



Fundação Municipal de Ensino de Piracicaba - FUMEP
Escola de Engenharia de Piracicaba - EEP
Semana de Engenharia Civil - 2013



Arte de Projetar e Construir Estruturas



Paulo Helene
Conselheiro IBRACON
Diretor P&D Engenharia
Membro Red PREVENIR C/TEC
Prof. Titular da Universidade de São Paulo USP
fils (CEB-FIP) Member of Model Code for Service Life
Presidente Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción ALCONPAT Int.

"do Laboratório de Pesquisas ao Cantinho de Obras"

Salão Nobre - EEP 17 de Outubro de 2013 Piracicaba - SP

O que vocês estão fazendo aqui, em 2013, na **EEP** num curso de Engenharia Civil?



Sejam muito bem vindos!

O Brasil precisa de vocês!




Engenharia Civil

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

TABELA 1
Ranking multivariado de carreiras universitárias e mercado de trabalho

	Salário		Jornada		Ocupação		Cobertura previdenciária	
	Mensal (R\$)	Rank	Horas semanais	Rank	Taxa (%)	Rank	Taxa (%)	Rank
1 Medicina	8.459,45	1	41,94	41	97,07	1	93,38	5
2 Odontologia	5.347,31	7	38,24	14	96,22	2	83,23	43
3 Serviços de transportes	6.052,56	3	38,90	17	93,56	14	93,25	6
4 Engenharia civil	5.768,19	5	42,12	44	95,72	3	90,68	28
5 Setor militar e de defesa	7.695,84	2	41,91	39	90,63	44	97,11	1
6 Engenharia mecânica e metalurgia	5.500,30	4						
7 Engenharia (outros)	5.242,91	6						
8 Engenharia química	5.815,28	8						
9 Matemática	2.811,40	42						
10 Estatística	4.780,29	11						

Fonte: IPEA - 2010

Brasil nas engenharias, civil + alto salários



Diretor do Departamento de Obras - Salário: R\$ 23.000,77 Fonte: Economia & Negócios - 2011

Ocupações de nível superior com maiores ganhos salariais entre 2009 e 2012

Cód. CBO	Ocupação	Admitidos - Salário médio 2012 (R\$)	Var. % 2009-2012
2041	Pentos criminais	7.793,91	523,7%
2526	Profissionais da administração dos serviços de segurança	6.874,97	174,4%
2542	Audtores fiscais da previdência social	2.582,65	86,2%
2253	Médicos em medicina diagnóstica e terapêutica	8.443,94	47,3%
2514	Filósofos	3.002,54	46,5%
2032	Pesquisadores de engenharia e tecnologia	12.301,35	46,2%
2413	Tabuleiros e registradores	1.736,69	43,6%
2034	Pesquisadores das ciências da agricultura	5.303,49	42,9%
2131	Físicos	5.832,47	41,2%
2153	Profissionais da pilotagem aeronáutica	4.951,13	36,8%

Fonte: Caged/MTE. Salários em reais de dez/2012

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

Top 10

Veja abaixo a lista das 10 profissões que tiveram os maiores aumentos salariais em 2012:

Profissão	Aumento Salarial(%)	Salário médio em 2012
Administrador de Banco de Dados Júnior	90,3%	R\$ 4,7 mil
Projetista Civil Pleno	75,8%	R\$ 7,5 mil
Técnico de Edificações	72,9%	R\$ 7,5 mil
Analista Fiscal Tributário Pleno	32,4%	R\$ 5,5 mil
Analista Contábil Júnior	24,9%	R\$ 4,5 mil
Analista de Crédito Júnior - Bancos de Investimento	24,9%	R\$ 6,5 mil
Analista de Comércio Exterior Pleno	24,9%	R\$ 4,7 mil
Engenheiro Ambiental Sênior	22,4%	R\$ 5,1 mil
Analista de Produtos Pleno - Varejo	14,9%	R\$ 7,2 mil
Analista de Crédito Sênior - Seguradora	12,9%	R\$ 6,5 mil

