

*workshop internacional: soluções em engenharia para  
obras de infraestrutura com ênfase na pré-fabricação em  
concreto e na sustentabilidade*

# Concreto e Sustentabilidade das Estruturas

**Paulo Helene**

*Diretor PhD Engenharia*

*Prof. Titular Universidade de São Paulo USP  
member fib(CEB-FIP) Service Life of Concrete Structures*

*Conselheiro Permanente IBRACON  
Presidente ALCONPAT*

FIRJAN

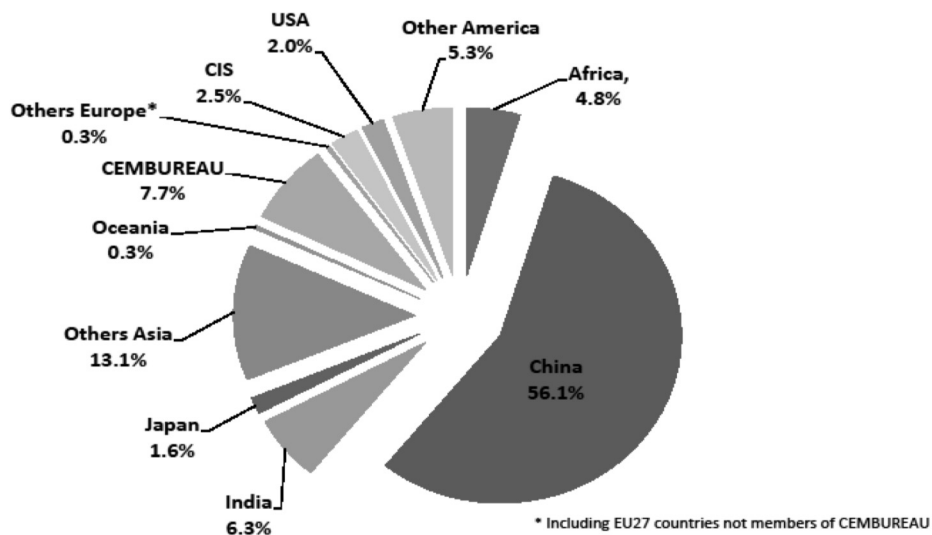
21 de julho de 2011

Rio de Janeiro

1

## O Concreto em 2010

World cement production 2010, by region and main countries  
3.3 billion tonnes



2

## O Concreto em 2010

---

3,3 bilhões de t de cimento  
*60% para concreto*  
2 bilhões de t de cimento  
*320kg/m<sup>3</sup>*  
6,2 bilhões de m<sup>3</sup>  
16 bilhões de t  
4 bilhões de m<sup>3</sup> de agregado  
1,2 trilhões de litros de água

3

3

## O Concreto e a Sustentabilidade na Construção Civil

---

Consumo de recursos naturais

**10 ton/hab.ano**

países desenvolvidos 45 – 85 ton/hab.ano

Direitos Reservados 2009

4

4

## O Concreto em 2010 (sustentabilidade)

---

- ✓ produção e transporte de matérias primas
- ✓ produção de concreto
- ✓ transporte de concreto de central
- ✓ transporte de pre moldados
- ✓ execução da estrutura
- ✓ vida útil
- ✓ operação e uso da estrutura
- ✓ demolição
- ✓ reciclagem

5

5

## O Concreto em 2010 (sustentabilidade)

---

- ✓ produção e transporte de matérias primas
- ✓ **produção de concreto**
- ✓ transporte de concreto de central
- ✓ transporte de pre moldados
- ✓ **execução da estrutura**
- ✓ vida útil da estrutura
- ✓ operação e uso da estrutura
- ✓ demolição
- ✓ reciclagem

6

6

## **O Concreto em 2010 → UK**

### **1. resíduos**

---

- ✓ consumiu 1.300.000 de t de resíduos
- ✓ gerou (6%) 83.000 de t de resíduos
- ✓ aditivo gera < 1kg/t
- ✓ pre moldado gera < 5kg/t
- ✓ cimento gera < 9kg/t
- ✓ concreto central gera < 10kg/t
- ✓ concreto in loco gera > 40kg/t

7

7

## **O Concreto em 2010 → Brasil**

### **1. resíduos**

---

*CBC2010 52º IBRACON*

*Implantação de modelo sustentável para centrais dosadoras de concreto  
(programa de Perda Zero)*

*Luiz de Brito Prado Vieira*

*Engemix/Votorantim*

Princípio: usar aditivos para controlar pega

Lavagem do balão gerava 100kg de resíduo e consumia 800L de água

Após o piloto, previa-se que o PPZ iria economizar R\$

1,45/m<sup>3</sup> em reaproveitamento de matérias-primas, em 2009 a

economia foi em R\$ 2,23/m<sup>3</sup>, e em 2010, com todas as filiais

capacitadas no projeto, a economia hoje é de R\$ 3,03/m<sup>3</sup> o

que em massa monetária representa para a Engemix um

pouco mais que R\$ 11 milhões/ano.

