

*Seminário Nacional
Concreto uma Paixão Nacional*

O Concreto e a Sustentabilidade

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



**SOBRATEMA
CONGRESSO**



Associação Brasileira de Construção
Industrializada de Concreto



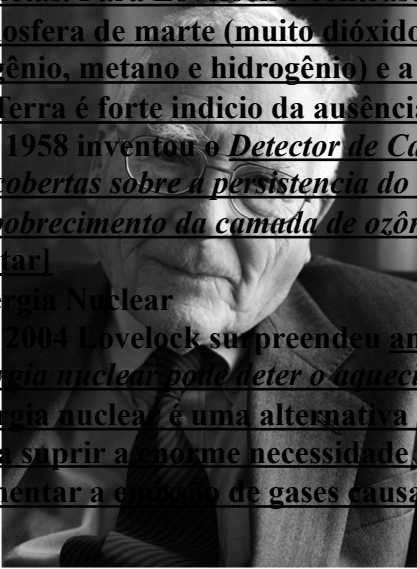
1

...ta escrevendo um novo livro, que compõe uma trilogia com "Revenge of Gaia: Why the Earth Is Fighting Back - and How We Can Still Save Humanity" e "The Vanishing Face of Gaia: A Final Warning: Enjoy It While You Can", publicados em português, respectivamente, com os títulos "A Vingança de Gaia" e "Gaia, Alerta Final". No novo trabalho, mais otimista, ele vai dizer como a humanidade pode ajudar a regular o planeta. O livro também registra a sua mudança de opinião: "O problema é que não sabemos que o clima está fazendo. A gente achava que sabia há 20 anos. Isso vou a alguns livros alarmistas — o meu inclusive — porque aquilo parecia claro, mas não aconteceu".

...ue bom, né, gente?

O clima está fazendo suas trapças de sempre. De fato, nada está acontecendo ainda. Nós deveríamos estar a meio caminho da catástrofe. O mundo não aqueceu desde o começo do milênio. A temperatura se mantém constante, quando deveria estar crescendo - dióxido de carbono está crescendo, sobre isso não há dúvida". Ele aponta que os filmes "Uma Verdade Inconveniente", de Al Gore, e "The Weather Makers", de Tim Flannery são também alarmistas.

2



Lovelock inventou muitos instrumentos científicos utilizados pela NASA para análise de atmosferas extraterrestres e superfície de planetas. Para Lovelock o contraste entre o equilíbrio estático da atmosfera de Marte (muito dióxido de carbono com pouquíssimo oxigênio, metano e hidrogênio) e a mistura dinâmica da atmosfera da Terra é forte indício da ausência de vida naquele planeta.

Em 1958 inventou o *Detector de Captura de Elétrons*, que auxiliou nas descobertas sobre a persistência do CFC e seu papel no empobrecimento da camada de ozônio.

[editar]

Energia Nuclear

Em 2004 Lovelock surpreendeu ambientalistas ao afirmar que "só a energia nuclear pode deter o aquecimento global". Para ele, apenas a energia nuclear é uma alternativa realista aos combustíveis fósseis para suprir a enorme necessidade de energia da humanidade, sem aumentar a emissão de gases causadores do efeito estufa.

3

James Ephraim Lovelock CH, CBE, FRS (Hertfordshire, 26 de julho de 1919) é um pesquisador independente e ambientalista que vive na Cornualha (oeste da Inglaterra).

