*Hotel Unique*

# "O Futuro do Concreto"

*sobre a arte de projetar e construir estruturas*

Paulo Helene

São Paulo, 5 de Abril de 2010

1

# Professores

- ✓ **Décio de Zagottis**
- ✓ **Eládio Petrucci**
- ✓ **Figueiredo Ferraz**
- ✓ **Francisco Landi**
- ✓ **Lauro Modesto**
- ✓ **Oscar Costa**
- ✓ **Péricles Fusco**

2

# Concreto (68 a 72)

**Bibliografia:** **Livro: Materiais de Construção Civil → Petrucci**
**Apostila: Concreto → Nilo Andrade Amaral**

1. **Cimento, areia, pedra e água**
2. **Aditivos aceleradores → CaCl2**
3. **Aditivos retardadores → açúcares**
4. **Areia grossa lavada de rio, jamais pó de pedra**
5. **Preferível pedregulho mas pode usar brita**
6. **Resistências $\sigma_R \approx f_{ck}$ *de 9MPa a 21MPa***

3

# "Desconhecidos"

**→ Aditivos superplastificantes → Fibras de aço, de polipropileno → Resistências de mais de 100MPa → Concreto bombeado → Concreto projetado → Concreto auto-adensável → Concreto colorido → Concreto de alto desempenho → Sílica Ativa e Metacaulim → Vida Útil / Durabilidade**

4

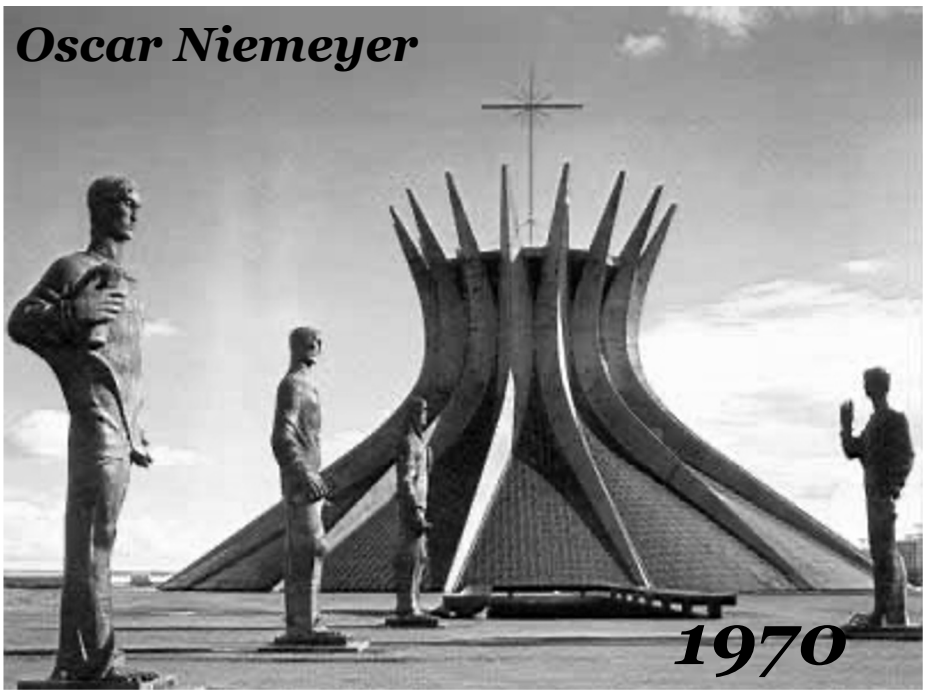
**Fazer Concreto era simples, bastava ter um carpinteiro, no ábaco de dosagem do Caldas Branco entrar com a resistência e obter o tamanho das caixinhas!**

5

6

**MASP Museu de Arte São Paulo 1968**

7




8

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

9

## Pesquisas em Concreto

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

1989 National Research Council, NRC
NCE 1989 → Network of Centres of Excellence

Concrete/Béton Canada (1989 → 1999)
Université de Sherbrooke
14 milhões de dólares em 10 anos