*Page Personnel

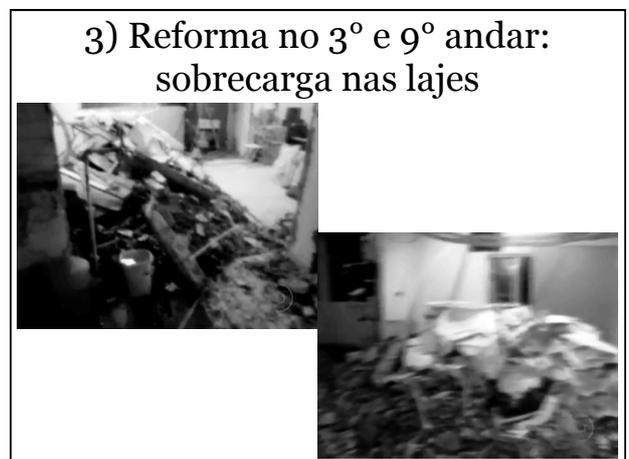
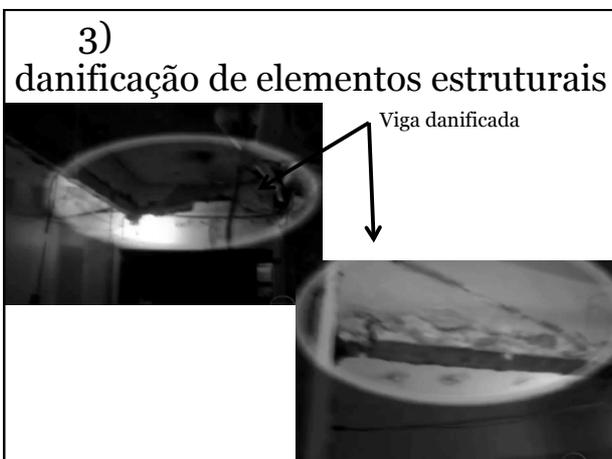
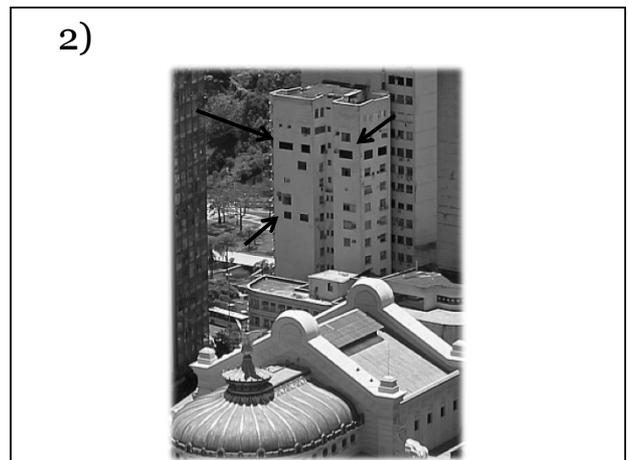
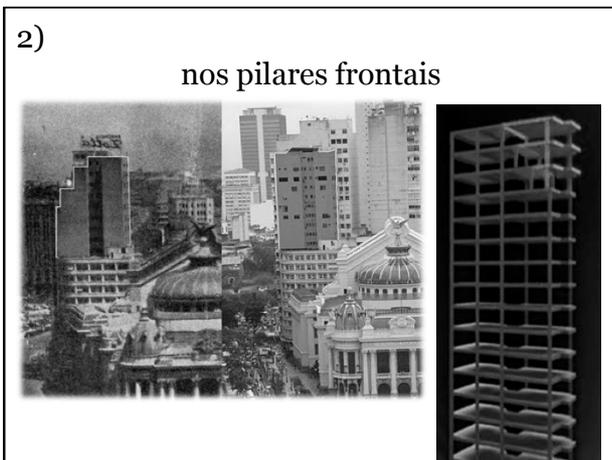
Fonte: InfoMoney - 2012