8

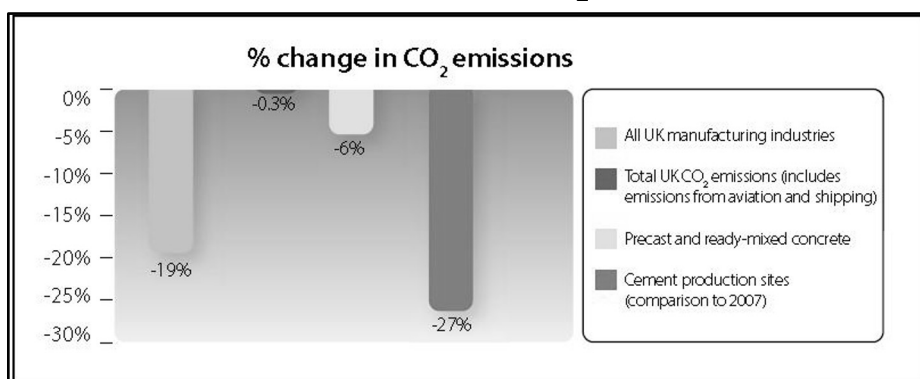
8



## O Concreto em 2010 → UK

### 2. emissão de CO<sub>2</sub>

- ✓ 85% do CO<sub>2</sub> decorreu do clínquer
- ✓ 15% do CO<sub>2</sub>
- ✓ de 1990 a 2010 reduziu CO<sub>2</sub> em 27%



9

## 2º INVENTÁRIO NACIONAL DE GASES DE EFEITO ESTUFA

- O 2º Inventário Nacional de GEE foi feito em 2010

### Indústria do cimento

Emissão média mundial 5%

Emissão média brasileira 1,1%

2,2%

16,5%

1,1%\*

1,0%

57,7%

21,9%

Brasil (2005): 2,2 Bi toneladas de CO<sub>2</sub>

Uso do Solo e Queimadas

Trat. de Resíduos

Energia

Processos Industriais

Agropecuária

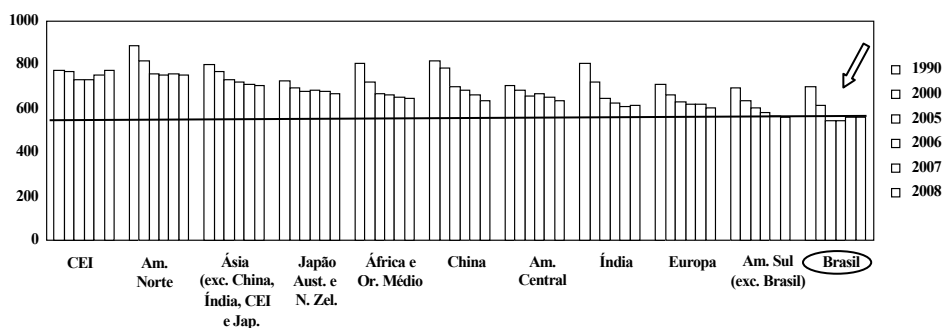
Fonte: MCT

(\*) Resultado preliminar

10

## EMISSÕES DE CO<sub>2</sub> DO CIMENTO (CSI)

### ■ Emissões de CO<sub>2</sub> por tonelada de cimento (kg/ton)

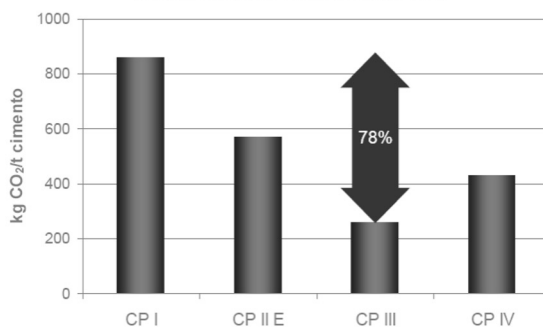


Fonte: CSI

11

## O Concreto e a Sustentabilidade na Construção Civil

### Intensidade de CO<sub>2</sub> Cimentos Brasileiros



Carvalho, 2001

Direitos Reservados 2009

12

12

## O Concreto em 2010 → UK

### 3. energia

---

Sector	Energy used
Aggregate	12.7 kWh/t <sup>17</sup>
Fly ash	9.3 kWh/t <sup>18</sup>
GGBS	238 kWh/t <sup>19</sup>
Admixtures	2.500 kWh/t <sup>20</sup>
Cement	1.194 kWh/t <sup>21</sup>
Ready-mixed	4.6 kWh/t
Precast	52.9 kWh/t

13

13

### *COMBUSTÍVEIS ALTERNATIVOS*

---

**Segundo o WBCSD – CSI, no estudo “Getting the Numbers Right” (GNR):**

**“Brazil is the leader in the use of biomass as substitute fuel, with 12% of total thermal energy generated.**

**Adding 9% fossil waste, Brazil also replaces more than one fifth of fossil fuels with alternative fuels”.**

---

14

## O Concreto em 2010 → UK

### 4. água

<b>Sector</b>	<b>Water</b>
<b>Aggregate</b>	<b>48 L/t</b>
<b>Fly ash</b>	<b>0</b>
<b>GGBS</b>	<b>11 L/t</b>
<b>Admixtures</b>	<b>650 L/t</b>
<b>Cement</b>	<b>45 L/t</b>
<b>Ready-mixed</b>	<b>59 L/t</b>
<b>Precast</b>	<b>110 L/t</b>

15

15

## O Concreto e a Sustentabilidade na Construção Civil

Como pode o setor de concreto contribuir  
para o movimento global de  
“sustentabilidade” na construção civil?

→ CISCF → UK Concrete Industry Sustainable Construction Forum  
→ European Concrete Platform ASBL. Sustainable Benefits of Concrete Structures. Feb. 2009  
→ The Concrete Centre. The Environmental, Social and Economic Sustainability Credentials of Concrete. Dec. 2009  
→ Comitê Técnico de Meio Ambiente do IBRACON. 1996-2009. Presidente: Prof. Dr. Salomon Mony Levy

Direitos Reservados 2009

16

16

## O Concreto e a Sustentabilidade na Construção Civil

---

### O que é LEED?

*(Leadership in Energy and Environmental Design)*

Certificação para edifícios sustentáveis criada e concedida pela ONG norte-americana *U.S. Green Building Council (USGBC)*, no Brasil essa certificação é feita pelo Green Building Council Brasil.