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

10

## 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

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 Concret

11

# QUANDO FOI RECONHECIDA A PROFISSÃO DE ARQUITETO e ENGENHEIRO CIVIL POR PRIMEIRA VEZ NA HISTÓRIA DA HUMANIDADE?

12

# Político, alquimista, primeiro Arquiteto → Imhotep

2.790 aC

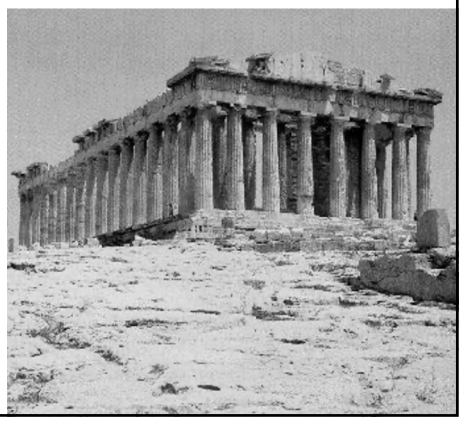
Pirámide escalonada de Djeser

13

14

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

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

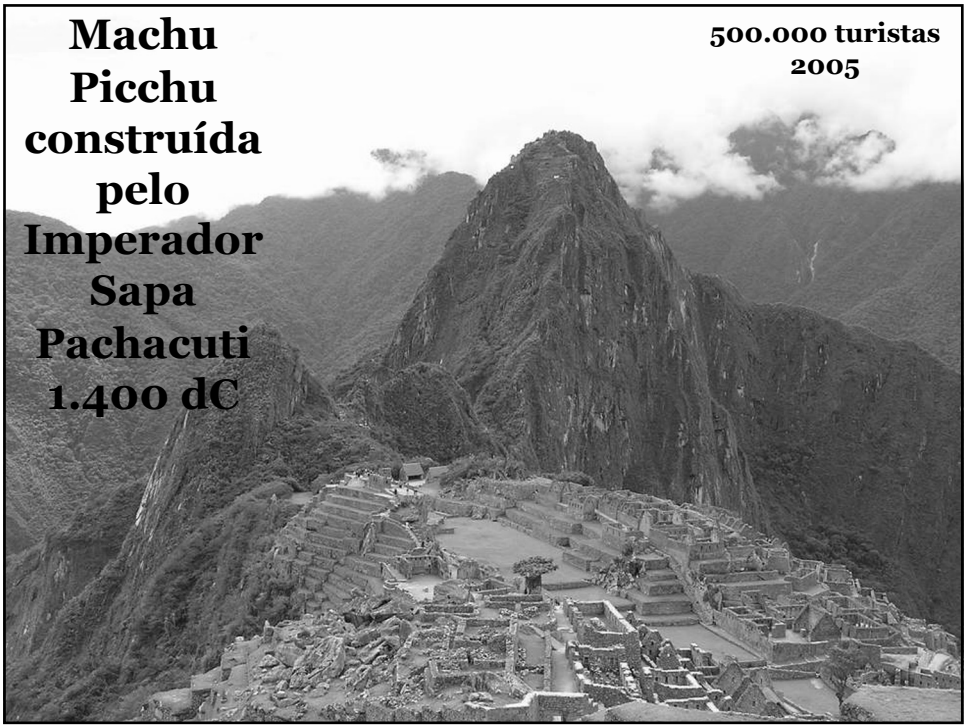


**Pártenon, *440 aC***
**"século de Péricles"**

15

**Machu Picchu construída pelo Imperador Sapa Pachacuti 1.400 dC**

**500.000 turistas 2005**



16

17

Pirâmide de
Chichen Itza
Kukulcán
Imperador
Maya
800.000
visiting tourists
2003
México
1.100 – 1.300 dC