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

Edifício Liberdade

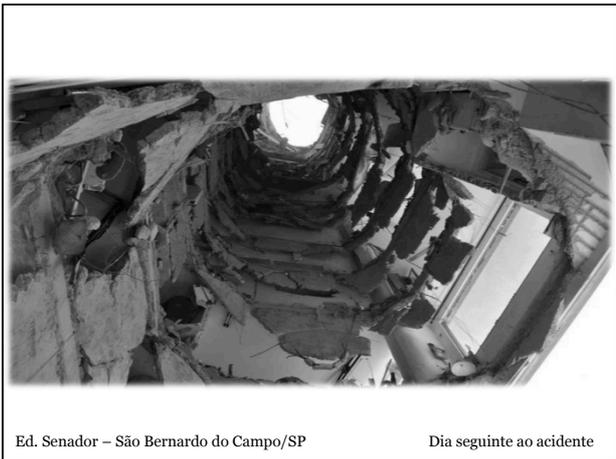
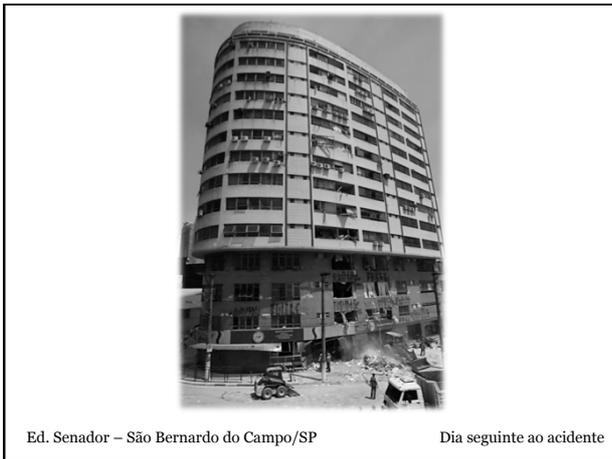
Rio de Janeiro/RJ.
Acidente: 25/01/2012,
quarta-feira às 20:30h.
Construção: 1938 → 1940
Idade: 72 anos
18 andares + loja + sobreloja







Edifício Senador
 São Bernardo do Campo/SP.
 Acidente: 06/02/2012,
 segunda-feira às 19:30h.
 Construção: 1978
 Idade: 34 anos
 13 andares + térreo + subsolo



Diagnóstico Provável

1) ocasionaram a corrosão das armaduras;

2) Sobrecarga na laje.

PhD Engenharia

Exercício Profissional

Não basta a existência de normas, regras e leis, como por exemplo a NBR 9077:1999 que regula saídas de emergência em edificações, se estas não forem praticadas pela Engenharia !

The image shows a screenshot of a news article with the headline 'Polícia aponta 35 culpados pelas 241 mortes da boate Kiss em Santa Maria'. It includes a photograph of the fire scene and a photo of a courtroom scene.

<http://www.tribunadabahia.com.br/2013/03/22/policia-aponta-35-culpados-pelas-241-mortes-da-boate-kiss-em-santa-maria>

A profissão do Engenheiro Civil é uma profissão de

“confiança pública”

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

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 POLIUSP”

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.



Quando a profissão de arquiteto foi reconhecida pela primeira vez na história da humanidade?

