

Importância da “arquitetura & engenharia” no campo do desenvolvimento da ciência e da tecnologia de um país

1

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

2

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.

3

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

4

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

5

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

6

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.

7

ACBM Center for Advanced Cement-Based Materials

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

8

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

9

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

10

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

11

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”

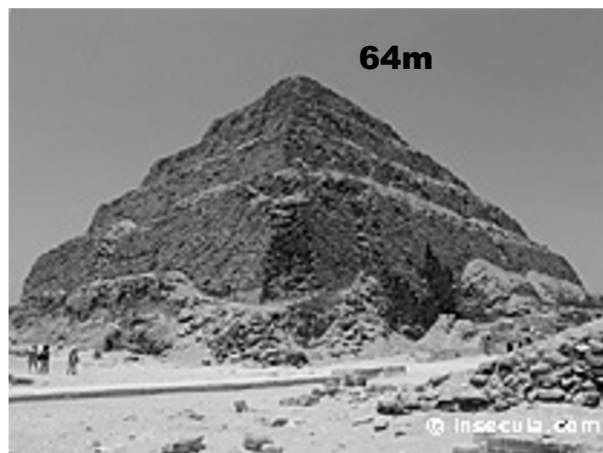
48 Congressos → 2.600 artigos → práticas recomendadas → livros

12

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

13

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



Pirâmide escalonada de Djeser

14

I Grande Revolução !

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

15



16



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

17

A CONSTRUÇÃO ESTÁ no PRIMEIRO CÓDIGO CIVIL da HUMANIDADE

“Durabilidade!”

18



**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**

19

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”**

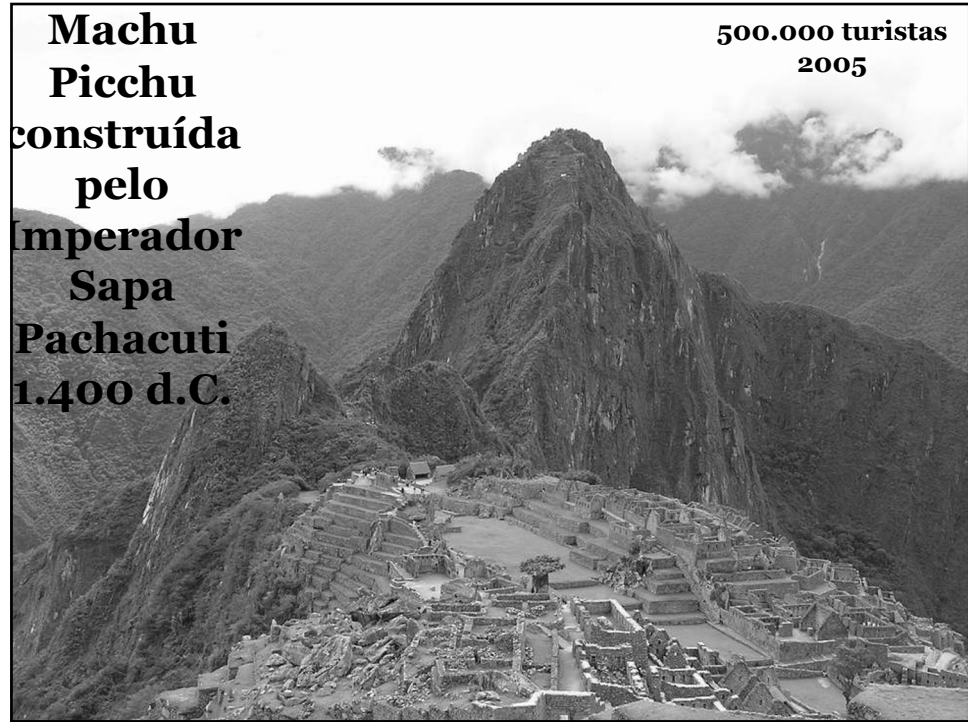
20



21



22



23



24



25

**Construir com
Materiais
Resistentes e
Duráveis**

26

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”