4

*Seminário Nacional
Concreto uma Paixão Nacional*

O Concreto e a Sustentabilidade

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



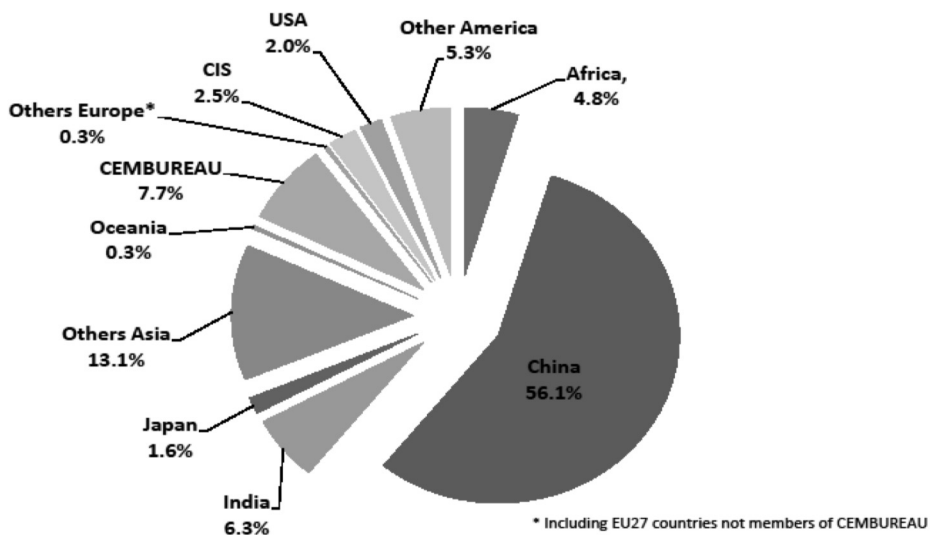
**SOBRATEMA
CONGRESSO**



5

O Concreto em 2010

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



6

O Concreto em 2010

3,3 bilhões de t de cimento

60% para concreto

2 bilhões de t de cimento

320kg/m³

6,2 bilhões de m³

16 bilhões de t

4 bilhões de m³ de agregado

1,2 trilhões de litros de água

7

7

O Concreto

Estima-se que 6% do total de gases estufa do planeta sejam decorrentes da produção de clínquer de cimento Portland e que a Construção Civil no geral seja responsável por 20% do total de emissões, sendo a principal no consumo de recursos naturais não renováveis.

8

8

Análise de Eco Eficiência

- ✓ **Consumo de energia**
- ✓ **Emissões de gases estufa**
- ✓ **Contaminação do solo e água**
- ✓ **Grau de toxidez**
- ✓ **Consumo de matéria prima**
- ✓ **Uso do espaço urbano**
- ✓ **Risco de acidentes**

9

9

Relatório de Sustentabilidade ROSSI 2010



Sustentabilidade.xps

**Membro Fundador do
U.S. Green Building Council Brasil
Categoria Platinum**

10

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

11

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.



12

LEED

**Leadership in Energy and Environmental Design
(Liderança em Energia e Projeto Ambiental)**

É um sistema de pontuação desenvolvido pelo USGBC (Estados Unidos Green Building Council dos EUA) para medir o desempenho ambiental de design, construção e manutenção de edifícios.

O sistema é usado para comparar o desempenho ambiental entre um edifício e outro pela soma de créditos de 1-110.

Os quatro níveis de certificação e pontuação são:

Certified	→ 40-49 créditos
Silver	→ 50-59 créditos
Gold	→ 60-79 créditos
Platinum	→ 80-110 créditos

13

13

O Concreto e a Sustentabilidade na Construção Civil

É concebido 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.

14

Green Building Design & Construction (BD&C)					
Category	PREVIOUS LEED-NC v.2.2		NEW 2009 LEED-BD&C v3*		CHANGE
	Prerequisites	Credits	Prerequisites	Credits	
Sustainable Sites	1	14	1	26	+12 credits
Water Efficiency	-	5	1	10	+1 prereq.; +5 credits
Energy & Atmosphere	3	17	3	35	+18 credits
Materials & Resources	2	13	2	14	+1 credit
Indoor Environmental Quality	3	15	3	15	no change
Innovation in Design	-	5	-	6	+1 extra credit
Regional Priority	-	-	-	4	+4 extra credit
Total Points	9	69	10	100 + 10	

*Point structure is shown for LEED for New Construction and Major Renovations. LEED for Core & Shell and LEED for Schools point structures vary.

Green Interior Design & Construction (ID&C)					
Category	PREVIOUS LEED-CI v.2.0		NEW 2009 LEED-ID&C v3		CHANGE
	Prerequisites	Credits	Prerequisites	Credits	
Sustainable Sites	-	7	-	21	+14 credits
Water Efficiency	-	2	1	11	+1 prereq.; +9 credits
Energy & Atmosphere	3	12	3	37	+25 credits
Materials & Resources	1	14	1	14	no change
Indoor Environmental Quality	2	17	2	17	no change
Innovation in Design	-	5	-	6	+1 extra credit
Regional Priority	-	-	-	4	+4 extra credit
Total Points	6	57	7	100 + 10	

Green Building Operations & Maintenance (O&M)					
Category	PREVIOUS LEED-EBOM v.2.0		NEW 2009 LEED-O&M v3		CHANGE
	Prerequisites	Credits	Prerequisites	Credits	
Sustainable Sites	-	12	-	26	+14 credits
Water Efficiency	1	10	1	14	+4 credits
Energy & Atmosphere	3	30	3	35	+5 credits
Materials & Resources	2	14	2	10	-4 credits
Indoor Environmental Quality	3	19	3	15	-4 credits
Innovation in Design	-	5	-	6	+1 extra credit
Regional Priority	-	-	-	4	+4 extra credit
Total Points	9	90	7	100 + 10	

15

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

16

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

17

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

18

O Concreto e a Sustentabilidade na Construção Civil

Porque “controla” principalmente o edifício, o entorno, a operação e não a estrutura ou o material?