PhD Engenharia

Político, alquimista, primeiro Arquiteto → Imhotep



64m

2790 A C

Pirâmide escalonada de Djeser

Pirâmides de Giza

Faraó Khufu

Queóps

Egito

2.580 aC



Materiais Estruturais

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

PHD Engenharia

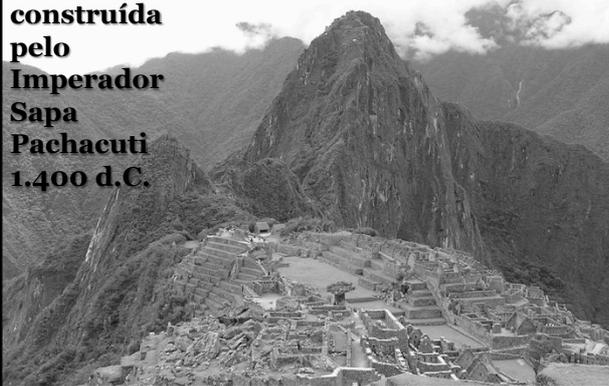
A Grande Revolução

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

PHD Engenharia

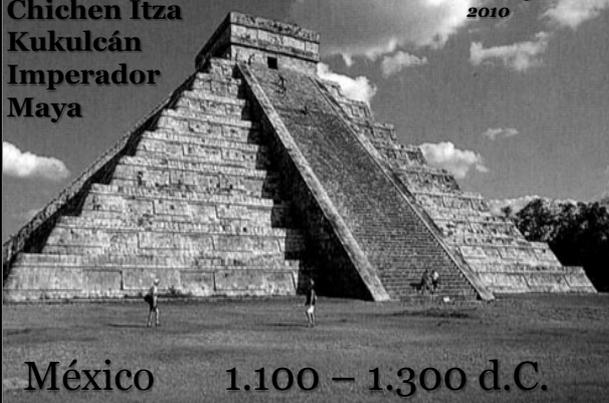
Machu Picchu
construída pelo Imperador Sapa Pachacuti 1.400 d.C.

650.000 turistas 2010



Pirâmide de Chichen Itza
Kukulcán Imperador Maya

1.050.000 visiting tourists 2010



México 1.100 – 1.300 d.C.

O conceito de construir com durabilidade existe desde a antiguidade

razão áurea $C/L = 1,618$
número phi (Phidias)

Arquitetos Ictinos de Mileto e Calícrates Phidias



Pártenon, 440 aC
“século de Péricles”