18

# Construir com Materiais Resistentes e Duráveis

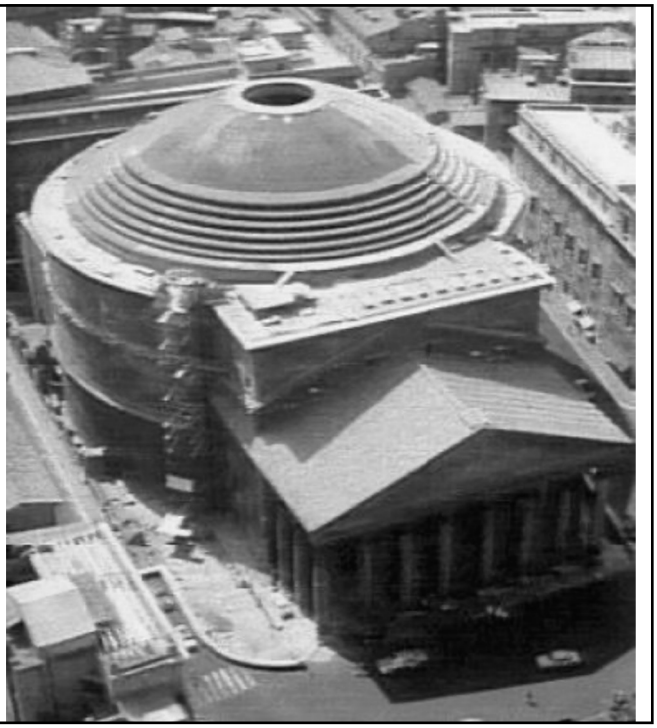
19

20

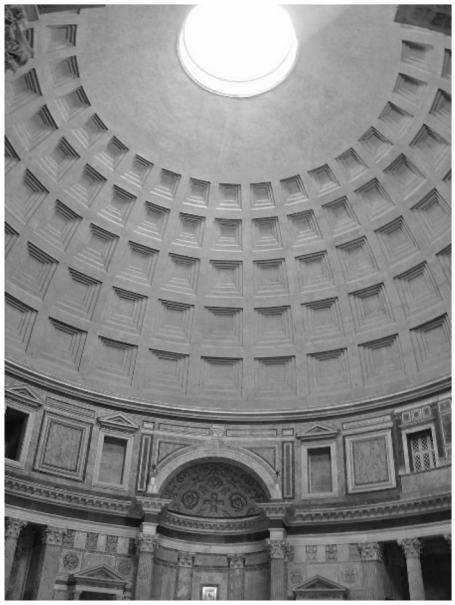
# QUANDO APARECEU O CONCRETO POR PRIMEIRA VEZ NA HISTÓRIA?

21

Panteão de Roma



22



23

# Cúpula do Panteão de Roma

## Século II dC → Diâmetro de 44m

24

## Séculos

**IV → Estilo Byzantino → 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**

25

## Catedral de Notre Dame

**1163-1330**

Abóbada da nave central → 35 m de altura

26

## Séculos

**IV → Estilo Byzantino → Catedral Santa Sophia, Istambul**

**IX → Estilo Romanico → Abadia Cluny, France**

**XII-XIV → Estilo Gótico → Catedral Notre Dame, Coloñia**

**XV → Estilo Renacentista**

**XVII → Estilo Barroco → Catedral San Pedro, Bernini**

**XVII → Estilo Neoclasico → Arco del Triunfo , Paris**

## XIX → Estruturas metálicas

27

28

**Gustave Eiffel**

**1.889**

**Torre Eiffel**

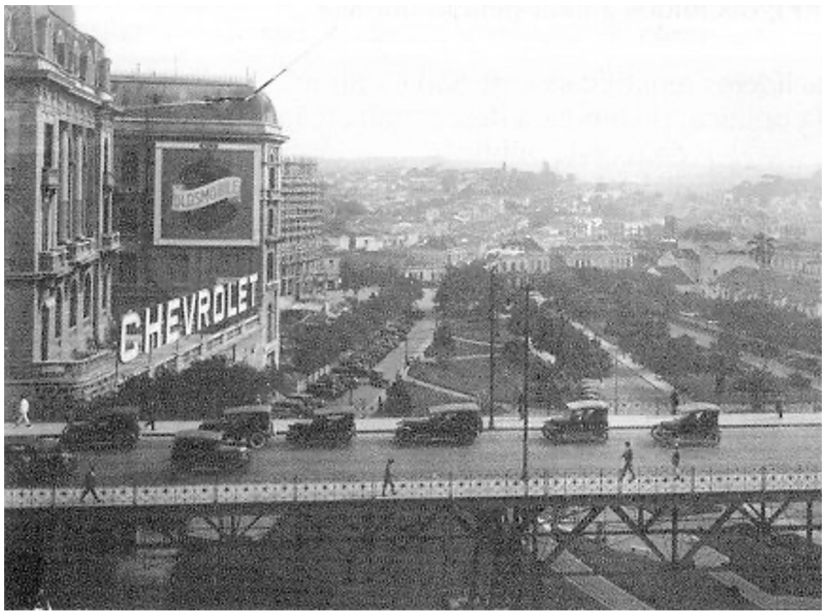
**2.007 → 6.930.000 visitantes**

29

**VALE DO ANHANGABAÚ, VIADUTO DO CHÁ, TEATRO MUNICIPAL E HOTEL ESPLANADA**

30

**VIADUTO DO CHÁ. Inaugurado em 1892**




31

**PASSEIO DOMINICAL NO TIETÊ - 1917**

32

# SÉCULO “XX”

# 1892

## APARECE UM NOVO MATERIAL

## *Concreto Armado*

33

## Primeiras Normas sobre Estruturas de Concreto

| | |
|---|---|
| **1903** | **Suiça** |
| **1903** | **Alemanha** |
| **1906** | **França** |
| **1907** | **Inglaterra** |