27

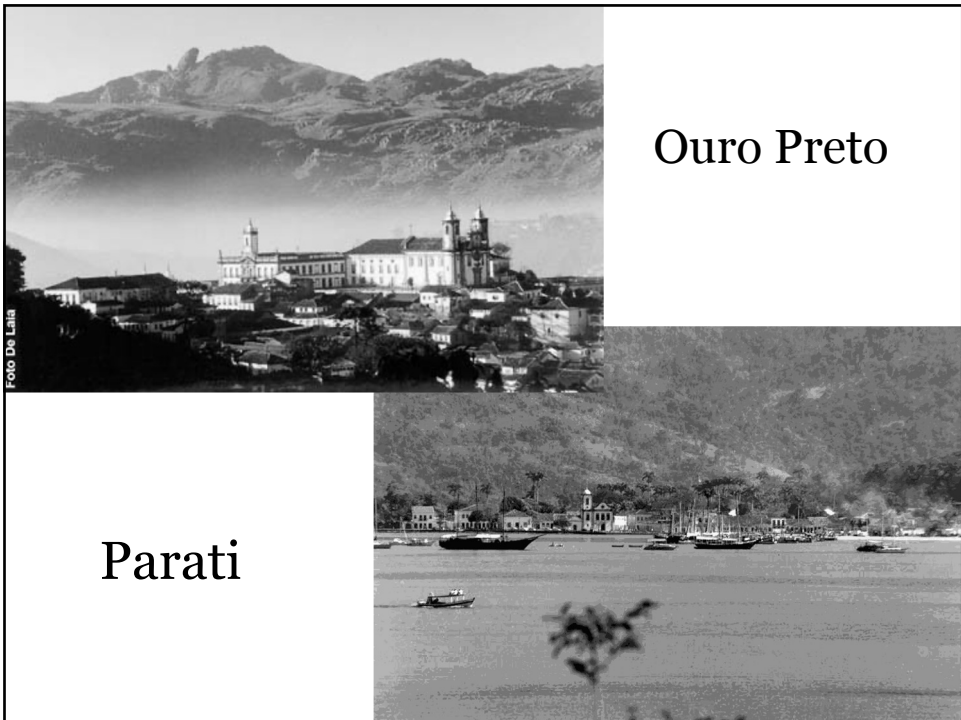
Cartagena de Indias



28



29



Ouro Preto

Parati

30



31

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

32

Panteão
de
Roma



33

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



34

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

XVIII → Estilo Neoclasico → Arco do Triunfo , Paris

35

Catedral de Notre Dame



1163-1330

Abóbada da nave central → 35 m de altura

36

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

37

Primeira Ponte Metálica → 1.779 d.C.
Coalbrookdale Bridge in Telford, Inglaterra
still in use today carrying occasional light transport and pedestrians



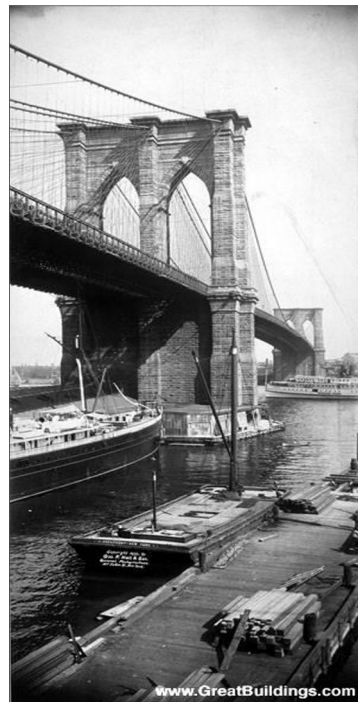
38



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

39

Fundações em rocha e alvenaria



40

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.

41

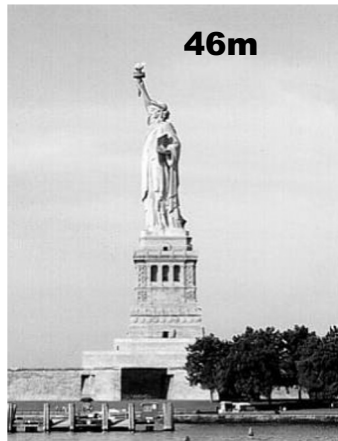


42

“Gustave Eiffel”

1.884 → Estatua da Liberdade

1.889 → Torre Eiffel



(5a+2a)
60t
pintura



2.004 → 6.230.050 visitantes

43

**Onde estão os
edifícios de
Escritórios e
Apartamentos?**

O que houve?

44



Palácio de Westminster → Houses of Parliament
1.868 dC Big Ben

45

- **1.888 → Leroy Buffington
USA, esqueleto reticular**
- **1.853 → Otis, elevador seguro,
1889 → 1º elevador elétrico em
NY**

46



**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**

47

**SÉCULO XX
1.900**

**APARECE UM
NOVO MATERIAL**

Concreto Armado

48

Primeiras Normas sobre Estruturas de Concreto

1903

Suíça

1903

Alemanha

1906

França

1907

Inglaterra

49



50



**Systeme
Hennebique**
Paris, Rue Danton1

7 andares
França 1.901
30m

$f_{ck} = ?$

107years !

**Oldest Building
in world**

51



Palácio Salvo
Montevideu

27 andares
Uruguai 1925

103m

$f_{ck} = ?$

83 anos !

