



Arte de Projetar e Construir Estruturas

Paulo Helene

*Prof. Titular da Universidade de São Paulo
Vice-Presidente do IBRACON
Presidente da ALCONPAT
Membro do Model Code For Service Life (fib)*

FAVIP

Caruaru

19 de outubro de 2009

Pernambuco

1

**O que vocês estão
fazendo aqui, em
2009, na FAVIP
num curso de
Engenheiros Civis?**

2



**Sejam muito
bem vindos!**

3

**O Brasil precisa
de vocês!**



Engenharia Civil

4

**E está
pagando bem!
...cada dia
melhor!**

5

**Folha de São Paulo
Caderno de Empregos
Bolsa de Salários**

São Paulo

24 de fevereiro de 2008

15 de fevereiro de 2009

6

NÍVEL SUPERIOR		Menor valor	Maior valor	Média	Var.% em rel. dez.
Administradores					
banco de dados	6.746	12.492	8.336	+3,1	
redes	1.876	7.925	4.039	+1,8	
Advogados					
júnior	1.433	3.924	2.603	+0,4	
pleno	3.131	6.278	4.119	+1,4	
sênior	3.738	9.890	5.149	+0,4	
Arquiteto	1.817	8.430	3.666	0,0	
Assistente social	1.778	3.777	2.511	0,0	
Audítores					
júnior	1.098	2.675	2.096	+1,5	
pleno	2.650	4.268	3.631	0,0	
sênior	3.758	7.571	5.518	+2,8	
Bibliotecário	1.563	3.782	2.378	0,0	
Biomédico	2.170	5.139	2.878	0,0	
Contador	2.629	10.731	4.787	+0,4	
Desenhista industrial	1.837	4.480	3.134	+3,7	
Enfermeiros					
chefe hospitalar	3.380	11.215	4.860	+1,1	
hospitalar(2+25)	2.461	5.485	2.991	0,0	
trabalho	2.713	5.140	3.715	+0,3	
Engenheiros					
civil júnior	1.859	4.087	2.998	+3,7	
civil pleno	3.085	7.950	4.198	0,0	
civil sênior	5.967	9.682	7.841	0,0	
eletricista	3.982	6.877	5.319	0,0	
eletrônico	3.567	6.712	5.051	+1,7	
manutenção geral	2.158	6.877	5.428	+1,3	
mecânico júnior	2.179	3.711	2.670	+4,0	
mecânico pleno	2.982	4.460	3.775	+1,5	
mecânico sênior	3.545	7.923	5.093	+5,0	
produção	2.580	6.535	4.563	+1,6	
segurança do trabalho	2.394	8.624	4.911	+0,5	
vendas	4.029	6.321	5.646	+4,0	
Farmacêutico	1.677	5.001	2.874	0,0	
Fisioterapeuta(2)	1.137	2.713	1.862	+0,9	
Médicos					
clínico geral e plantonista(2)	2.806	5.721	3.445	0,0	
trabalho(2)	1.657	6.360	4.267	+0,2	
Nutricionista	1.100	5.993	2.506	0,0	
Professor(2+2+2)	1.630	13.158	4.186	0,0	
Psicólogo	1.615	6.190	2.271	+1,1	
Químico	1.658	5.697	3.069	+0,9	
Relações públicas	1.543	3.335	1.970	0,0	
Webdesigner	1.310	3.965	2.706	+1,0	
NÍVEL MÉDIO		Menor valor	Maior valor	Média	Var.% em rel. dez.

2009

3.281 → 9.6%

4.554 → 8.6%

8.526 → 8.8%

IPC (FIPE) → 6.11%

IPCA (IBGE) → 5.84%

CUB (SINDUSCON) → 11.11%

9

**O que você está
fazendo aqui na
FAVIP / Civil em
2009?**

10

Assinale uma alternativa correta:

Tirando um título superior.

11

Assinale uma alternativa correta:

Tirando um título superior.

Me arrumando para ganhar dinheiro fácil.

12

Assinale uma alternativa correta:

- Tirando um título superior.
- Me arrumando para ganhar dinheiro fácil.
- Assistindo aula inaugural.

13

Assinale uma alternativa correta:

- Tirando um título superior.
- Me arrumando para ganhar dinheiro fácil.
- Assistindo palestra de convidado.
- Melhorando meu conhecimento científico.