34

**Palácio Salvo**
**Montevidéu**

**27 andares**

**Uruguai 1925**

**103m**

**$f_{ck}$ = ?**

***85 anos !***

**world record**

35

***Edifício Martinelli***

***1929***

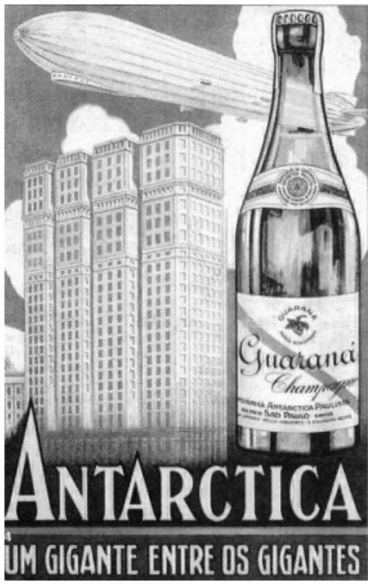
***106m***
***81 anos***

***world record***

***São Paulo, Brasil***

36

**publicidade da antarctica utilizando como pano de fundo o edifício martinelli e o zeppelin**




**37**

**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.**

**38**

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

39

40

41

42

# Século XX

# 1.928

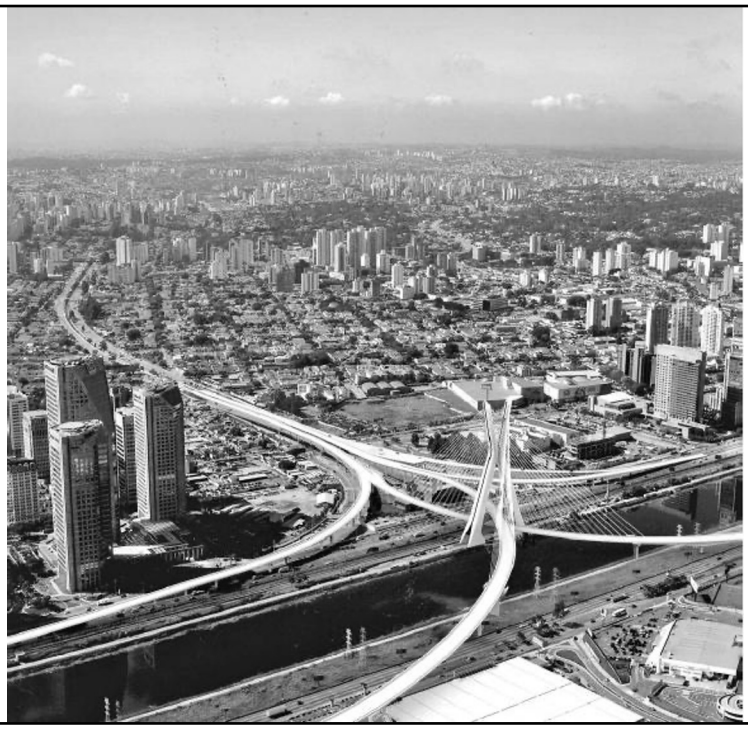
## “novo material estrutural”