Direitos Reservados 2009

17

17

## O Concreto e a Sustentabilidade na Construção Civil

---

A certificação *LEED* se baseia em critérios que avaliam:

- ***espaço sustentável;***
- ***localização;***
- ***entorno;***
- ***eficiência no uso de água e energia;***
- ***uso de materiais;***
- ***qualidade ambiental interna;***
- ***inovação;***
- ***e processos.***

Direitos Reservados 2009

18

18

## O Concreto e a Sustentabilidade na Construção Civil

Porque controla o edifício e não a estrutura ou a construção?

*É concedido conforme os critérios de racionalização global dos recursos do edifício (energia, água, meio ambiente, etc.)*

*São avaliadas as fases de projeto arquitetônico, construção e de utilização da edificação em toda sua vida útil.*

Direitos Reservados 2009

19

19

## O Concreto e a Sustentabilidade na Construção Civil

Alguns Empreendimentos com certificação *LEED* no Brasil:



$f_{ck}$  de projeto: 50MPA  
Utilização de Protensão para redução de dimensões da estrutura.

Rochaverá Corporate Towers  
São Paulo/SP

Direitos Reservados 2009

20

20

## O Concreto e a Sustentabilidade na Construção Civil

Alguns Empreendimentos com certificação *LEED* no  
Brasil:



$f_{ck}$  de projeto: 50MPA  
Utilização de Protensão para  
redução de dimensões da  
estrutura.

Ventura Corporate Towers  
Rio de Janeiro/RJ

Direitos Reservados 2009

21

21

## O Concreto e a Sustentabilidade na Construção Civil

Alguns Empreendimentos com certificação *LEED* no  
Brasil:



$f_{ck}$  de projeto: 50MPA

Eldorado Business Tower  
São Paulo/SP

Direitos Reservados 2009

22

22

## Paradoxo!

---

Como o consumo de cimento e de concreto que são utilizados como índices de desenvolvimento de uma nação, podem, ao mesmo tempo serem utilizados como índices de degradação do meio ambiente?

*Uma das respostas está em pensar na estrutura, na obra, no produto final, e não nos materiais isoladamente*

## Qual o problema?

---

**Aquecimento Global (Global Warming) no qual a indústria tem contribuição destacada ao lado do chamado “modo de viver” de vários dos cidadãos ingênuos que vivem nos países desenvolvidos.**

**Atualmente os países desenvolvidos emitem cerca de 66% do total de gases estufa do planeta e se considerado per capita essa contribuição nefasta pode chegar a 80%.**

*“Weather Makers, by Tim Flannery. 2005”*



## **Como reduzir o aquecimento global?**

---

- 1. reduzir emissão de gases estufa**
- 2. reduzir energia consumida**
- 3. reduzir consumo de recursos naturais não renováveis**
- 4. desmaterializar → construir mais com menos**
- 5. mudar o “modo de viver de alguns”**

## **1. Como reduzir emissão de gases estufa, sem prejudicar desenvolvimento e qualidade de vida?**

---

- **Sequestrar o CO<sub>2</sub> gerado nos processos industriais**

**ou**

- **Reduzir as emissões de GHG (gás estufa) nos processos industriais e no modo de viver de alguns**

## **Fixação (sequestro) de CO<sub>2</sub>**

---

- **Trata-se de procedimentos de captura das emissões de GHG e fixação destes gases na superfície da crosta terrestre ou enterrados no solo**
- **O próprio concreto e as argamassas de base cimento sequestram e fixam CO<sub>2</sub> através dos inevitáveis processos de carbonatação (CaO.CO<sub>2</sub>)**
- **Ainda não há procedimentos viáveis para sequestro de CO<sub>2</sub> em larga escala nas indústrias (Calera Process).**

## **Como reduzir as emissões de GHG (gás estufa) nos processos industriais?**

---

**Atuando sobre a fabricação dos materiais constitutivos das estruturas de concreto:**

- **cimento;**
- **agregado miúdo;**
- **agregado graúdo;**
- **água;**
- **aditivos;**
- **armadura / aço;**
- **fôrmas;**

## Sustentabilidade na Construção Civil

---

1. **reduzir desperdício na construção civil**
2. aperfeiçoar processos de fabricação de cimento e aço
3. reduzir consumo de aço, madeira e cimento
4. aumentar uso de adições e aditivos
5. aumentar uso de agregados reciclados
6. aumentar uso de concreto de elevada vida útil
7. aumentar uso de concreto de alta resistência