14

Assinale uma alternativa correta:

- Tirando um título superior.
- Me arrumando para ganhar dinheiro fácil.
- Assistindo aula inaugural.
- Melhorando meu conhecimento científico.
- Eu também gostaria de saber.

15

Parábola da Catedral

16

**Ser Engenheiro
é bom... mas
cuidado com os
riscos!**

17



18



19



20

5-4 Sexta-Feira, 26 de fevereiro de 1993 coti

Dona-de-casa morre atingida por pedaço de reboco de prédio no Rio

Da Sucursal do Rio

A dona-de-casa Maria Borges Nascimento, 49, morreu ao ser atingida na cabeça por um pedaço de reboco do 12º andar de um prédio de apartamentos no centro da cidade, na av. Gomes Freire nº 740. A mulher morreu na hora, e teve a face desfigurada. O pedaço de reboco caiu, resvalou na marquise do prédio e acertou a dona-de-casa.

Maria estava voltando para casa com as compras feitas num supermercado da região. Ela morava sozinha com o filho, o estudante Nino André Borges Nascimento, 27. O síndico do prédio em que aconteceu o acidente, João Salvador, afirmou que a obra de recuperação da fachada já havia sido aprovada pelo condomínio, mas faltava orçar o serviço.

A Defesa Civil municipal interditou a área em torno do prédio, o que deve causar prejuízo aos estabelecimentos comerciais que funcionam no local. Segundo o diretor do Departamento de Engenharia do órgão municipal, Roberto Formiga Oberlaender, o local só será liberado após o condomínio contratar uma firma para retirar as partes da fachada que ofereçam risco de desabamento.

Na área térrea interditada funcionam uma padaria, uma distribuidora de bebidas. No prédio ao lado, em área também interditada, funcionam um pequeno hotel e um restaurante.

Oberlaender afirmou que será dado ao condomínio um prazo para recuperação da fachada. Caso o prazo não seja cumprido, o condomínio terá que pagar multa. Muito abalado, o filho da dona-de-casa não quis comentar que providências legais tomará em relação ao caso.

Oberlaender disse que um dos problemas do centro são os prédios antigos em mau estado de conservação. Além da má conservação do reboco, as marquises velhas são problemas apontados pelo diretor da Defesa Civil.

Segundo ele, os proprietários são obrigados a realizar obras de recuperação, mas a fiscalização não cabe à Defesa Civil.



Corpo de Maria Borges coberto em frente ao prédio

28 anos!

21

05/04/2008, do Estado de S. Paulo

Expresso Tiradentes: TCU teria apontado sobrepreço

Técnicos do Tribunal de Contas da União (TCU) teriam apontado suspeitas de superfaturamento nas obras de prolongamento do Expresso Tiradentes (antigo Fura-Fila), em São Paulo. O processo foi encaminhado no dia 11 ao ministro Benjamin Zymler, de acordo com informações do jornal O Estado de S. Paulo.

25/12/2008, da Folha Online

TCU vê superfaturamento de R\$ 5,58 milhões em obra feita pelo Exército

Auditoria do TCU (Tribunal de Contas da União) apontou indício de superfaturamento de R\$ 5,58 milhões em uma obra realizada no Mato Grosso pelo 9º Batalhão de Engenharia de Construção do Exército, informa nesta quinta-feira reportagem de Elvira Lobato publicada pela Folha .

22

Folha de São Paulo

Tribunal Regional do Trabalho (TRT/SP)

Nicolau dos Santos Neto → conhecido por “Juiz Lalau”

A construção da nova sede do TRT/SP, só começa em meados do ano de 1997 e de imediato os fiscais e auditores descobrem irregularidades, e delas logo dão conhecimento ao Tribunal de Contas da União (TCU).

O tamanho da fraude, porém, só viria a público em 1999, quando foi criada a CPI do Judiciário.

Nesse ano o TCU leva ao Congresso o resultado da auditoria, segundo a qual foram repassados 223,9 milhões de reais para a construção do edifício do TRT/SP e desse total foram desviados 169,5 milhões de reais, e a obra ainda está inacabada.

23

A profissão do Engenheiro Civil é uma profissão de

“confiança pública”

...e confiança não se impõem, deve ser conquistada...