world record

52



Edifício Martinelli

1929

106m

78 anos

world record

São Paulo, Brasil

53



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**

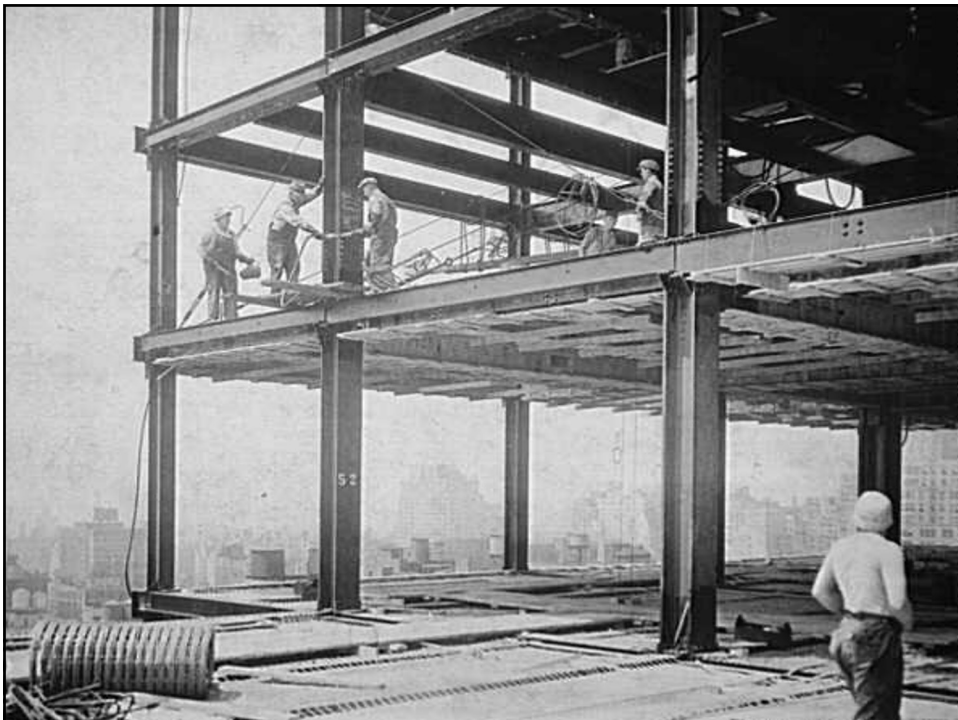
Hoje com 76 anos de idade, a estrutura dessa estátua, requereu apenas duas intervenções para manutenção realizadas nas décadas de 80 e 90, o que a caracteriza como de exemplar vida útil.

54



Empire State Building
381m , New York, 1.931

55



56

Século XX
1.928

“novo material estrutural”

Concreto
Protendido

Eugene Freyssinet

57




58



59



60



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

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

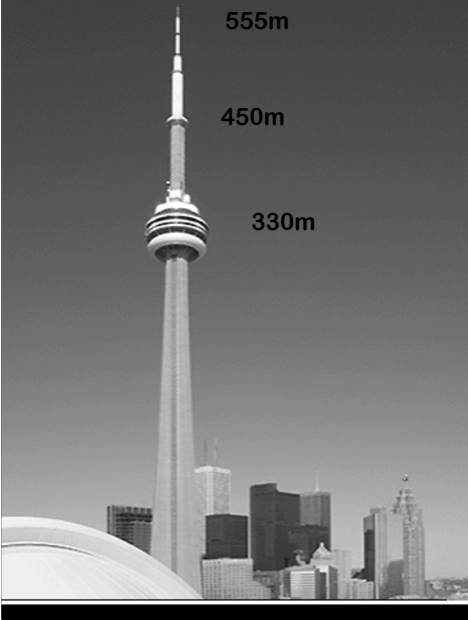
Vida Útil
100 anos!

61

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”

62



CN Tower

CLC → real estate
Canada Lands Company

1.976

555 m

concreto protendido

4 meses !