## *Concreto Protendido*

Eugene Freyssinet

43

44



45

**Petronas Towers**

*Cesar Pelli*

**Kuala Lumpur**

**Malasia 1.997**

**452m**

**$f_{ck}$ = 80 MPa**

*before / after*

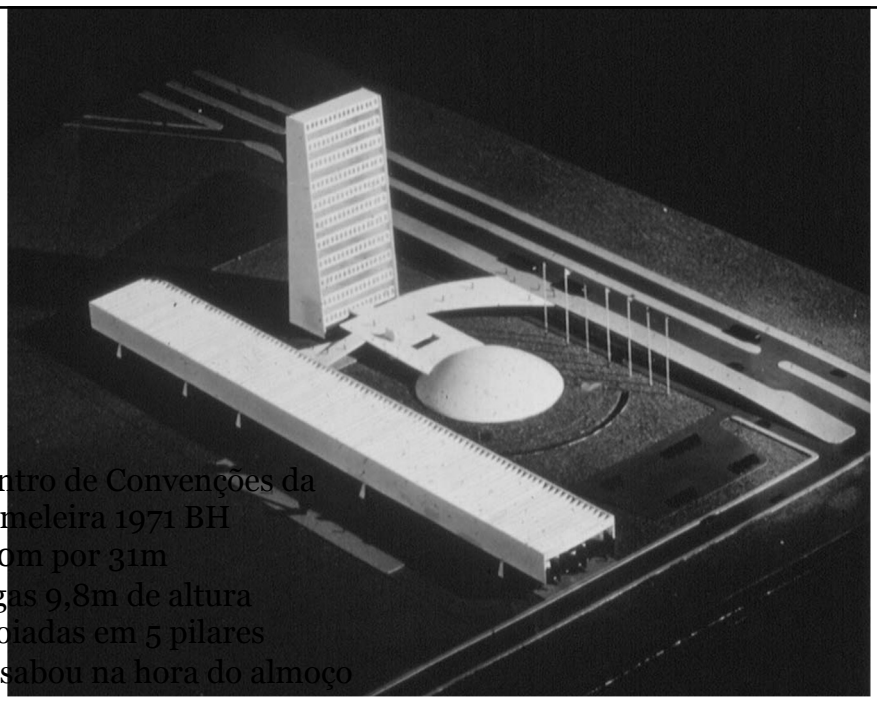
46

# Melhoria arquitetônica

**Concreto aparente, grandes vãos**

**Superior Tribunal de Justiça**

47



Centro de Convenções da Gameleira 1971 BH
240m por 31m
Vigas 9,8m de altura
apoiadas em 5 pilares
Desabou na hora do almoço