19

Edificação - Emissões de GWP (CO₂)

Visão holística:

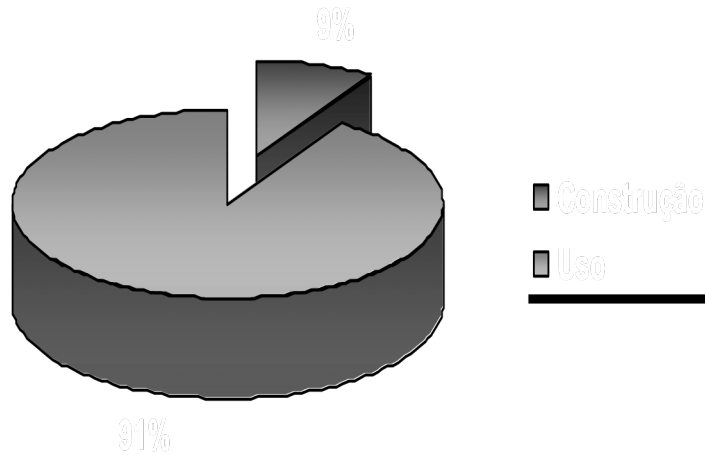
Vida Útil funcional;
Vida Útil econômica;
Vida Útil técnica

*Considerando uma vida útil de 50 anos para
uma habitação de classe média estima-se:*

20

Edificação - Emissões de GWP

Visão holística: operação e uso



21

Revolução Industrial 1750 ...

→ carvão 1750-1850; → petróleo; → nuclear, hidroelétrica, → gás, renovável

→ gerou inúmeros benefícios porém hoje há *quase* consenso sobre a necessidade de redução:

- do aquecimento global e
- do consumo de fontes de energia não renováveis

22

Cronologia da Sustentabilidade:

- 1972 → Clube de Roma
livro → “Limites do Crescimento”
- 1972 → “ONU Declaration on the Human Environment” *26 princípios*
- 1980 → “IUCN World Conservation Strategy”
introduziu o termo sustentabilidade
- 1987 → “ONU Brundtland Commission”
definiu o termo *sustentabilidade*

23

- 1992 → ECO 92 no Rio de Janeiro
→ “Agenda 21” *com 40 cap. 4 partes e 900 p.*
1. Sociais e Econômicos
 2. Conservação e Gestão dos Recursos
 3. Fortalecer Grupos Majoritários
 4. Meios de Implementação
- 1997 → Protocolo de Kyoto:
em 2020 emitir 6% menos gases estufa que em 1990 → países desenvolvidos

24

Sustentabilidade

“...é o desenvolvimento que atende as necessidades do presente sem comprometer as do futuro...”

Ambiental – Social - Econômica

25

Qual a relação entre desenvolvimento e produção de concreto, o mais consumido material industrial?

→população mundial crescente
→precisa de muitos empregos → precisa de muita infra-estrutura → precisa da construção civil → precisa das estruturas de concreto

26

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 índice de degradação do meio ambiente?

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

27

**Como caminhar em direção
à SUSTENTABILIDADE
nas estruturas de concreto?**

28

Alternativas ou caminhos

1. atuar sobre os materiais
2. empregar agregados reciclados
3. empregar concreto auto-adensável
4. empregar concreto de elevada vida útil
5. empregar concreto de alta resistência
6. construir mais com menos

29

Como alcançar SUSTENTABILIDADE nas estruturas de concreto?

1. Atuando sobre os materiais constitutivos:

- cimento
- agregado miúdo
- agregado graúdo
 - água;
 - aditivos;
- armadura / aço;
- fôrma

30

Cimento sem Pó

- Nova tecnologia de cimento com aditivos que promove a eliminação do pó
- Contribui para eliminação do desperdício de material e, principalmente, impede a inalação do cimento (saúde)