63

Melhoria arquitetônica

Concreto aparente, grandes vãos

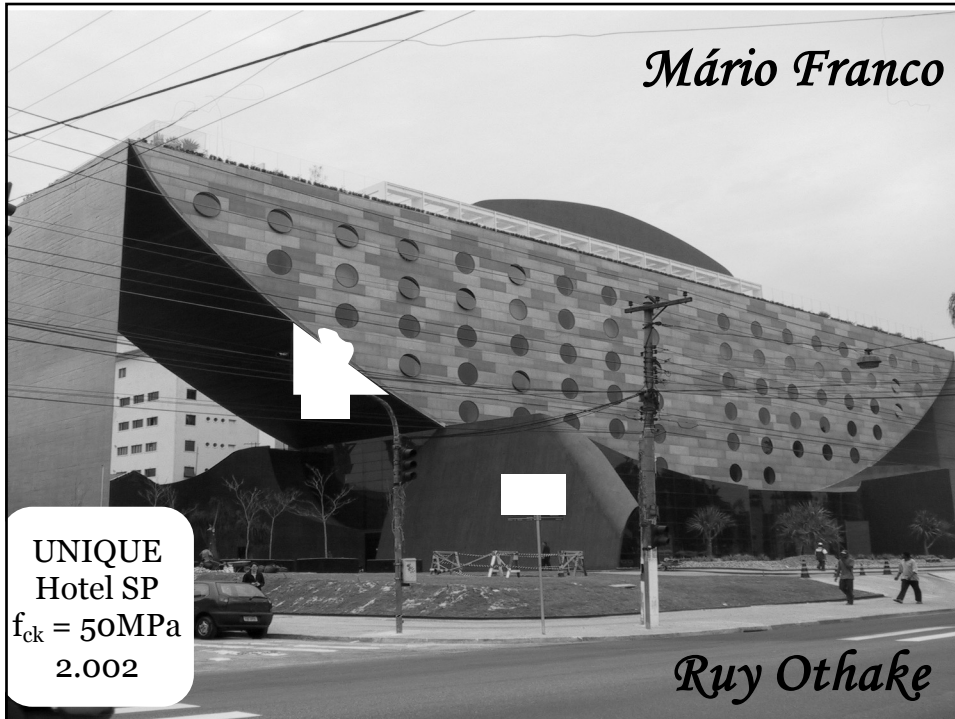
Bruno Contarini



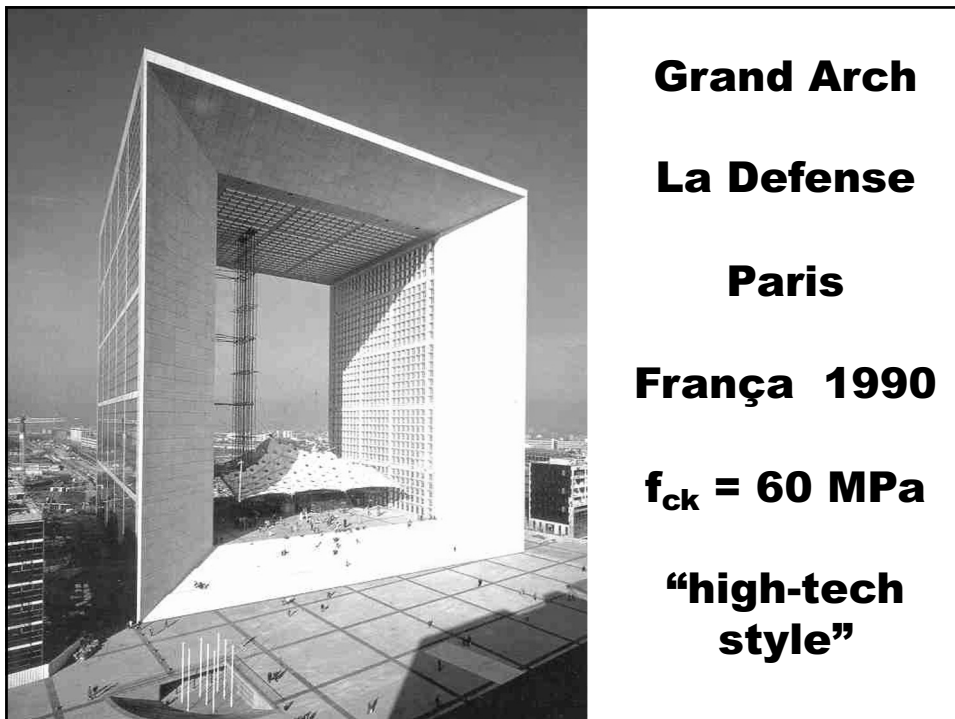
Oscar Niemeyer

Superior Tribunal de Justiça

64



65



66



Petronas Towers

Cesar Pelli

Kuala Lumpur

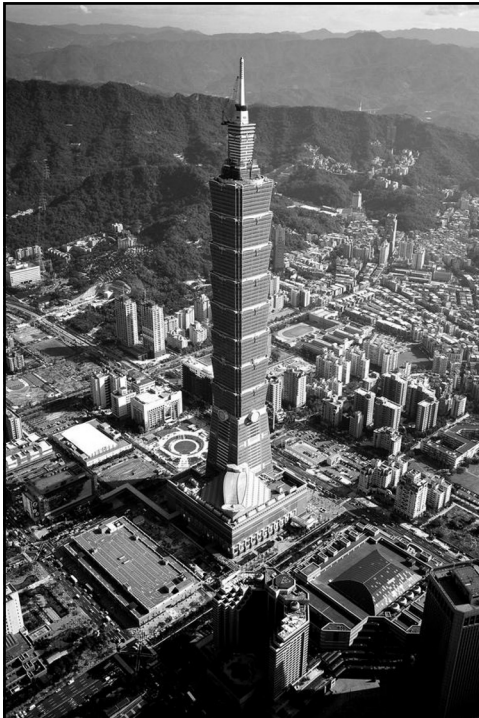
Malasia 1.997