24

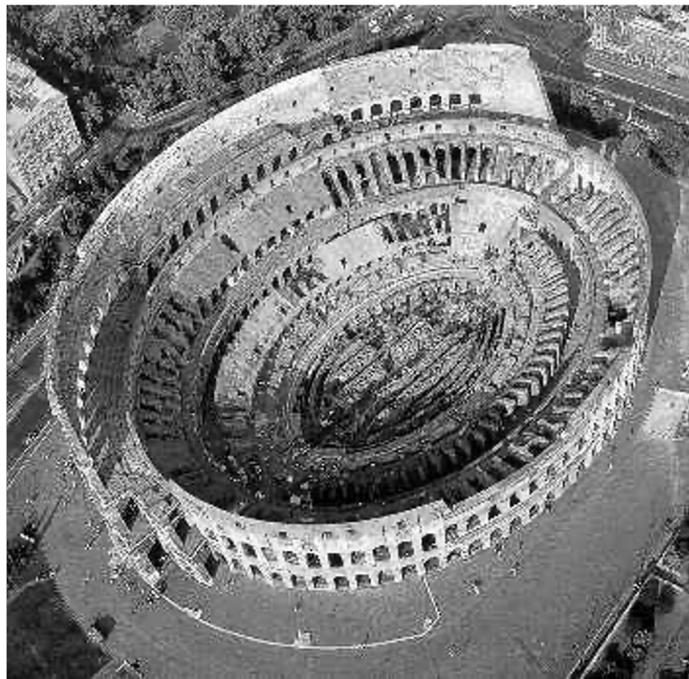
Juramento do Engenheiro

“ Prometo sob juramento observar os postulados da ética profissional, concorrer para o desenvolvimento da técnica, da ciência e da arte e bem servir aos interesses da sociedade e da nação”.

“este é o juramento dos engenheiros utilizado na colação de grau da POLI.USP”

25

A origem da palavra ENGENHARIA foi devida ao Engenheiro Civil. Vem da Roma antiga da expressão “*Ingenium Civitas*”, ou seja, engenharia das cidades ou engenharia da civilização.



26

Modernamente, a denominação de engenharia civil passou a ser mais utilizada a partir do início do Século XVIII, mais precisamente em 1794, com o início da engenharia militar na Escola Politécnica de Paris, na França, quando houve a separação entre engenharia militar e civil.



27

No Brasil, o primeiro curso de engenharia civil foi criado, em 1836, na Escola Nacional de Engenharia, no Rio de Janeiro.



28



29



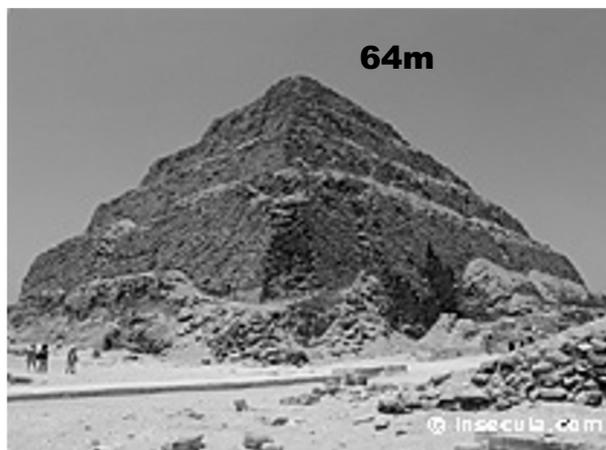
30

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

31

Arquiteto e médico Imhotep

2790 A C



Pirâmide escalonada de Djeser

32

Materiais Estruturais!

1. Madeira / bambú;
2. Barro / argila (+ fibra);
3. Cerâmica;
4. Rocha

33

I Grande Revolução !

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

34



35



36



37



38



39

**Construir com
Materiais
Resistentes e
Duráveis**

40

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”



41



42

**QUANDO APARECEU
O CONCRETO (*estrutural*)
POR PRIMEIRA VEZ
NA HISTÓRIA?**

43

Panteão
de
Roma



44



45

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



46

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

47

Catedral de Notre Dame



1163-1330

Abóbada da nave central → 35 m de altura

48

Séculos

IV → Estilo Bizantino → Catedral Santa Sophia, Istambul

IX → Estilo Romanico → Abadia Cluny, France

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

XV → Estilo Renacentista

XVII → Estilo Barroco → Catedral San Pedro, Bernini

XVII → Estilo Neoclasico → Arco del Triunfo , Paris

XIX → Estruturas metálicas

49

Primeira Ponte Metálica → 1.779 d.C.