Direitos Reservados 2009

29

29

## Desperdício

---

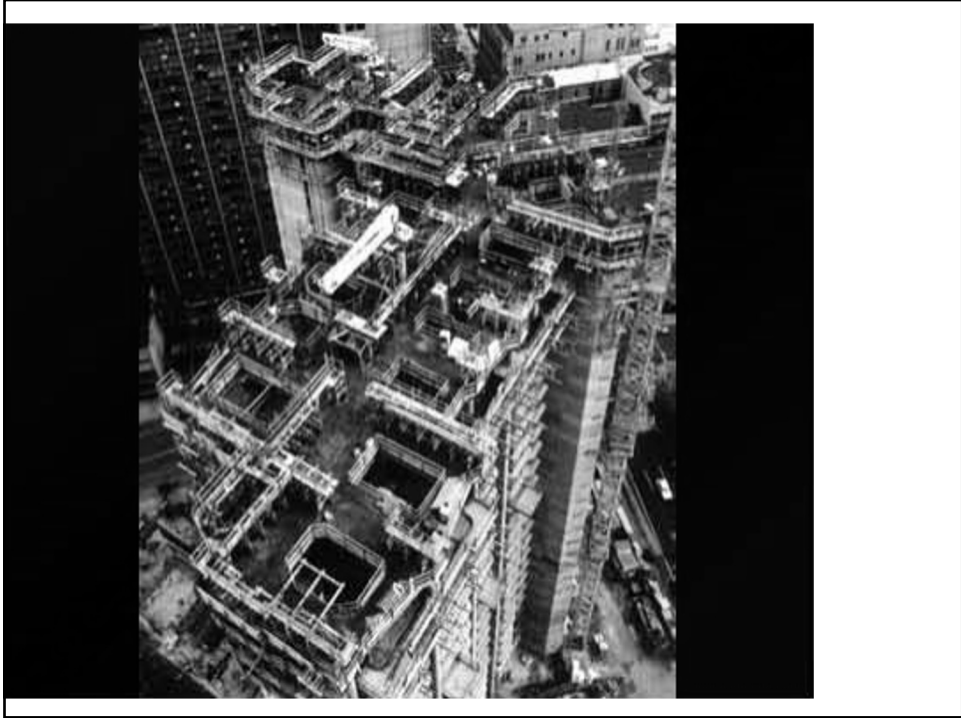
**O desperdício no concreto é de 2% enquanto na Construção Civil (alvenarias, pisos, etc.) pode ser de...**



Direitos Reservados 2009

30

30



31



32



33

### **Alternativas para tornar as Estruturas de Concreto ainda mais “verdes”**

---

1. reduzir desperdício na construção civil
2. aperfeiçoar processos de fabricação de cimento e aço
3. reduzir consumo de madeira, aço e cimento
4. aumentar uso de adições e aditivos
5. aumentar uso de agregados reciclados
6. **aumentar uso de concreto de elevada vida útil**
7. aumentar uso de concreto de alta resistência

*Reduzir.Reaproveitar.Reciclar.Raciocinar*

Direitos Reservados 2009

34

34

## Centro Empresarial Nações Unidas



Torre Norte  
 São Paulo - 1997  
 Altura 179 m  
 $f_{ck} = 50\text{MPa}$

Direitos Reservados 2009

35

35

# 250 anos de garantia.

Quantidade de segurança, tecnologia e competência, precisão de Engenharia. Como a M&B Engenharia precisou, quando foi melhor a tecnologia? Na torre norte do Centro Empresarial Nações Unidas, um bloco de 30 x 30m x 2m, correspondente a 250m<sup>2</sup> de concreto, lançado em 23 horas consecutivas. Com a utilização de 300 toneladas de gesso para controlar a temperatura do concreto, volume equivalente a um colégio de 4m x 4m x 2m. Quando a Construtora Ayo precisou, para a execução da estrutura de concreto, um milhão de componentes a 100 metros, e mais oito de São Paulo, com 20.000 m<sup>2</sup> de CAD, o concreto de alto desempenho Estaluda que hoje está sendo reconhecido por qualidade e resistência como um dos grandes sucessos de execução do CAD, e mais nova tecnologia em sistemas de concretagem, mesmo no 1º estágio. É a mais utilizada no CAD do Brasil, e não deixa de ser a melhor por tipo de problema, pela primeira vez, em 2008, segundo pesquisa e estudos realizados por consultoria e serviços especializados para o desenvolvimento e avaliação de obras, respectivamente.

É a construção do melhor do mundo 2008, e o maior trabalho de lançamento de concreto em altura, 158 metros.

Em menos de 4 horas, foram bombeadas quase 60 m<sup>3</sup> de concreto Pro Max. Bombas de segurança de concreto que suportaram carga de 3 m de concreto em uma de largura, espessura e 20 toneladas.

O resultado é que, hoje, o Centro Empresarial Nações Unidas também é uma referência para os técnicos de concreto e para os engenheiros e arquitetos que trabalham com concreto. Uma referência de qualidade, mas também de duração do tempo de concretagem, potencialização das propriedades dos agregados, redução da trincas do concreto na aplicação, distribuição de resistência e de características do concreto na forma.

Quantidade de estrutura segura em tecnologia não convencional, Chama e Engenharia.

**CONCRETO ENGEMIX**

36

## Sustainable 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*

Direitos Reservados 2009

37

37

## Alternativas para tornar as Estruturas de Concreto ainda mais “verdes”

---

1. reduzir desperdício na construção civil
2. aperfeiçoar processos de fabricação de cimento e aço
3. **reduzir consumo de madeira, aço e cimento**
4. **aumentar uso de adições e aditivos**
5. aumentar uso de agregados reciclados
6. aumentar uso de concreto de elevada vida útil
7. **construir mais com menos**

Direitos Reservados 2009

38

38

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



40



41





42



43

**Como tornar as estruturas de concreto ainda mais sustentáveis?**

---

# **Empregando concreto de alta resistência HSC**

Direitos Reservados 2009

44

44

**As Estruturas de Concreto e a Sustentabilidade**

---

**▪CO<sub>2</sub>?**

**▪Energia?**

**▪Recursos naturais?**

**▪Vida Útil?**

*(Life Cycle Analysis)*

Direitos Reservados 2009

45

45

## As Estruturas de Concreto e a Sustentabilidade

### Pilar para 500t

$$f_{ck} = 20\text{MPa}$$

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

46

Considerando um pilar central típico de um edifício de 20 andares secção quadrada, 3m de altura, armadura principal

Força normal característica = 500 tf

$f_{ck}$ (MPa)	taxa de armadura (%) → total do pilar	seção (cm)	adotado (cm)
20	0.4 → 49kg	71.8 x 71.8	72 x 72
50	0.4 → 24kg	46.9 x 46.9	50 x 50
20	4.0 → 255kg	51.2 x 51.2	52 x 52
50	4.0 → 151kg	39.5 x 39.5	40 x 40

