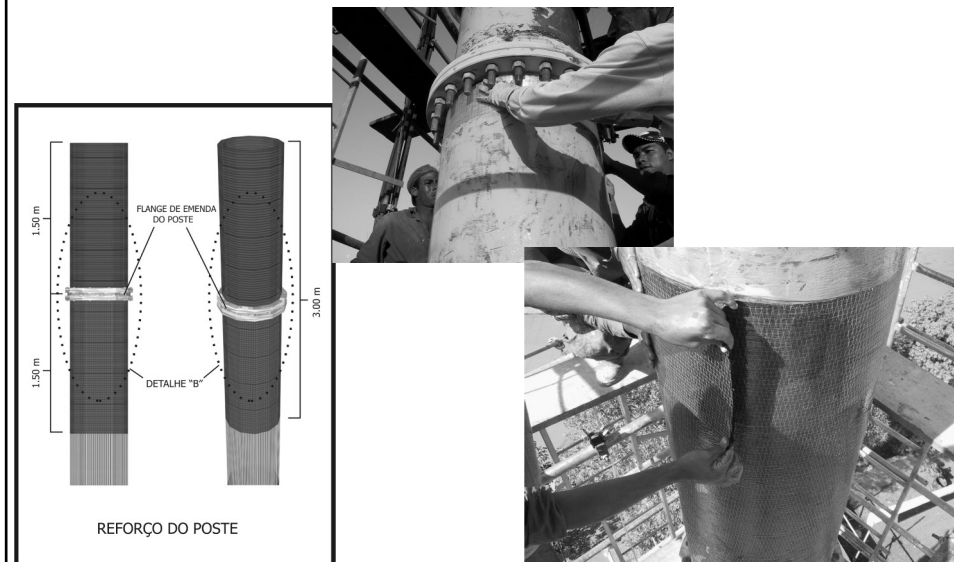
226

FRPs → Fiber Reinforced Polymers composites
CFRP, AFRP, GFRP



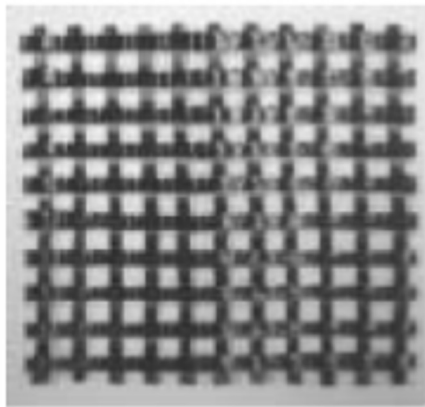
227

FRPs → Fiber Reinforced Polymers composites
CFRP, AFRP, GFRP

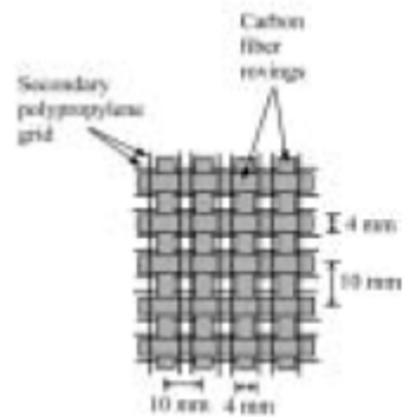


228

TRM → Textile-reinforced Mortar
→ Tecido de Argamassa ou Concreto



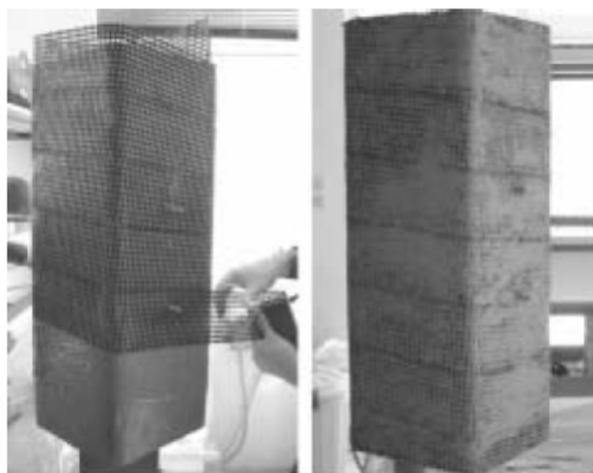
(a)



(b)

229

TRM → Textile-reinforced Mortar
→ Tecido de Argamassa ou Concreto



(a)



(b)

230