Coalbrookdale Bridge in Telford, Inglaterra

still in use today carrying occasional light transport and pedestrians



50



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

51

Fundações em rocha e alvenaria



52

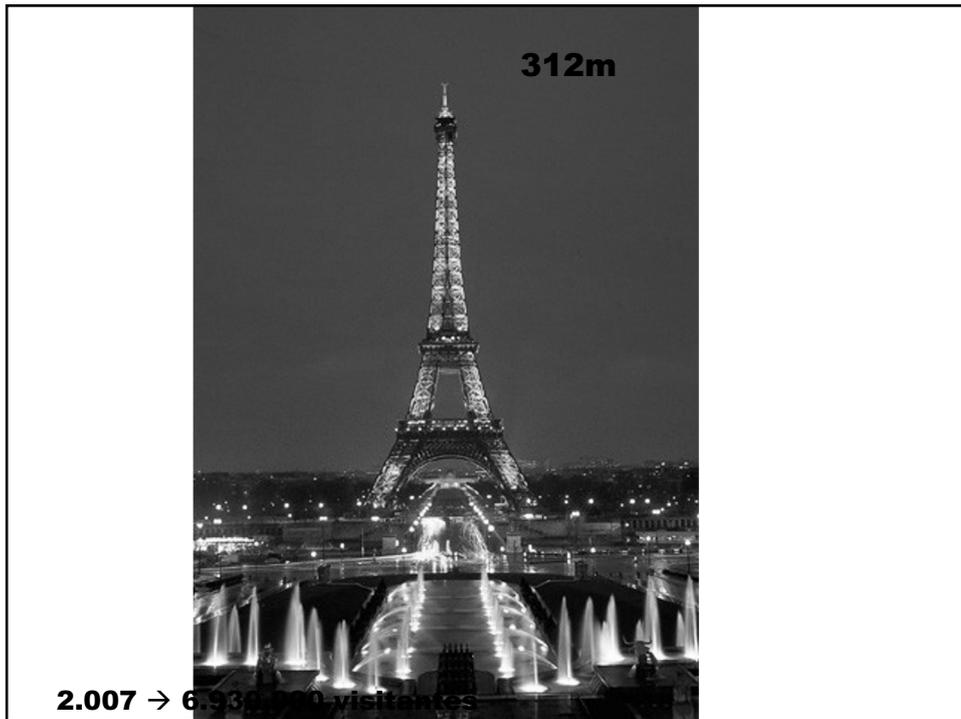
II Grande Revolução !

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.

53



54



55

SÉCULO XX
1.900

**APARECE UM
NOVO MATERIAL**

Concreto Armado

56

Primeiras Normas sobre Estruturas de Concreto

1903 **Suíça**

1903 **Alemanha**

1906 **França**

1907 **Inglaterra**

57



58



**Systeme
Hennebique**
Paris, Rue Danton1

7 andares
França 1.901
30m

$f_{ck} = ?$

107 anos !

*edificio em concreto mais
antigo do mundo*

59



Palácio Salvo
Montevideu

27 andares

Uruguai 1925

103m

$f_{ck} = ?$

83 anos !