452m

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

before / after

67



TAIPEI 101

Shangai World Financial Centre

Taiwan, China

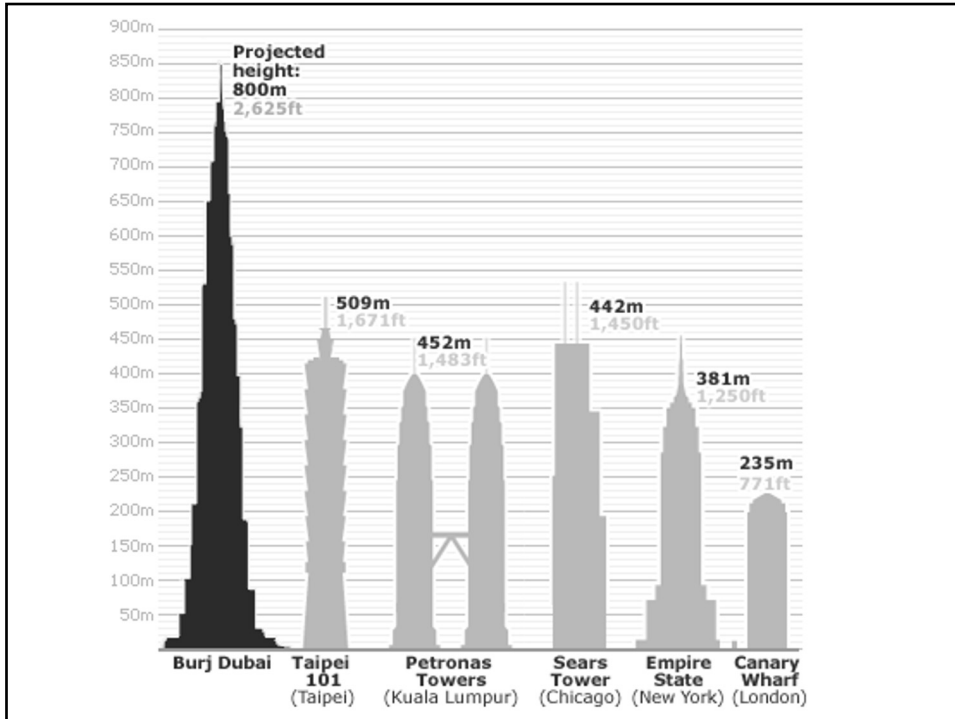
2005

509m

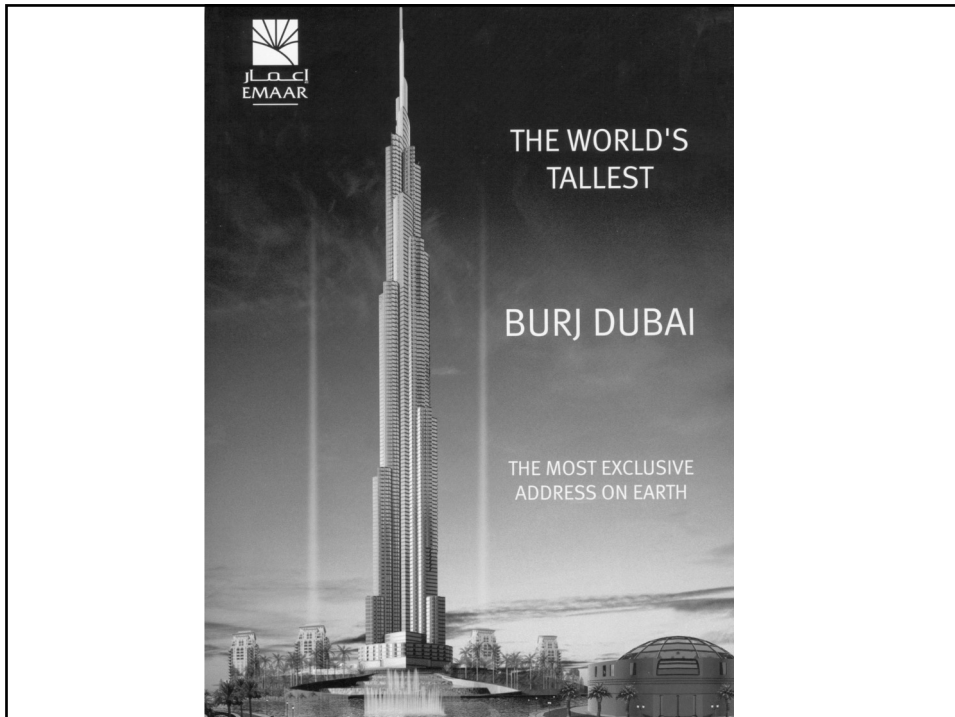
$f_{ck} = 80 \text{ MPa}$

steel / concrete

68



69



70

Como será o futuro?