31

Cimento sem Pó



32

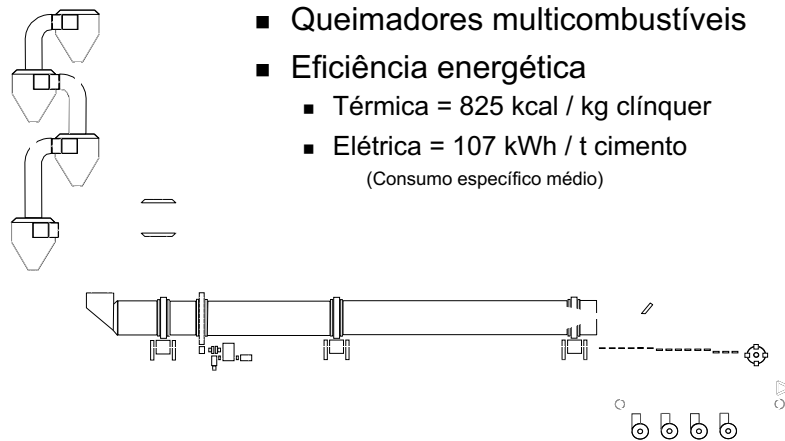
REDUZINDO Consumo de Energia

CO-PROCESSAMENTO

33

Linha de produção moderna

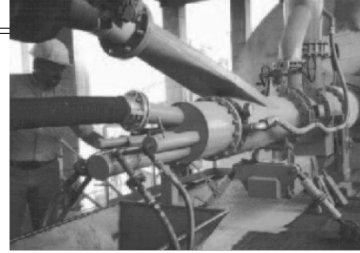
- 97% via seca
- Pré-aquecedor / pré-calcinador
- Queimadores multcombustíveis
- Eficiência energética
 - Térmica = 825 kcal / kg clínquer
 - Elétrica = 107 kWh / t cimento(Consumo específico médio)



34

Maçarico multi-combustíveis

- Adaptação às alternativas de combustíveis disponíveis no mercado
- Canais para introdução de vários resíduos e combustíveis simultaneamente



35

REDUZINDO
Consumo de Energia

INCORPORAÇÃO DE
REJEITOS INDUSTRIAIS

36

atuando no processo

Adições

- ESCÓRIAS
 - subproduto da fabricação do ferro gusa (siderurgia) → CP III (29% do CPI)
- CINZAS VOLANTES (pozolanas)
 - subproduto de usinas termo-elétricas → CP IV (49% do CP I)
- FÍLER CALCÁRIO → CP II
 - - pó das pedreiras (82% do CP I)

37

Créditos no sistema LEED

Category Materials and Resources

Credit 4.1 → Recycled Content, 10%

Credit 4.2 → Recycled Content, 20%

38

Como alcançar SUSTENTABILIDADE nas estruturas de concreto?

2. Empregando concretos com agregados reciclados a partir de entulho gerado por construções novas ou demolições

39

Agregados reciclados



- Reciclados de base cimentícia (concreto e argamassas)
- Reciclados de base cerâmicas (pisos, alvenarias)
- Substituição de 20% a 50% do agregado miúdo e graúdo sem prejuízo da resistência e da durabilidade

40

O Concreto e a Sustentabilidade na Construção Civil
Clarissa Rodriguez. Agregados reciclados.

concreto	$f_{c,28}$	C	E_{ci}
referência	30MPa	441	28GPa
50%	30MPa	439	27GPa
100%	30MPa	456	25GPa

41

41

Créditos no sistema LEED

Category Materials and Resources

Credit 4.1 → Recycled Content, 10%

Credit 4.2 → Recycled Content, 20%

42

Como alcançar SUSTENTABILIDADE nas estruturas de concreto?

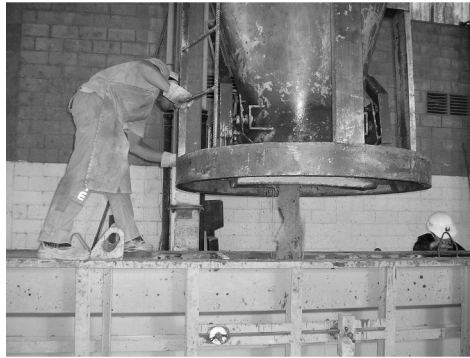
3. Empregando concreto auto- adensável de elevado desempenho CAA ou SCC

43



44

estudo comparativo



45

concreto auto-adensável



concreto vibrado

46

10 x produtividade

CC: moldagem e acabamento: 4,4min + 3,3min
n° de operários empregado: 5 (cinco)
caçamba (2), vibração (1) e acabamento (2)

0,870 homens-hora / m³ de concreto

CAA: moldagem e acabamento: 1,2min
n° de operários empregado: três (3)
caçamba (1) e acabamento (2)

0,081 h.h/ m³ de concreto

47



48

CAA ou SCC

1. reduz ruído → saúde
2. reduz tempo → produtividade
3. aumenta uniformidade
4. reduz energia elétrica → não usa vibrador
5. reduz desgaste de fôrmas
6. aumenta vida útil