47

## As Estruturas de Concreto e a Sustentabilidade

---

$$f_{ck} = 20\text{MPa}$$

*Cimento = 280 kg/m<sup>3</sup>*

*Areia = 845 kg/m<sup>3</sup>*

*Brita = 1036 kg/m<sup>3</sup>*

*Água = 210 kg/m<sup>3</sup>*

## As Estruturas de Concreto e a Sustentabilidade

---

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

*Cimento = 420 kg/m<sup>3</sup>*

*Areia = 801 kg/m<sup>3</sup>*

*Brita = 1010 kg/m<sup>3</sup>*

*Água = 160 kg/m<sup>3</sup>*

## Emissões gasosas e energia consumida

Material	NOx (kg/t)	CO <sub>2</sub> (kg/t)	GWP (kg/t)	Energia consumida (kWh/t)
Clinker Portland (≈ CP I)	1,85	855	1447 (880)	998
ferro gusa (minério)				
CA 50 & CA 60 (sucata)	4,43	1588 380	3006 719	5.060 20.000

*\*Global warming potential (GWP) is a measure of how much a given mass of greenhouse gas is estimated to contribute to global warming. It is a relative scale which compares the gas in question to that of the same mass of carbon dioxide.*

Direitos Reservados 2009

50

50

## Concreto estrutural *f<sub>ck</sub> 20MPa*

	Para 1 m <sup>3</sup>	GWP kg/t	GWP kg/m <sup>3</sup>	Energia kWh/m <sup>3</sup>
Cimento CP I	280kg	1447	405	280
Areia	845kg	0	0	1
Pedra	1036kg	0	0	12
Água	210kg	0	0	0
Aço	32kg 315kg	719	23 226	640 6300
Formas 12 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> 6 reutilizações chapa de 1,4cm	0,0280 m <sup>2</sup>	0	0	43
<b>TOTAL</b>			<b>428 631</b>	<b>933 6636</b>

Direitos Reservados 2009

51

51

## **Concreto estrutural** ***f<sub>ck</sub> 50MPa***

	Para 1 m <sup>3</sup>	GWP kg/t	GWP kg/m <sup>3</sup>	Energia kWh/m <sup>3</sup>
Cimento CP I	420kg	1447	607	419
Areia	801kg	0	0	3
Pedra	1010kg	0	0	12
Água	160kg	0	0	0
Aço	32kg	719	23	640
	315kg		226	6300
Formas 12 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> 6 reutilizações chapa de 1,4cm	0,0280 m <sup>2</sup>	0	0	43
<b>TOTAL</b>			<b>630</b> <b>833</b>	<b>1117</b> <b>6777</b>

Direitos Reservados 2009

52

52

## **1 m<sup>3</sup> de Concreto** **estrutural**

Material	Tipo	<i>f<sub>ck</sub></i> MPa	GWP kg/m <sup>3</sup>	Energia kWh/m <sup>3</sup>
concreto armado	CP I	20	428 / 631	933 / 6636
concreto armado	CP III	20	140 / 344	777 / 6437
concreto armado	CP I	50	630 / 833	1117 / 6777
concreto armado	CP III	50	199 / 402	820 / 6480