world record

60



***Edifício
Martinelli***

1929

106m

78 anos

world record

São Paulo, Brasil

61



**Cristo
Redentor**

1931

**Concreto
armado**

**(pedra
sabão)
39,6m**

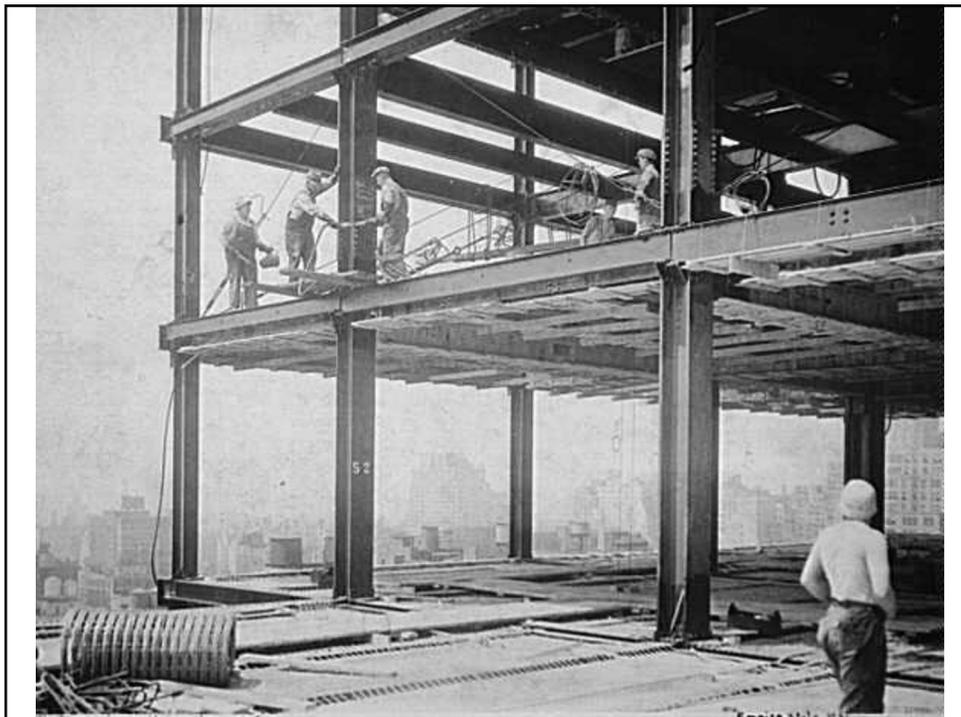
**Corcovado,
RJ 750m**

62



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

63



64

Século XX
1.928

“novo material estrutural”

Concreto
Protendido

Eugene Freyssinet

65



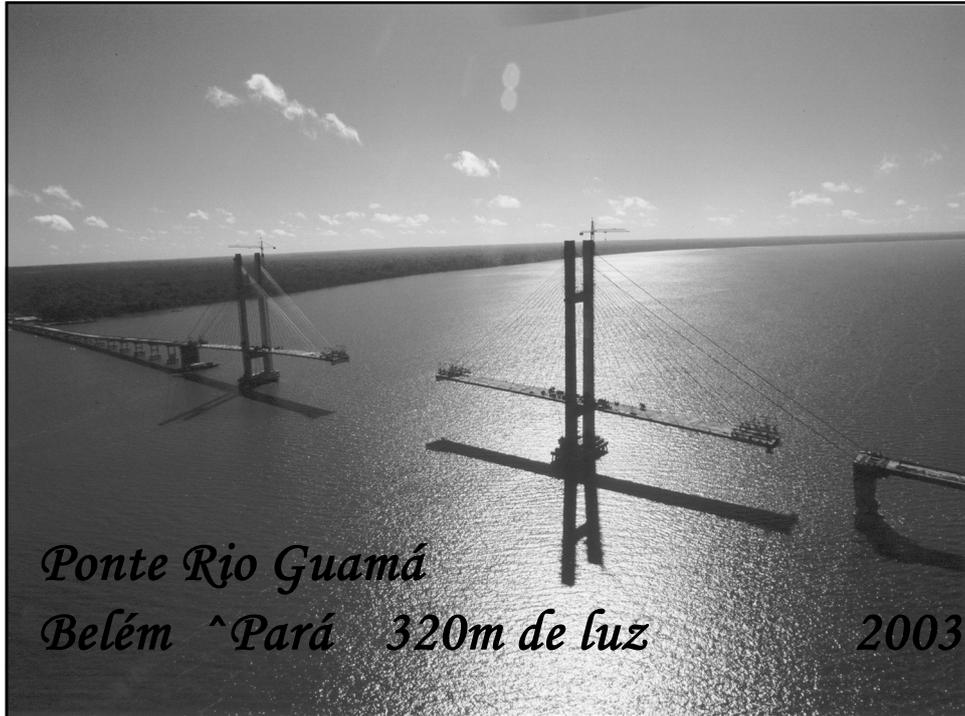
66



67



68



69

2 8 2002

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

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

**Vida Útil
100 anos!**

70

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”