49

Créditos no sistema LEED

Category Innovation and Design

Credit 1.1 → Health benefits

Category Materials and Resources

Credit 5.1 → < 800km

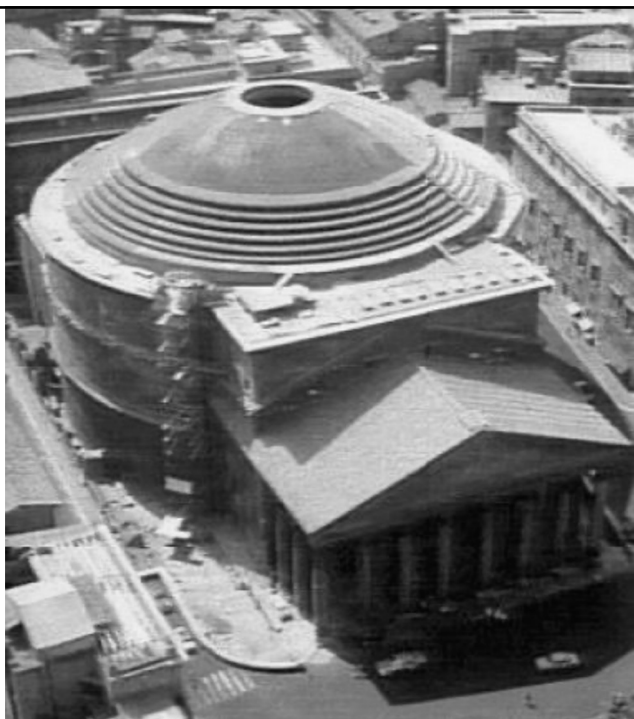
50

Como alcançar SUSTENTABILIDADE nas estruturas de concreto?

4. Empregando concreto de elevada vida útil

51

Panteão
de
Roma



52

Carbonatação

$$e = 2,0 \text{ cm}$$

$$f_{ck} = 15 \text{ MPa} \rightarrow t = 8 \text{ anos}$$

$$f_{ck} = 50 \text{ MPa} \rightarrow t = 240 \text{ anos}$$

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa} \rightarrow t = 38 \text{ anos}$$

53



54

250 anos de garantia.

Quem precisa de segurança, tecnologia e competência precisa da Engemix. Como a M&B Engenharia precisou, quando fez a maior e a mais avançada usina nuclear do Terceiro Mundo, Engemix e a Nuclear Unida, um bloco de 20m x 24m x 4m, correspondente a 250m³ de concreto, lançado em 23 horas consecutivas. Com a utilização de 300 toneladas de gelo para controlar a temperatura do concreto, usinas equivalentes a um colômbio de 40 x 40 x 24m. Quando a Construtora Ayres precisou, para a construção de uma das maiores obras, um edifício de 36 pavimentos e 192 metros, o **mais alto de São Paulo**, com 26.000 m³ de CAD, o controle de alta desempenho foi uma que hoje está sendo reconhecida por especialistas e técnicos como um dos grandes avanços de aplicação de CAD, a mais nova tecnologia em sistemas de concretagem, mesmo no interior. É a mais avançada de CAD do Brasil, e não deve ser tomada qualquer tipo de problema pelos próximos 250 anos, ou até 2040, segundo pesquisas e estudos realizados por consultores e técnicos especializados para o desenvolvimento e aplicação de artigos científicos.

É a construção do edifício da matriz da Engemix, o **recorde brasileiro de lançamento de concreto em altura** 108 metros.

Em menos de 4 horas, foram bombeadas quase 30 m³ de concreto Fox 30 Max. Bombas de lançamento de concreto com supramembrado de 300 de concretos e taxa de lançamento equivalentes a 75 concretos.

O resultado é que, hoje, a Concreto Engemix Nuclear Unida tem uma variedade total de tecnologia de concretagem brasileira. E as soluções em concreto para consultores e construtores estão disponíveis graças à experiência e à competência da Engemix. Que garante ao empreendimento não apenas redução de custos, mas também diminuição do tempo de concretagem, potencialização das propriedades dos aglomerados, redução de fissuras de concreto na aplicação, otimização de resistência e de características do concreto na forma.

Quem precisa de solução segura em concretagem não deve ficar. Concreto Engemix.

CONCRETO ENGEMIX

55

Créditos no sistema LEED

Category Innovation and Design

Credit 1.1 → Economic benefits

Category Materials and Resources

Credit 5.1 → < 800km

56

**Como alcançar SUSTENTABILIDADE
nas estruturas de concreto?**

5. Empregando concreto de alta resistência HSC

57

**As Estruturas de Concreto e a
Sustentabilidade**

▪CO₂?