48

49

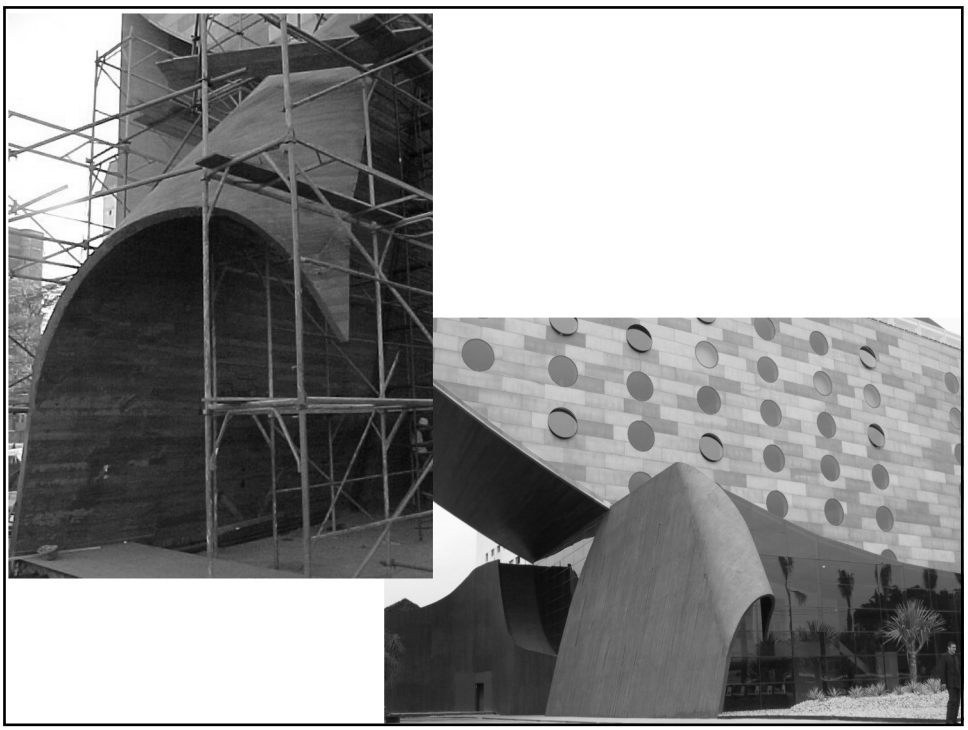
# Melhoria arquitetônica

**Concreto aparente, grandes vãos**

**Superior Tribunal de Justiça**

50

51



52

**Considerado**

**pela imprensa**

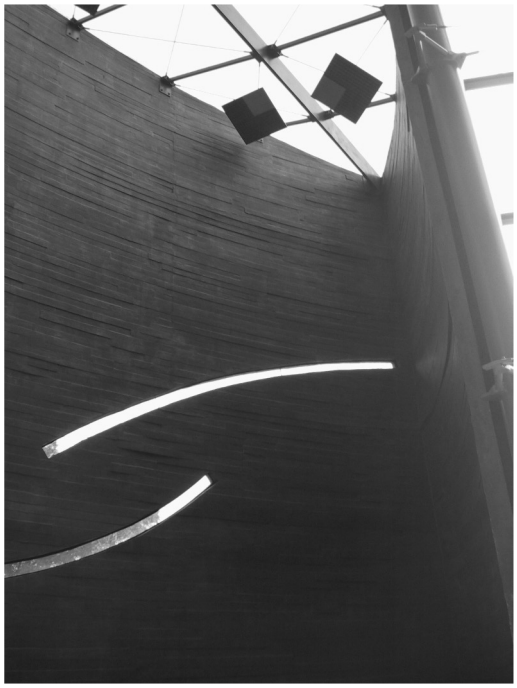
**francesa**

**uma das**

**7**

**maravilhas**

**de 2.003**



53

# Como será o futuro?

54

## 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**

55

## Concrete Evolution

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

*30 best innovations*

56

## *SCIENCE NEWS ON LINE*

- $TiO_2$ 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*

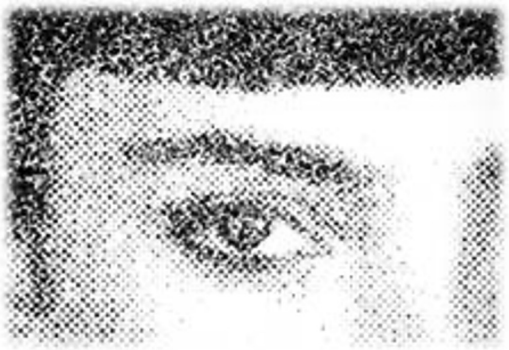
57

## Innovations in Concrete

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

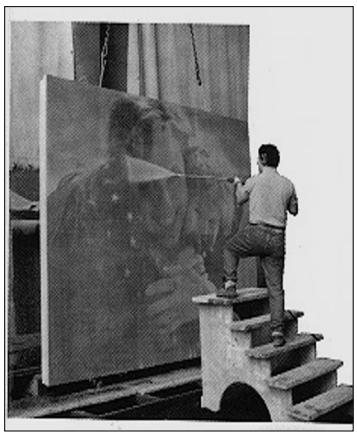
58

# Engraved Concrete



59

# Engraved Concrete



60

## Translucid Concrete

61

## R&D in Construction

*SCIENTIFIC AMERICAN*

*245 → documents in the last 10 years*

*Building Better Concrete*
*July 25, 2006*

*Paulo Monteiro, UC Berkeley*

62

## 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

63

# Qual o futuro do concreto?

64

## Arte e Ciência da Construção

**Marcus Vitruvius Pollio** ***(Engenheiro / Arquiteto Romano)***

***40 anos aC → "De Architectura"***

10 volumes → 800 anos como best - seller

| | |
|---|---|
| ***Utilitas*** | ***(funcional)*** |
| ***Firmitas*** | ***(estável e durável)*** |
| ***Venustas*** | ***(bonita)*** |

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

65

# *Venustas*

# *Bonita !*

66

Oscar Niemeyer
Bruno Contarini
Art Museum Rio de Janeiro

67

Auditório de Tenerife
Espanha
2003
Santiago Calatrava

68

69

70

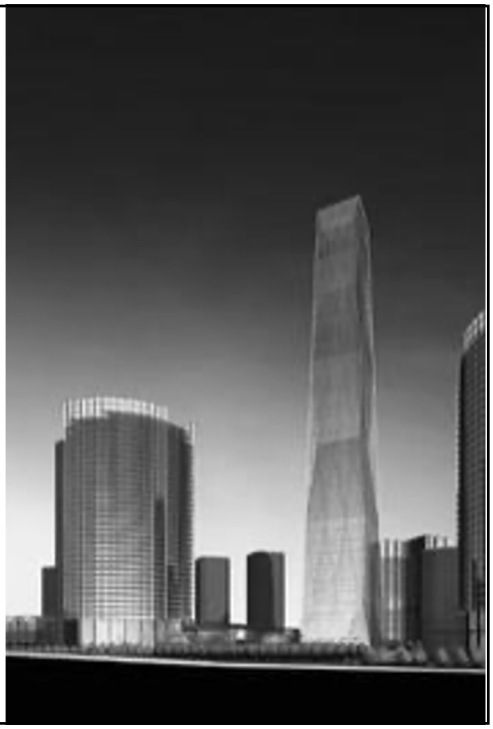
**China**
**World Trade Center**

**Pequim, China**

**2009**

**330m**

**74 andares**



71

**22.800m³ de concreto com 4,5m de altura**
**C45 → $f_{ck}$ = 45MPa**
**350m³/h**
**2,5 dias ininterruptos**

72

# *Firmitas*

*estável e durável*

**73**

**74**

**Systeme Hennebique**

***Paris, Rue Danton1***

**7 andares**
**França 1.901**
**30m**

**$f_{ck}$ = ?**

*109 anos !*

Oldest Building in world

75

**Centro Empresarial Nações Unidas**

**Torre Norte**

**São Paulo 1997**

**Altura 179 m**

**$f_{ck}$ = 50MPa**

76

77

# Arte e Ciência da Construção

**Marcus Vitruvius Pollio** ***(Engenheiro / Arquiteto Romano)***

***40 anos aC → "De Architectura"***

10 volumes → 800 anos como best - seller

| | |
|---|---|
| ***Utilitas*** | ***(funcional)*** |
| ***Firmitas*** | ***(estável e durável)*** |
| ***Venustas*** | ***(bonita)*** |