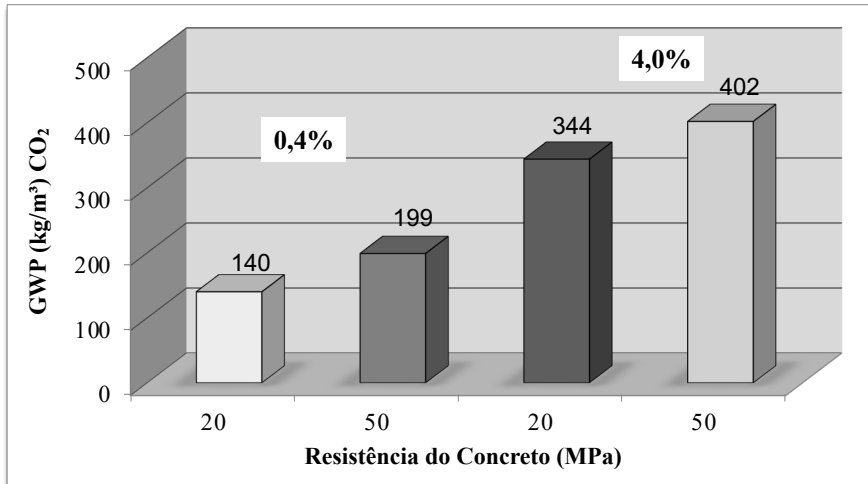
0,4% & 4% de  
taxa de armadura

Direitos Reservados 2009

53

53

## 1 m<sup>3</sup> de concreto estrutural com CP III 40

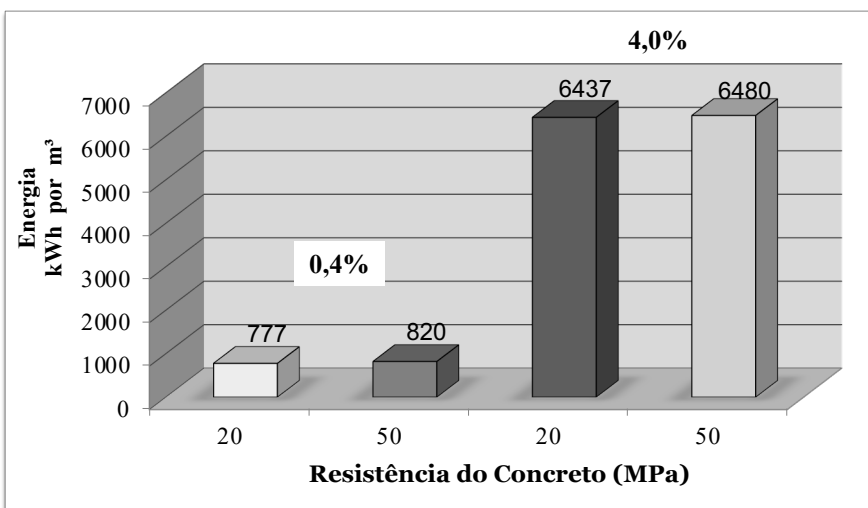


Direitos Reservados 2009

54

54

## 1 m<sup>3</sup> de concreto estrutural com CP III 40

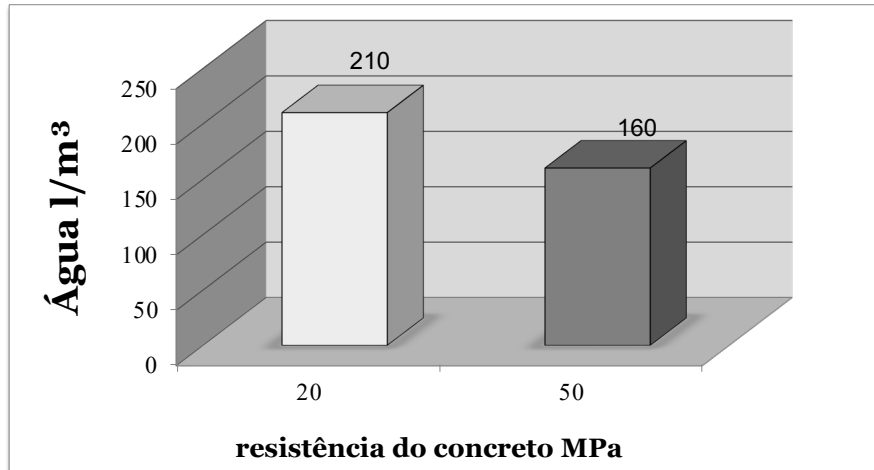


Direitos Reservados 2009

55

55

## ***1 m<sup>3</sup> de concreto estrutural com qualquer cimento***



Direitos Reservados 2009

56

56

## **Pilar com 3m 0,4% armadura, 500tf, com CP III**

<b>Material</b>	<b><math>f_{ck}</math> MPa</b>	<b>seção cm</b>	<b>energia kWh</b>	<b>GWP kg</b>
<b>concreto armado</b>	<b>20</b>	<b>72x72</b>	<b>1208</b>	<b>218</b>
<b>concreto armado</b>	<b>50</b>	<b>50x50</b>	<b>615</b>	<b>149</b>

Direitos Reservados 2009

57

57



## Pilar com 3m 4% armadura, 500tf com CP III

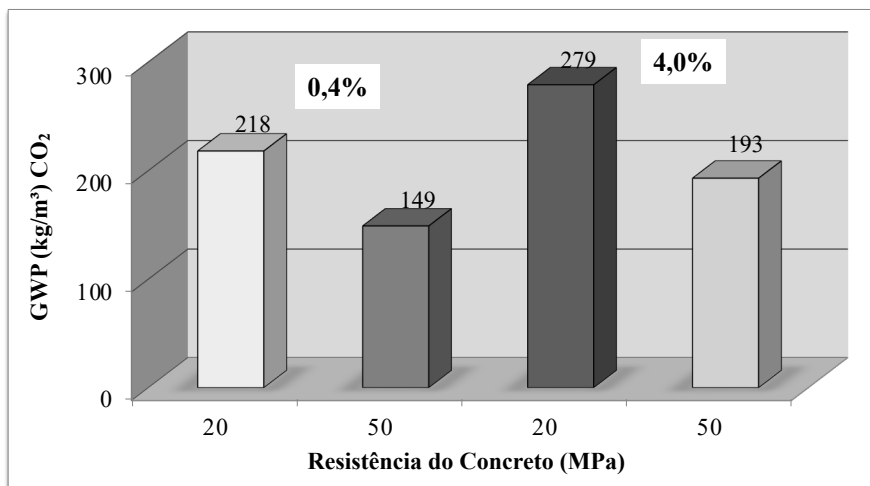
Material	$f_{ck}$ MPa	Seção cm	energia kWh	GWP kg
concreto armado	20	52x52	5221	279
concreto armado	50	40x40	3110	193