▪Energia?

▪Recursos naturais?

▪Vida Útil?

(Life Cycle Analysis)

58

As Estruturas de Concreto e a Sustentabilidade

Pilar para 500t

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

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

59

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

60

**As Estruturas de Concreto e a
Sustentabilidade**

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

Cimento = 280 kg/m³

Areia = 845 kg/m³

Brita = 1036 kg/m³

Água = 210 kg/m³

61

**As Estruturas de Concreto e a
Sustentabilidade**

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

Cimento = 420 kg/m³

Areia = 801 kg/m³

Brita = 1010 kg/m³

Água = 160 kg/m³

62

Emissões gasosas e energia consumida

Material	NOx (kg/t)	CO ₂ (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.*

63

Concreto estrutural *f_{ck} 20MPa*

	Para 1 m ³	GWP kg/t	GWP kg/m ³	Energia kWh/m ³
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 ² /m ³ 6 reutilizações chapa de 1,4cm	0,0280 m ²	0	0	43
TOTAL			428 631	933 6636

64

Concreto estrutural ***f_{ck} 50MPa***

	Para 1 m ³	GWP kg/t	GWP kg/m ³	Energia kWh/m ³
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 ² /m ³ 6 reutilizações chapa de 1,4cm	0,0280 m ²	0	0	43
TOTAL			630 833	1117 6777

65

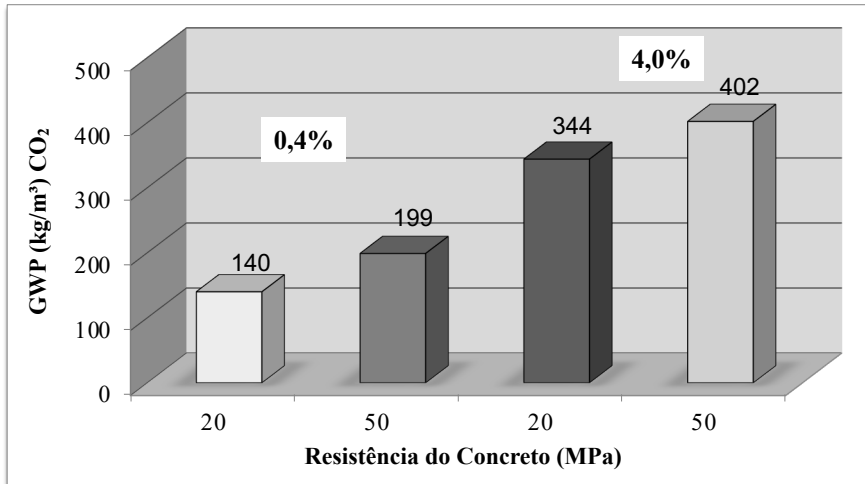
1 m³ de Concreto **estrutural**

Material	Tipo	<i>f_{ck}</i> MPa	GWP kg/m ³	Energia kWh/m ³
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