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

78

## Arte e Ciência da Construção

**Marcus Vitruvius Pollio** ***(Engenheiro / Arquiteto Romano)***

***40 anos aC → "De Arquitectura"***

10 volumes [illegible]

[illegible] ***(bonita)***

# Sustentabilidade

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

79

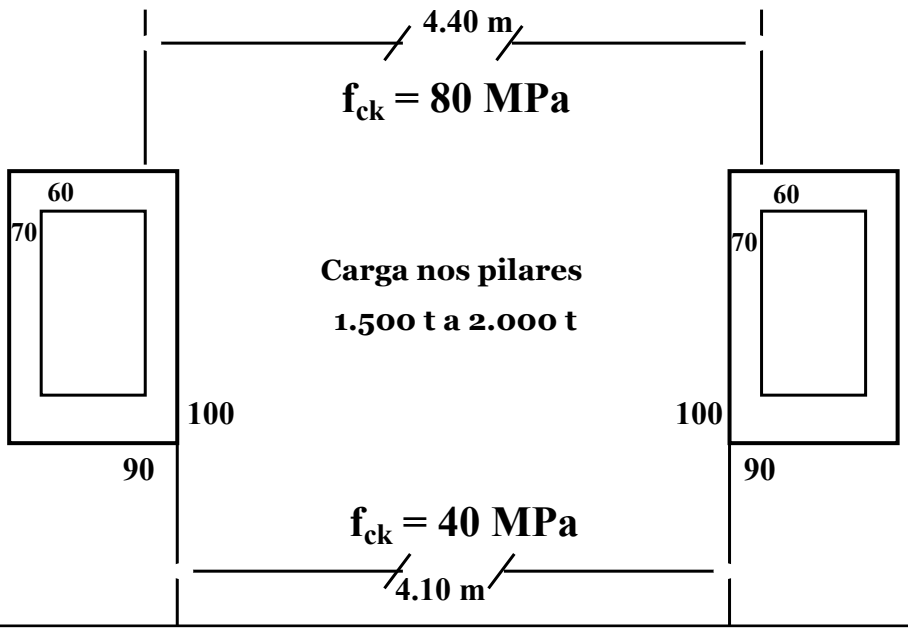
e-Tower

80

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

81

## Projeto estrutural *(e-Tower)*




82

83

84

85

## Economia de recursos naturais

**Original:**

**$f_{ck}$ = 40MPa**

**seção transversal → 90cm x 100cm**

**0,90m²**

**HPC / HSC:**

**$f_{ck}$ = 80MPa**

**seção transversal → 60cm x 70cm**

**0,42m²**

86

**Economia de recursos naturais**

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

87

# Considerações Finais

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

88

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

89

Passados somente 13 anos, 7 novos edifícios mais altos que o Petronas foram construídos

90

**Hoje há 57 edifícios em construção com altura superior a 300m, para serem inaugurados até 2013...**

91

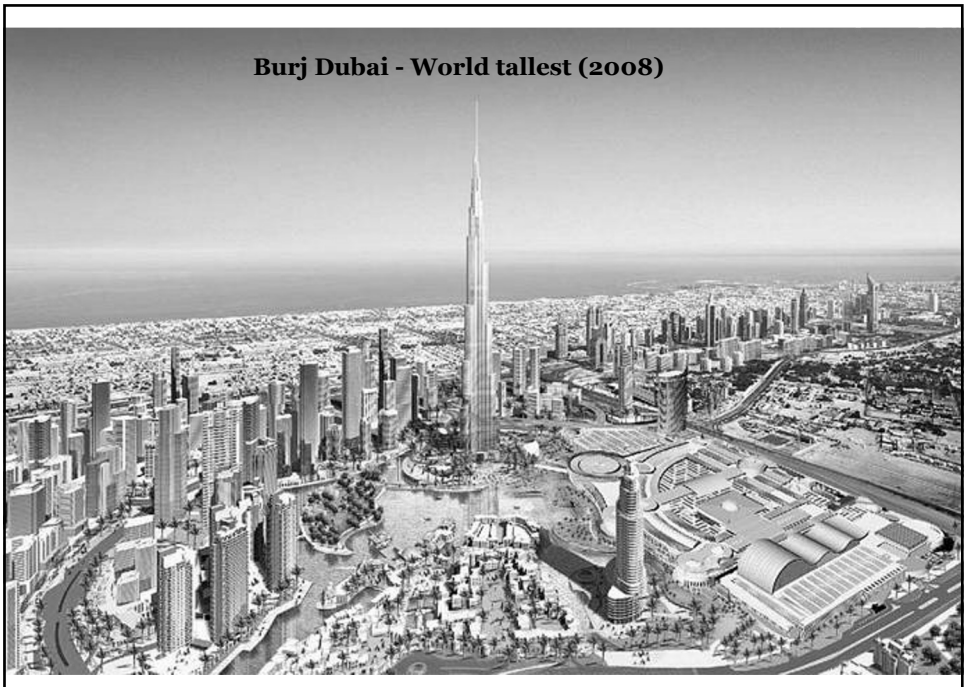
Desse total de 57 "arranha-céus":