71

P & D em Concreto Concreto de Alto Desempenho

SCC → Self –Compacting Concrete

HPC → High Performance Concrete

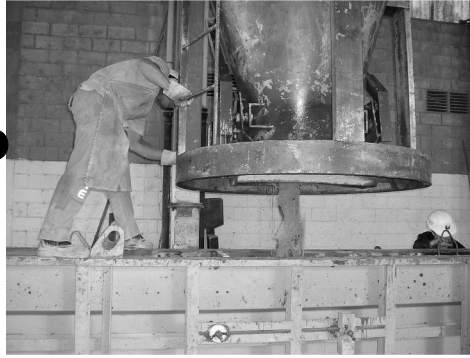
HSC → High Strength Concrete

CRC → Compact Reinforced Composite

RPC → Reactive Powder Concrete

72

estudo comparativo



73



74

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

75

P & D em Concreto Concreto de Alto Desempenho

HPC → High Performance Concrete

HSC → High Strength Concrete

CRC → Compact Reinforced Composite

RPC → Reactive Powder Concrete

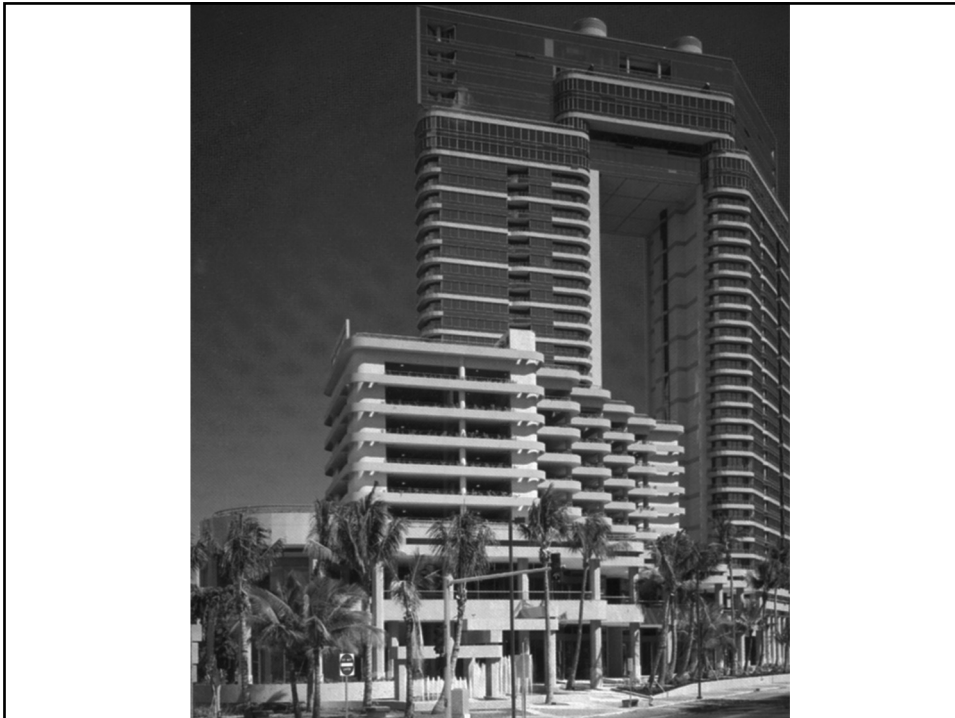
76

Concrete Evolution

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

30 best innovations

77



78

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*

79

Innovations in Concrete

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

80

Concreto Estampado



81

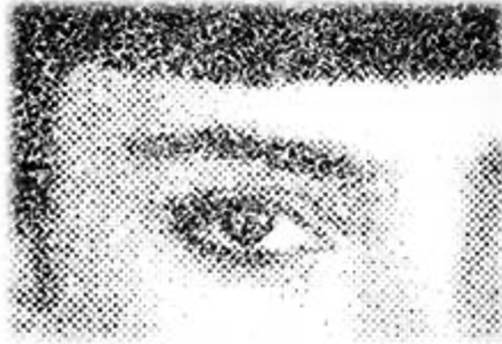
Concreto estampado

➤ evolução, melhoria, inovação de processo



82

Engraved Concrete



83

Engraved Concrete



84

Translucid Concrete



85

Translucid Concrete

Arq. Aron Losonczy (from Hungary)



86

R&D in Construction

SCIENTIFIC AMERICAN

245 → documents in the last 10 years

*Building Better Concrete
July 25, 2006*

Paulo Monteiro, UC Berkeley

87

Concrete Innovations

SCIENCE NEWS ON LINE

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

88

Arte e Ciência da Construção

Marcus Vitruvius Pollio (*Engenheiro / Arquiteto Romano*)

40 anos aC → "*De Architectura*"

10 volumes → 800 anos como best - seller

| | |
|-----------------|----------------------------|
| <i>Utilitas</i> | <i>(funcional)</i> |
| <i>Firmitas</i> | <i>(estável e durável)</i> |
| <i>Venustas</i> | <i>(bonita)</i> |

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

89

Venustas
Bonita !