71

**Como será
o futuro?**

72

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*

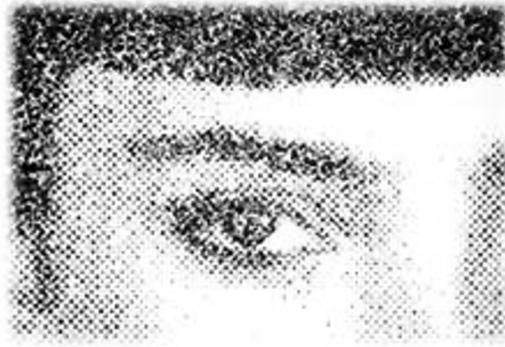
73

Innovations in Concrete

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

74

Engraved Concrete



75

Engraved Concrete



76

Translucid Concrete



77

Translucid Concrete

Arq. Aron Losonczy (from Hungary)



78

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

79

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

80

Venustas

Bonita !

81



82

Firmitas

estável e durável

83



84



85



86



87



88



89



90



91

**Como aumentar
a Vida Útil das
Estruturas e
construí-las mais
duráveis?**

92



**Centro
Empresarial
Nações
Unidas**

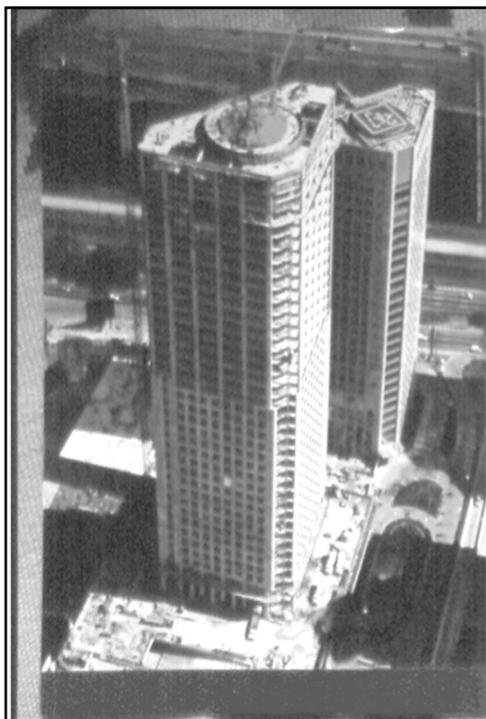
Torre Norte

**São Paulo
1997**

Altura 179 m

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

93



**250 anos
de garantia.**

Quando se trata de segurança, tecnologia e sustentabilidade, a Engemix é a escolha certa. Com a Mixagem Especializada, oferecemos a melhor solução para o concreto em altura. O resultado é um concreto que garante a durabilidade e a segurança da obra por mais de 250 anos.

O resultado é que, hoje, a Torre Norte é considerada uma das obras mais modernas e seguras do mundo. Isso graças à tecnologia de concreto Engemix, que garante a durabilidade e a segurança da obra por mais de 250 anos.