Cartagena das Índias



Ouro Preto



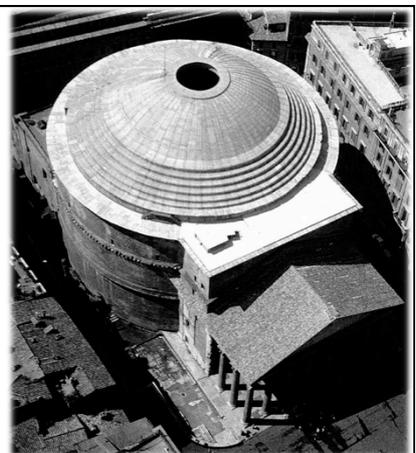
Parati



**Quando o concreto
(estrutural) APARECEU
PELA PRIMEIRA VEZ NA
HISTÓRIA?**

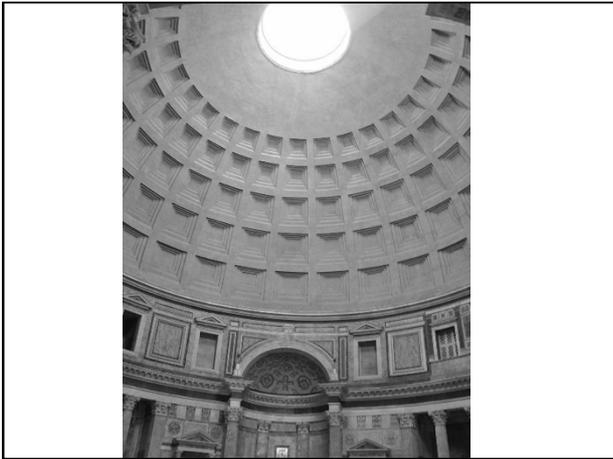
PhD Engenharia

Panteão de Roma





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



Séculos históricos

IV → Estilo Bizantino → Catedral Santa Sophia, Istambul

IX → Estilo Românico → Abadia Cluny, França

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

XV → Estilo Renascentista

XVII → Estilo Barroco → Catedral São Pedro, Bernini

XVII → Estilo Neoclássico → Arco do Triunfo, Paris

PhD Engenharia

Catedral de Notre Dame



1163-1330

Abóbada da nave central → 35 m de altura

Séculos históricos

IV → Estilo Bizantino → Catedral Santa Sophia, Istambul

IX → Estilo Românico → Abadia Cluny, France

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

XV → Estilo Renascentista

XVII → Estilo Barroco → Catedral San Pedro, Bernini

XVII → Estilo Neoclássico → Arco do Triunfo, Paris

XIX → Estruturas metálicas

PhD Engenharia

Primeira Ponte Metálica → 1.779 d.C. Coalbrookdale Bridge em Telford, Inglaterra

Ainda hoje em uso suportando tráfego leve e de pedestres



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

Fundação em rocha e alvenaria de blocos de rocha



II Grande Revolução

A Arquitetura de Estruturas podia projetar obras antes inimagináveis, com muito mais velocidade e segurança para vencer grandes vãos, e podia construir alturas como nunca antes vistas.



Onde estão os edifícios comerciais e habitacionais?

O que aconteceu?

PhD Engenharia



Palácio de Westminster → Houses of Parliament
1.868 dC Big Ben

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

PhD Engenharia



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

**Século “XX”
1892**

**Aparece um
novo material**

Concreto Armado

Primeiras Normas sobre Estruturas de Concreto

- 1903 ⇨ **Suíça**
- 1904 ⇨ **Alemanha**
- 1906 ⇨ **França**
- 1907 ⇨ **Inglaterra**



**Systeme
Hennebique**
Paris, Rue Danton

7 andares
França 1.901
30m

$f_{ck} = ?$
112 anos !

edifício em concreto mais antigo do mundo

Palácio Salvo
Montevideu

27 andares

Uruguai 1925

103m

$f_{ck} = ?$

85 anos !

world record

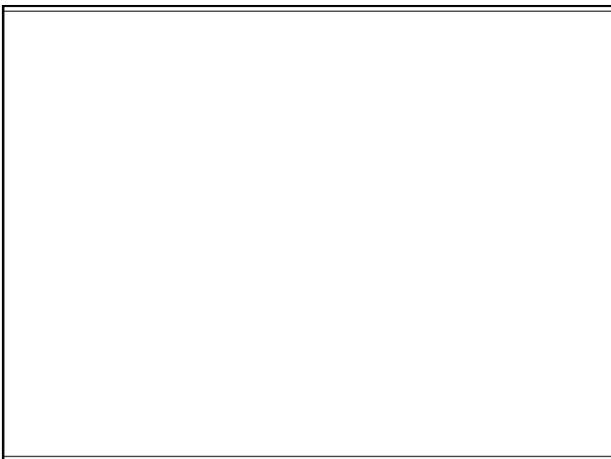
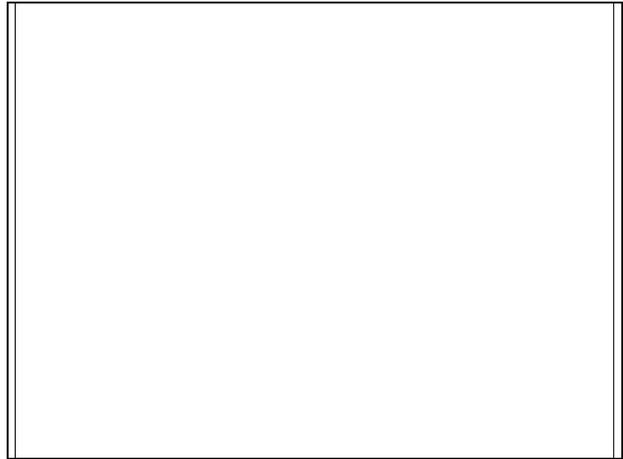
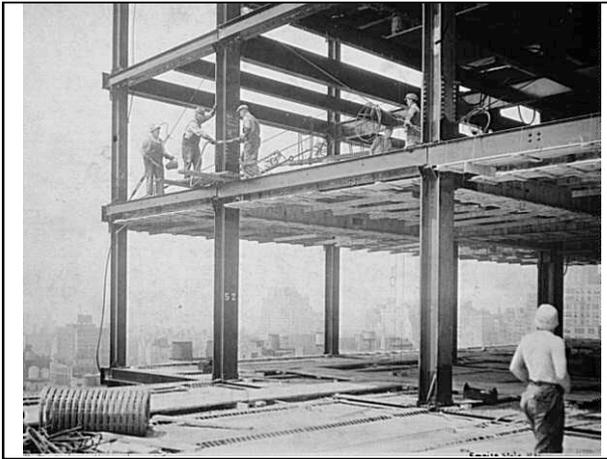