90



91



92



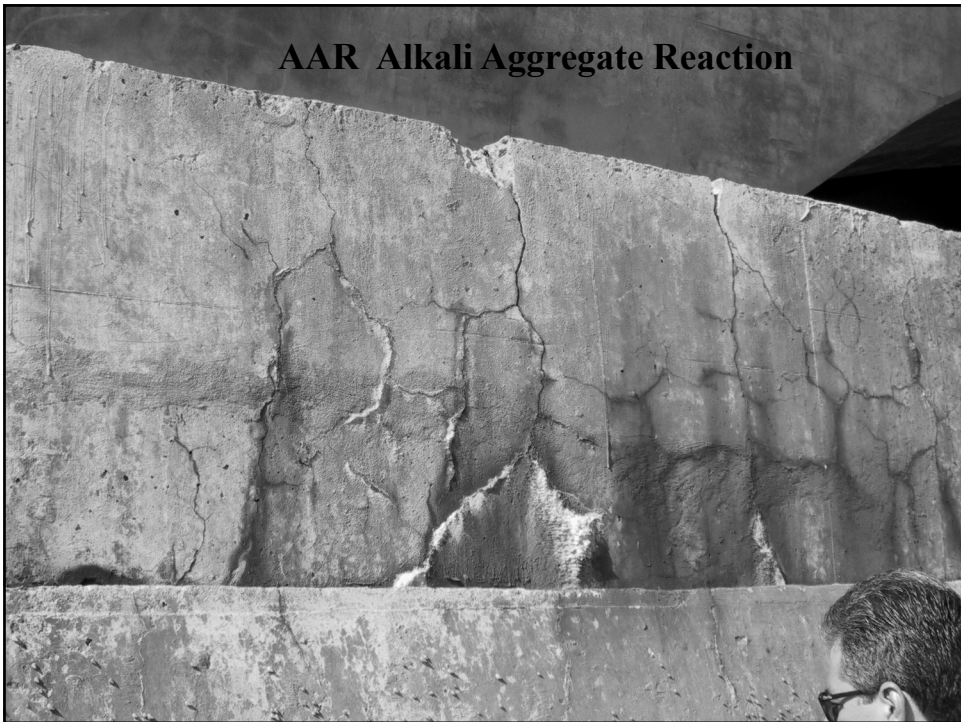
93



94



95



96



**Centro
Empresarial
Nações
Unidas**

Torre Norte

**São Paulo
1997**

Altura 179 m

$f_{ck} = 50\text{MPa}$

97

250 anos de garantia.

Quem precisa de segurança, tecnologia e competência, precisa da Engemix. Como a Método Engemix nasceu, quando foi criada a concretagem por bombeamento da Torre Norte do Centro Empresarial Nações Unidas, um bloco de 20m x 30m x 17m, correspondente a 2504 m³ de concreto, lançado em 23 horas, ininterruptas. Com a utilização de 30 toneladas de gases para controlar a temperatura do concreto, volume equivalente a um volume de 4m x 4m x 20m. Quando a Concretagem Avançada para a injeção quer dizer concretagem, o resultado é 30 cm mais e 100 metros, o mais alto de São Paulo, com 2020 m³ de C.A.O. e concreto de alto desempenho. Estrutura que hoje está sendo reconhecida por engenheiros e técnicos como um dos grandes avanços de aplicação do C.A.O. e mais nova tecnologia em sistemas de concretagem, mesmo no mundo. E a maior estrutura de C.A.O. do Brasil, e não deverá apresentar qualquer tipo de problema pelas próximas 250 anos, ou até 2500, segundo pesquisas e estudos realizados por consultores e técnicos especializados para o desenvolvimento e aplicação do sistema Proprietary. É na concretagem o respeito ao meio-ambiente, o respeito ao trabalho de bombeamento de concreto em altura 158 metros.

Em menos de 4 horas, foram bombeadas quase 30 m³ de concreto. Foi 30 Max. Bombas de lançamento de concreto que aglomeram cerca de 1 m³ de concreto em área de lançamento equivalente a 7,5 concretos.

O resultado é que, hoje, o Centro Empresarial Nações Unidas é sempre uma verdadeira Prova da Tecnologia de Concretagem Avançada. E as soluções propostas para construções e estruturas sempre estarão graças à experiência e competência da Engemix. Que garante ao empreendimento não apenas estrutura de qualidade, mas também otimização do tempo de concretagem, potencialização das produções dos aglomerados, redução de fricção do concreto na tubulação, otimização de resistência e de características do concreto na obra.

Quem precisa de solução segura em concretagem não corre riscos. Chama a Engemix.

CONCRETO ENGENMIX

98

Arte e Ciência da Construção

Marcus Vitruvius Pollio (*Engenheiro / Arquiteto Romano*)

40 anos aC → "*De Architectura*"

10 volumes → 800 anos como best - seller

| | |
|-----------------|----------------------------|
| <i>Utilitas</i> | <i>(funcional)</i> |
| <i>Firmitas</i> | <i>(estável e durável)</i> |
| <i>Venustas</i> | <i>(bonita)</i> |

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

99

Arte e Ciência da Construção

Marcus Vitruvius Pollio (*Engenheiro / Arquiteto Romano*)

40 anos aC → "*De Architectura*"