**CONCRETO
ENGEMIX**



94

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

95

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

96

Sustentabilidade

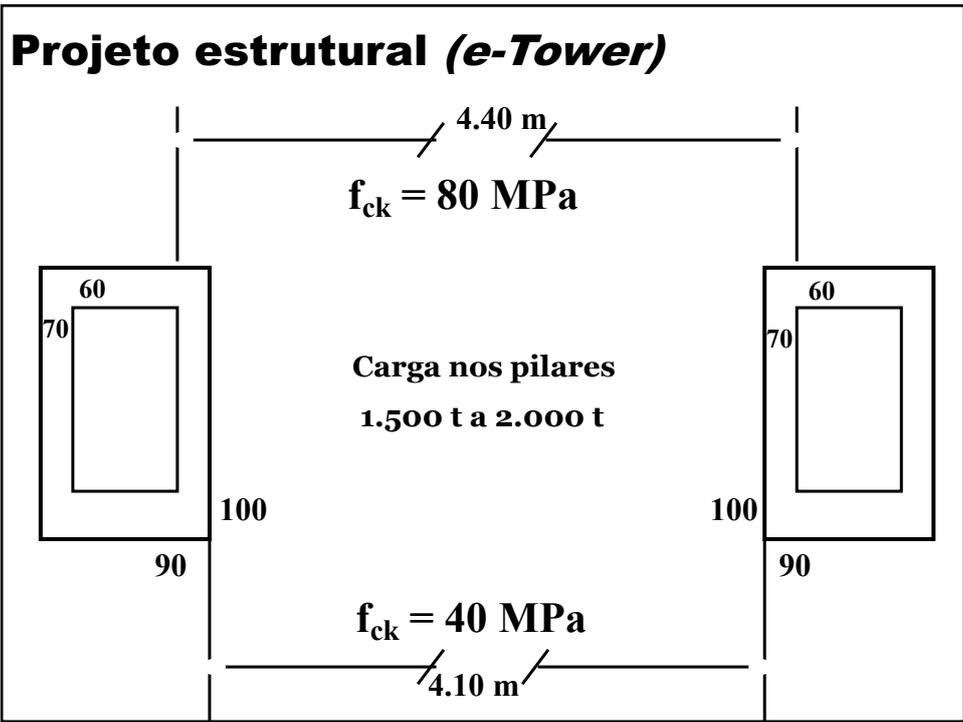


97

TECNUM
CONSTRUTORA

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

98



99



100



101



102

Economia de recursos naturais

Original:

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

seção transversal $\rightarrow 90\text{cm} \times 100\text{cm}$

0,90m²

HPC / HSC:

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

seção transversal $\rightarrow 60\text{cm} \times 70\text{cm}$

0,42m²

103

Economia de recursos naturais

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

104

Considerações Finais

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

105

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

106

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

107

**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 !**

108

Desse total de 36

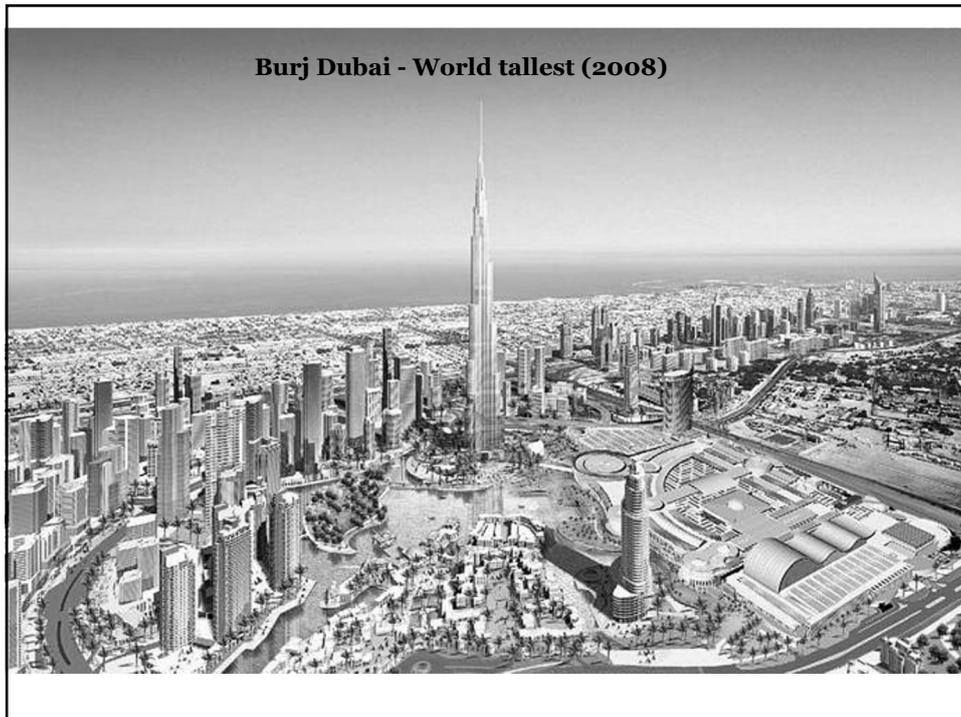
“arranha-céus”:

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

109

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

110



111

Os Arquitetos e os Engenheiros Civis constroem os marcos de pujança, de grandeza, de desenvolvimento e de poder das civilizações.

Traduzem sua história, seus sonhos e seus ideais em majestosas e duráveis obras que elevam a auto-estima de seu povo.

112



O estudo dos problemas patológicos , a pesquisa de como corrigir-los e principalmente como bem construir, com ética e qualidade, é uma das maiores oportunidades atuais de resgatar essa importância e vocação da engenharia civil brasileira.

113



114



115



116



117



118

**O que vocês estão
fazendo aqui na
FAVIP num curso
de Engenharia
Civil?**