Direitos Reservados 2009

58

58

## Pilar com 3m de altura, seção quadrada, 500tf com CP III

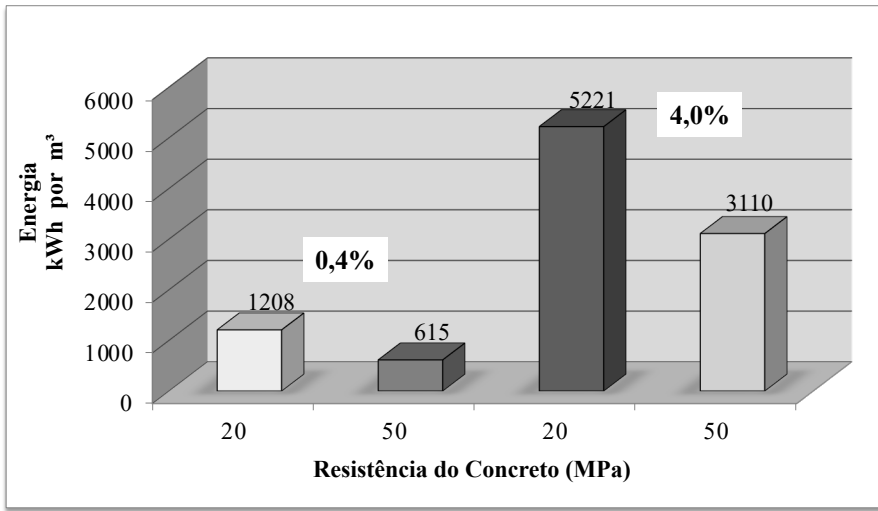


Direitos Reservados 2009

59

59

### Pilar com 3m de altura, seção quadrada, 500tf com CP III

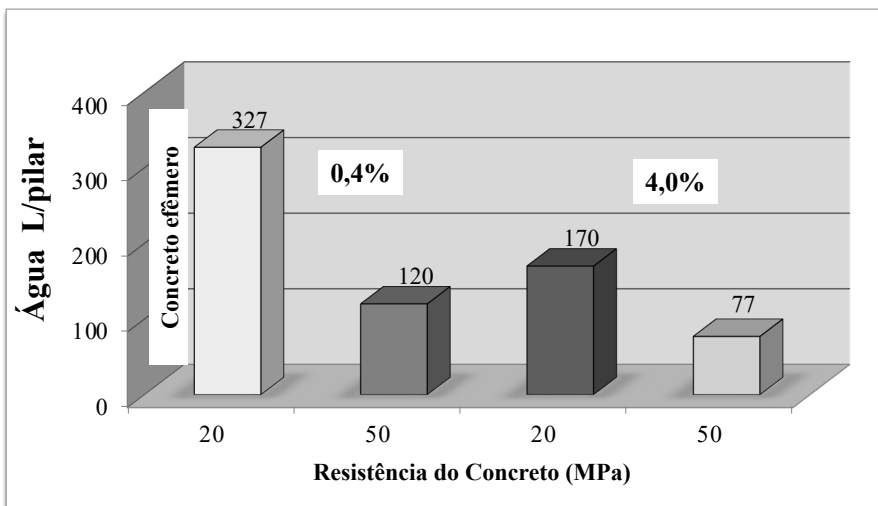


Direitos Reservados 2009

60

60

### Pilar com 3m de altura, seção quadrada, 500tf com CP III



Direitos Reservados 2009

61

61

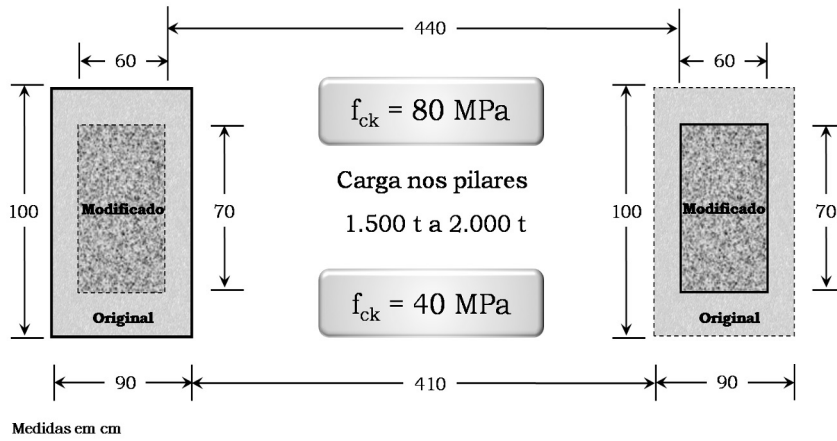


62

<h2><i>e-Tower</i></h2>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Edifício e-Tower SP</li> <li>▪ 42 andares</li> <li>▪ heliponto</li> <li>▪ piscina semi-olímpica</li> <li>▪ academia de ginástica</li> <li>▪ 2 restaurantes</li> <li>▪ concreto colorido</li> <li>▪ <math>f_{ck}</math> pilares = 80 MPa</li> </ul>	
<p><small>Direitos Reservados 2009</small></p>	<p>63</p>

63

## Projeto estrutural (e-Tower)



Direitos Reservados 2009

64

64



65

## Controle



66



67

## ***Economia de Recursos Naturais***

---

Original:

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

seção transversal → 90cm x 100cm

0,90m<sup>2</sup>

**HPC / HSC:**

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

**seção transversal → 60cm x 70cm**

**0,42m<sup>2</sup>**

68

## **Sustentabilidade**

---



- **70% menos areia**
- **70% menos pedra**
- **53% menos concreto**
- **53% menos água**
- **20% menos cimento**
- **31% menos área de fôrma**

69

# Sustentabilidade



- **25% mais de reaproveitamento de fôrma**
- **43% menos aço**
- **16 vagas a mais**
- **1000% vida útil maior**
- **100% desforma mais rápida**

# Pontos para Discussão

1. Adotar algo do tipo CO<sub>2</sub>/MPa → furado
2. Fixar um concreto de referência?  
20MPa; CP I; Slump 100mm; brita 2; sem aditivo
3. Fixar uma estrutura de referência: pilar, uma viga, uma laje?
4. Fazer a análise completa com formas, aço, espaços, reaproveitamentos, etc.?