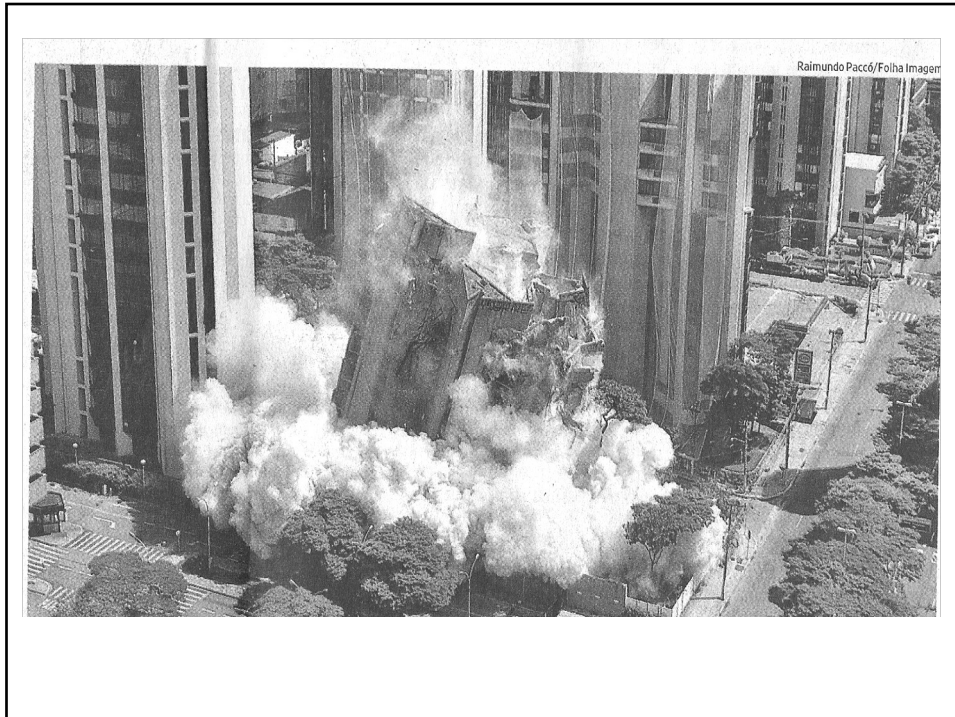
10 volumes → 800 anos como best - seller

| | |
|-----------------|----------------------------|
| <i>Utilitas</i> | <i>(funcional)</i> |
| <i>Firmitas</i> | <i>(estável e durável)</i> |
| <i>Venustas</i> | <i>(bonita)</i> |

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

100

Sustentável



Raimundo Paccó/Folha Imagem

101



Fotos Raimundo Paccó/Folha Imagem

Quatro segundos foi o tempo que durou a festa das 3.500 pessoas que viram a implosão. Cerca de 100 kg de explosivos foram utilizados. Moradores de prédios vizinhos tiveram de sair de casa.

O prédio começou a ser construído nos anos 70 e nunca foi terminado. Não havia atividade no local. Um empreendimento de área construída dez vezes maior deve substituí-lo.

A implosão deixou um poste inclinado e um abrigo para ônibus abalado. A Arcoenge, empresa que coordenou a implosão, estima em 20 a 30 dias o tempo de remoção do entulho. (rs)



Implosão na avenida Luis Carlos Berrini durou 4 segundos

102

Considerações Finais

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

103

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

104

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

105

**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 !**

106

Desse total de 36

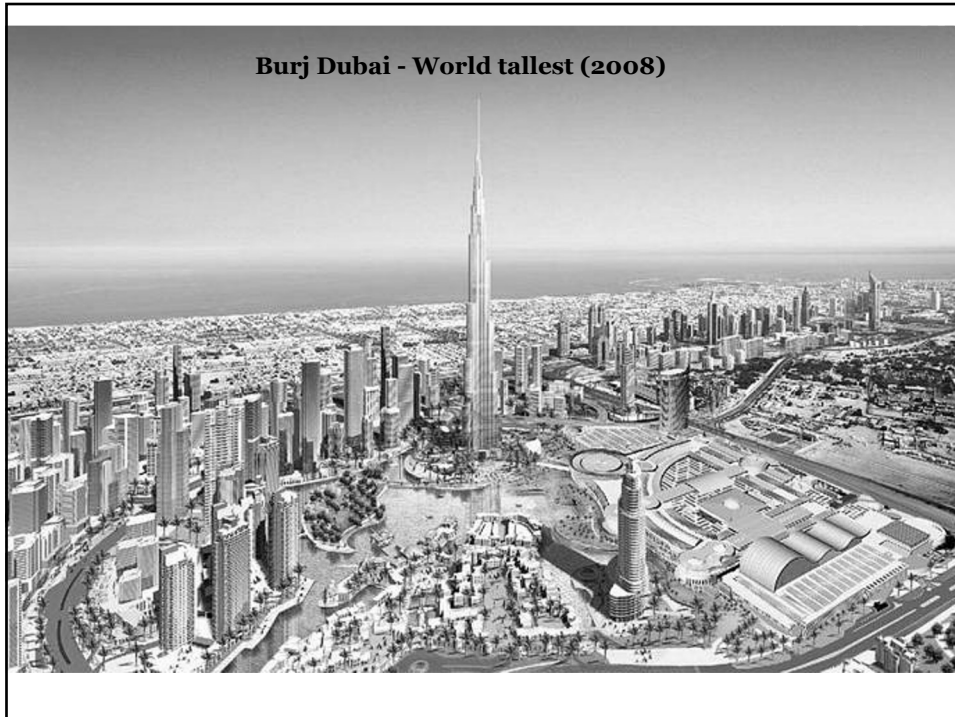
“arranha-céus”:

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

107

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

108



109

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

110

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