- 37 são em concreto
- 19 são mistos concreto / aço
- apenas 1 é metálico

92

Inclusive o mais alto edifício do mundo, hoje, a Burj Khalifa, em Dubai, tem estrutura em concreto

93



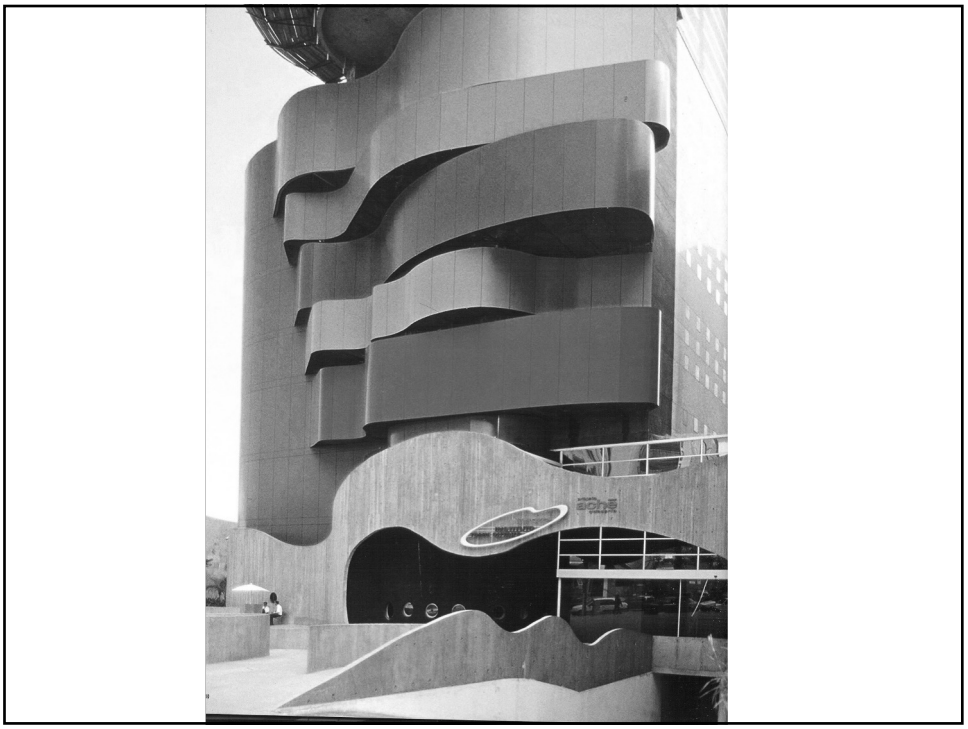

94

Em 100anos, o concreto superou todos os limites e fronteiras do conhecimento em Engenharia de projeto e de construção!

95

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

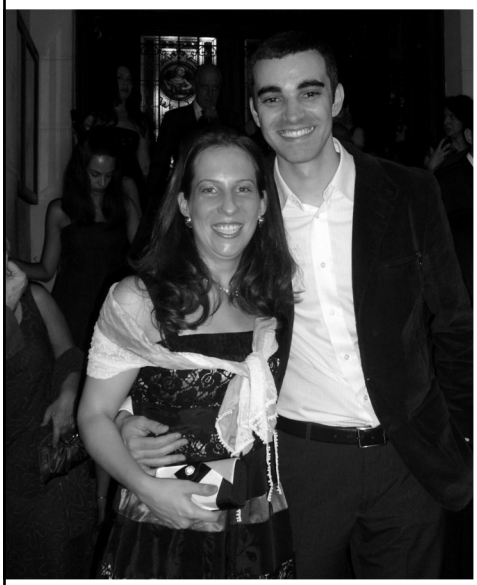
96



**97**

**98**

**99**



**100**

101