**Edifício
Martinelli**
1929
106m
81 anos
world record
São Paulo, Brasil



Empire State Building
381m , New York, 1.931



Século XX

1.928

“novo material estrutural”

Concreto Protendido

Eugene Freyssinet

PAD Engenharia



PONTE SOBRE o RIO GUAMÁ
“O COLOSSO DO PARÁ”



Ponte Rio Guamá
Belém Pará 320m de luz 2003



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

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

Vida Útil
100 anos!

José Carlos de Figueiredo Ferraz

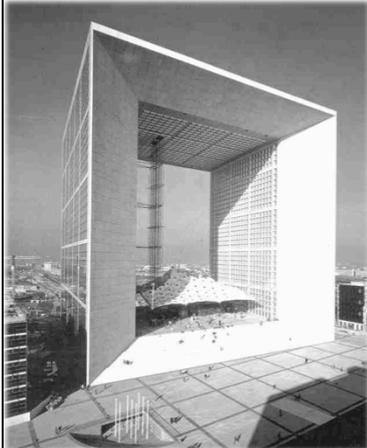


Lina Bo Bardi

MASP Museu de Arte São Paulo **1968**

III Grande Revolução

A Arquitetura de estruturas podia ousar muito mais pois se descobriu como combinar dois materiais fantásticos. O concreto teria a durabilidade da rocha, era compatível com o aço e ainda o protegia “eternamente”



Grand Arch
La Defense

Paris

França 1990

$f_{ck} = 60 \text{ MPa}$

“high-tech style”



Petronas Towers
Cesar Pelli

Kuala Lumpur

Malasia 1.997

452m

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

before/after



TAIPEI 101
Shanghai World Financial Centre

Taiwan, China

2005

509m

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

steel / concrete



Firmitas
estável e durável

PhD Engenharia



**Centro
 Empresarial
 Nações
 Unidas**

Torre Norte

São Paulo
 1997

Altura 179 m

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

PhD Engenharia



250 anos de garantia.

CONCRETO ENGENMIX

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

PhD Engenharia

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)

Sustentável

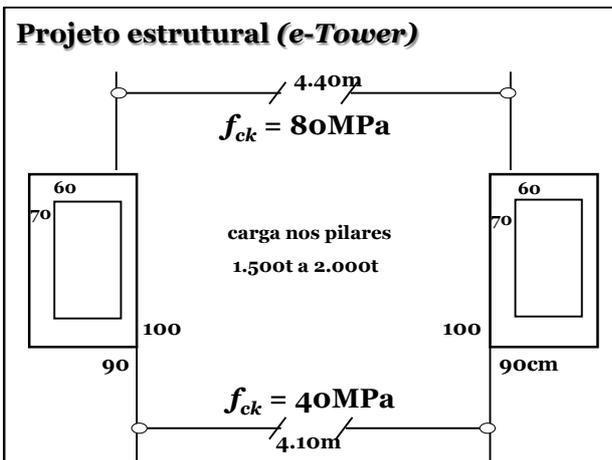
Até hoje pode-se considerar como os grandes marcos da pesquisa, da inovação e do desenvolvimento em construção civil

PhD Engenharia



TECNUM
CONSTRUTORA

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



Economia de recursos naturais

Original:
 $f_{ck} = 40\text{MPa}$
 seção transversal $\rightarrow 90\text{cm} \times 100\text{cm}$
 $0,90\text{m}^2$