## Pontos para Discussão

Conceito de rendimento:

O rendimento da relação resistência à compressão (MPa) / consumo de cimento ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) tem um ponto ótimo máximo, para cada traço e aumenta com o crescimento da resistência, ou seja, quanto maior a resistência de um concreto, maior seu rendimento em MPa/kg. (ou o inverso em  $\text{kg}/\text{MPa}$ )

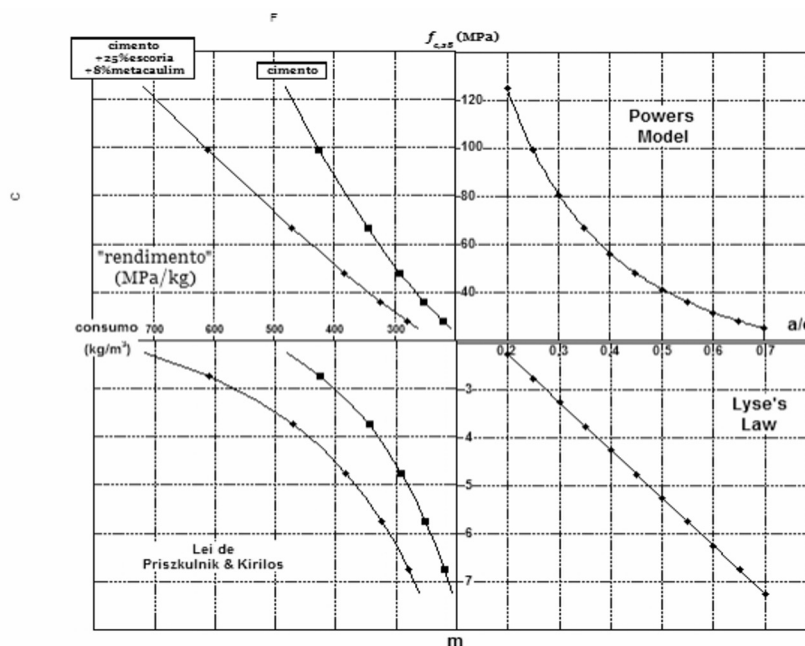
Um concreto corrente de 20 MPa pode ter rendimento baixo, da ordem de 0,08MPa/kg (12,5kg/MPa), enquanto um concreto de elevado desempenho e resistência pode ter rendimento alto, mais do que o dobro, da ordem de 0,20MPa/kg (5kg/MPa) a 0,40 MPa/kg (2,5kg/MPa).

Direitos Reservados 2009

72

72

## Pontos para Discussão



73



## Pontos para Discussão

---

Conceito de rendimento:

O rendimento no caso de considerar todos os materiais cimentícios variou neste caso de 0,17MPa/kg (5,8 kg/MPa) para  $f_c = 120$ MPa a 0,11MPa/kg (8,7 kg/MPa) para  $f_c = 40$ MPa.

Considerando apenas o consumo de cimento, obtêm-se 0,25 MPa/kg (4kg/MPa) para  $f_c = 120$  MPa e 0,15MPa/kg (6,7 kg/MPa) para  $f_c = 40$  MPa.

## Resumindo

---

1. A Engenharia de Concreto tem caminhado na direção certa?
2. A Engenharia de Concreto tem conhecimento de sua importância?
3. Como pode atuar para focar ainda mais?
4. È uma grande oportunidade de pesquisa na área de Engenharia de Materiais no Brasil?

- ✓ Qualidade de vida
- ✓ Economia de recursos
- ✓ Segurança / Robustez
- ✓ Compromisso Ambiental

---

Direitos Reservados 2009

76

- ✓ Adições
- ✓ Aditivos
- ✓ Coprocessamento
  - ✓ HSC / HPC
  - ✓ SCC
- ✓ Durabilidade

---

Direitos Reservados 2009

77

## Resumindo

---

1. A Engenharia de Concreto tem caminhado na direção certa?
2. A Engenharia de Concreto tem conhecimento de sua importância?
3. Como pode atuar para focar ainda mais?
4. È uma grande oportunidade de pesquisa na área de Engenharia de Materiais no Brasil?

Água  
Concreto  
Alimentos  
*per capita*  
*volume → importância social*

## Resumindo

---

1. A Engenharia de Concreto tem caminhado na direção certa?
2. A Engenharia de Concreto tem conhecimento de sua importância?
3. Como pode atuar para focar ainda mais?
4. È uma grande oportunidade de pesquisa na área de Engenharia de Materiais no Brasil?

- sequestro de CO<sub>2</sub>
- economia energia
- processo ?
- aumentar a ecoeficiência  
no uso

## Resumindo

---

1. A Engenharia de Concreto tem caminhado na direção certa?
2. A Engenharia de Concreto tem conhecimento de sua importância?
3. Como pode atuar para focar ainda mais?
4. É uma grande oportunidade de pesquisa na área de Engenharia de Materiais no Brasil?

- ✓ *Referência mundial → cimento + ecoeficiente*
  - ✓ *Mundo 850kg/t e Brasil 660kg/t*
  - ✓ *É o setor mais competitivo do Brasil*
- ✓ *Tem os melhores centros de pesquisa da AL*
  - ✓ *Tem recursos para pesquisa*
  - ✓ *Paga bem os pesquisadores*

## **Como reduzir o aquecimento global?**

---

- 1. reduzir emissão de gases estufa**
- 2. reduzir energia consumida**
- 3. reduzir consumo de recursos naturais não renováveis**
- 4. usar racionalmente o concreto (mais com menos)**
- 5. mudar o “modo de viver de alguns”**

Direitos Reservados 2009

84

## **Concreto Sustentável é aquele:**

---

- mais resistente**
- mais durável**
- mais humano (< ruído e < esforço físico)**
- consumir menos recursos materiais não renováveis**
- consumir menos água**
- consumir menos energia**
- produzir menos resíduos e entulho**

85

**Sustentabilidade combina**  
**em gênero, número e grau com**  
**Concreto Pré-Fabricado**

86



87



88



**Beleza  
Segurança  
Durabilidade**

Atestado por  
90 milhões  
de votos.

O **Concreto** tem respeito pelo  
**Meio Ambiente** por sua capacidade de:

- Ser reciclável
- Incorporar os rejeitos industriais
- Confinar materiais perigosos
- Fixar gás carbônico CO<sub>2</sub>

O **Concreto** é o **material estrutural** mais  
adequado para uma **construção sustentável**.

 | 

89





90