HPC / HSC:
 $f_{ck} = 80\text{MPa}$
 seção transversal $\rightarrow 60\text{cm} \times 70\text{cm}$
 $0,42\text{m}^2$

Economia de recursos naturais

- **70% menos areia**
- **70% menos brita**
- **53% menos concreto**
- **53% menos água**
- **20% menos cimento**

PhD Engenharia

Considerações Finais

baseadas no CTBUH → Council on Tall Buildings and Urban Habitat

PhD Engenharia

Edifícios Altos

Segundo o Council on Tall Buildings and Urban Habitat - CTBUH, um edifício é considerado arranha-céu quando sua altura supera os 300m (>75 andares)

PhD Engenharia

Edifícios Altos



Tabela comparativa

Material	Construídos		Em construção	Em projeto
	até 2002	de 2002 a 2012		até 2020
Aço	10	3	4	-
Concreto	8	18	18	4
Composto	14	13	32	4
total	32	34	54	8

fonte: <http://www.skyscrapercenter.com/>



Em 1.997 as torres gêmeas Petronas, em Kuala Lumpur, construídas em concreto, superaram em altura a torre metálica Sears em Chicago

Passados poucos anos e até 2020, haverá 96 novos edifícios com altura superior a 300m

PhD Engenharia

Desse total de 96

“arranha-céus”:

- 40 são em concreto
- 49 são compostos
- apenas 7 são de aço



Edifícios Altos



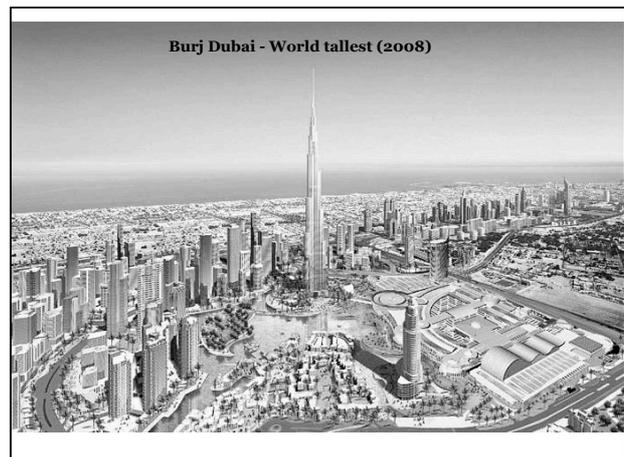
Tabela comparativa

Materiais	edifícios			
	até 2002	%	de 2002 a 2012	%
Aço	10	31%	7	7%
Concreto	8	25%	40	42%
Composto	14	44%	49	51%

fonte: <http://www.skyscrapercenter.com/>

O mais alto edifício do mundo, o Burj Khalifa, em Dubai, com 820m, foi construído com concreto

PhD Engenharia



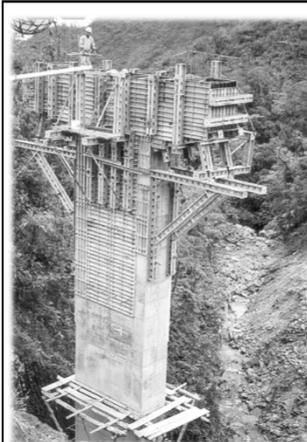
Em 100anos, o concreto superou todos os limites e fronteiras do conhecimento em Arquitetura e Engenharia de projeto e de construção !

e... continua em franca evolução, sem previsão de limites ou de substituição!

PhD Engenharia

Os Arquitetos e os Engenheiros Cívicos 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.



A Educação Continuada, a responsabilidade e o comprometimento no exercício profissional, a pesquisa e o bem projetar, controlar e construir, com ética e qualidade, é a chave para manter essa importância e vocação da arquitetura e engenharia civil brasileiras.

**Não basta ser
estudante
da EEP...**



***Tem que ser
Civil***



PHD Engenharia