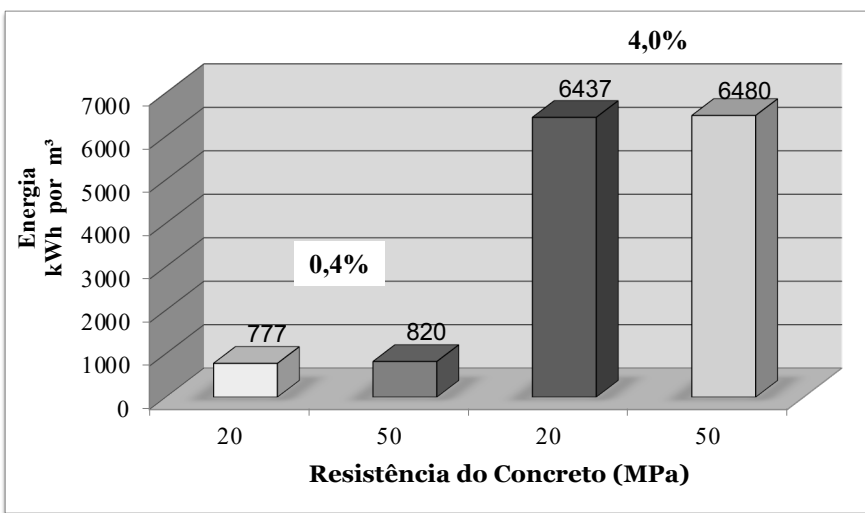
66

1 m³ de concreto estrutural com CP III 40



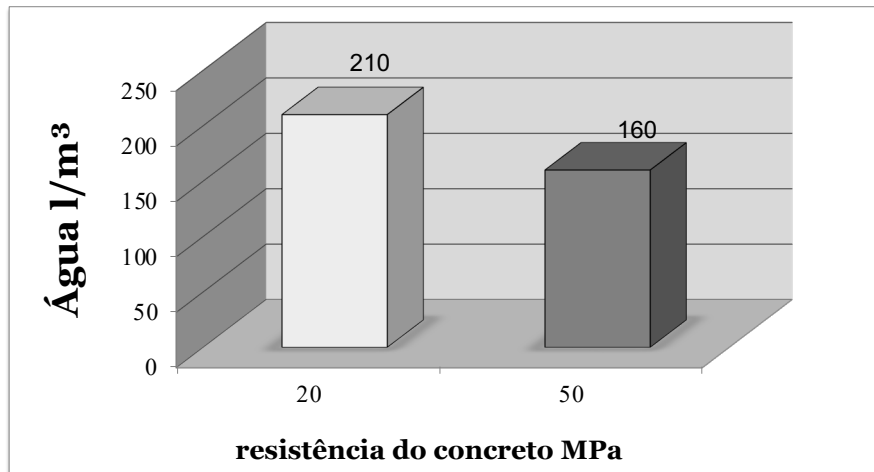
67

1 m³ de concreto estrutural com CP III 40



68

1 m³ de concreto estrutural com qualquer cimento



69

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

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

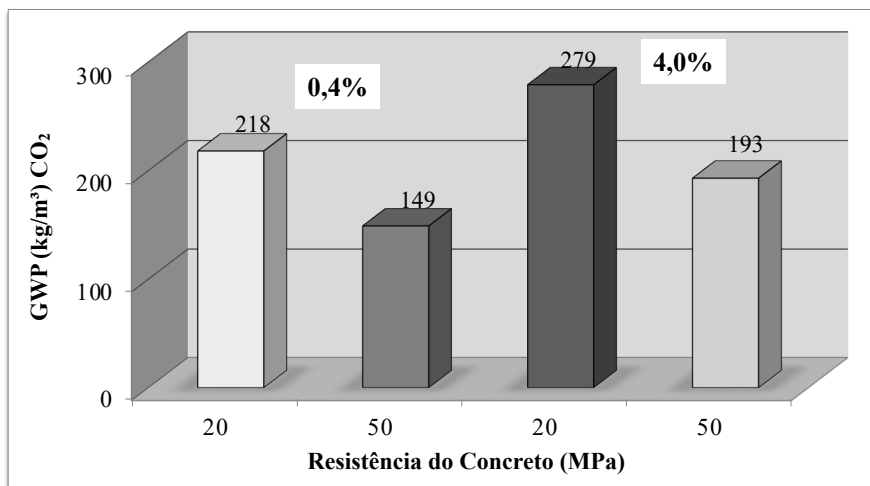
70

**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

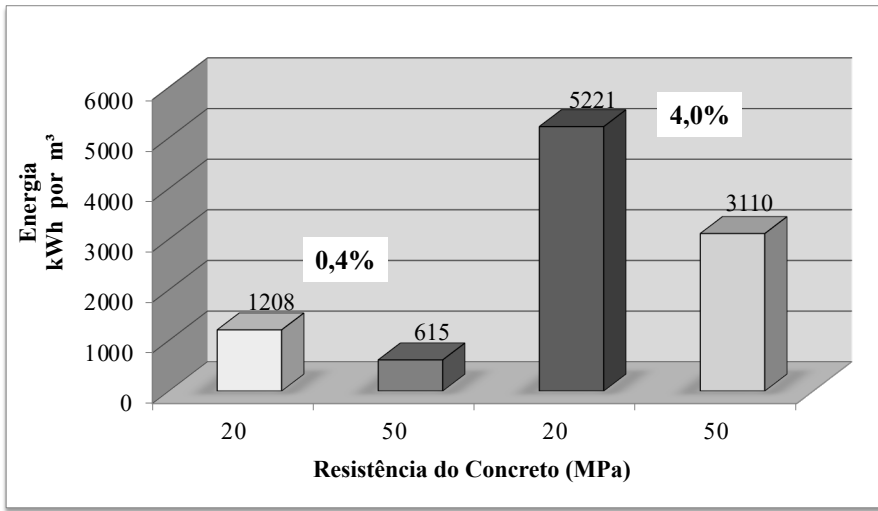
71

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



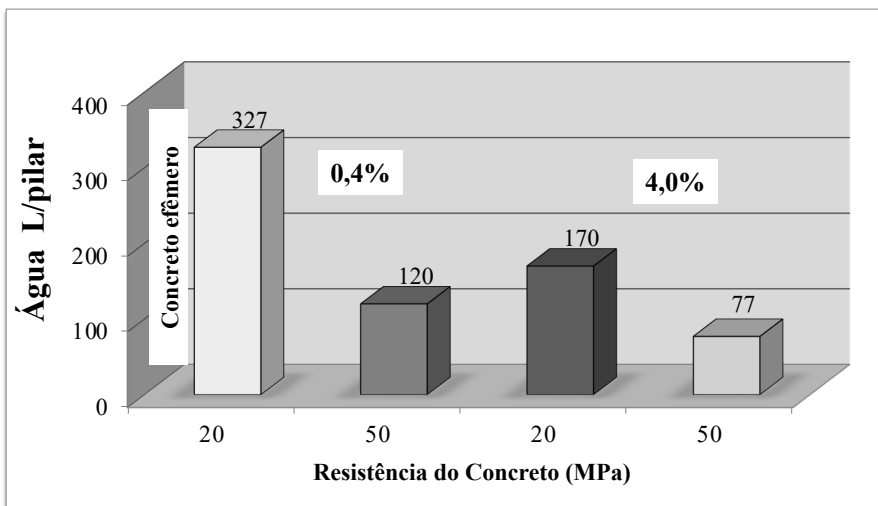
72

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



73

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



74

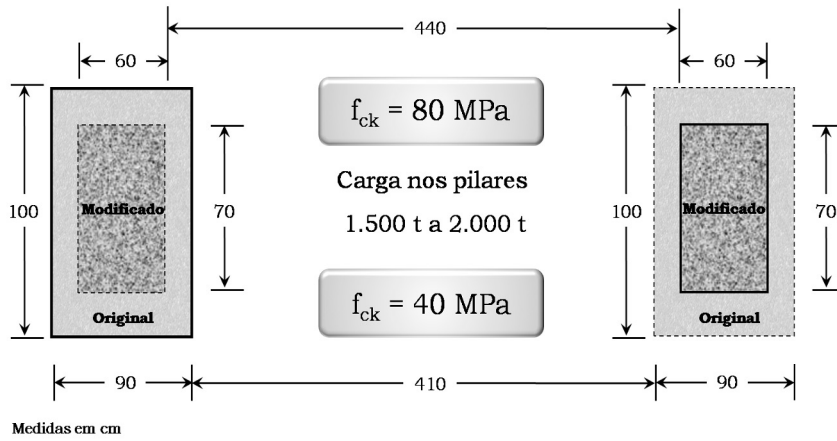


75

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

76

Projeto estrutural (e-Tower)



77



78

Controle



79



80

Economia de Recursos Naturais

Original:

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

seção transversal → 90cm x 100cm

0,90m²

HPC / HSC:

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

seção transversal → 60cm x 70cm

0,42m²

81

Sustentabilidade



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

82

Sustentabilidade



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

83

Como alcançar SUSTENTABILIDADE nas estruturas de concreto?

5. Construindo mais com menos

84

Projetar e Construir
obras lindas, funcionais,
resistentes e duráveis, levando
em conta os princípios de
sustentabilidade

85

**O Concreto e a Sustentabilidade na
Construção Civil**

Consumo de recursos naturais

10 ton/hab.ano

países desenvolvidos 45 – 85 ton/hab.ano

86

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

87

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

88

Green Sense Concrete

The Technology

With Green SenseSM Concrete, BASF introduces a revolutionary advanced concrete mixture proportioning service that achieves new levels of performance, economics and sustainability.

Green Sense Concrete is an environmentally-friendly, cost-effective concrete with optimized proportions in which supplementary cementitious materials, non-cementitious fillers, or both, are used with special Master Builders products to meet or exceed performance targets.

Green Sense Concrete is a new concrete that, relative to a baseline reference mix, attains desired setting characteristics, strength, durability, and if needed, a higher slump at a reduced cost to the producer.

The innovative Green Sense Concrete allows producers to increase their profitability, provide the contractor with a user-friendly mix that pumps and places efficiently, increases the service-life of structures, and offers the opportunity to positively influence the environment.

89

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

90

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/m³ em reaproveitamento de matérias-primas, em 2009 a

economia foi em R\$ 2,23/m³, e em 2010, com todas as filiais

capacitadas no projeto, a economia hoje é de R\$ 3,03/m³ o

que em massa monetária representa para a Engemix um

pouco mais que R\$ 11 milhões/ano.

91

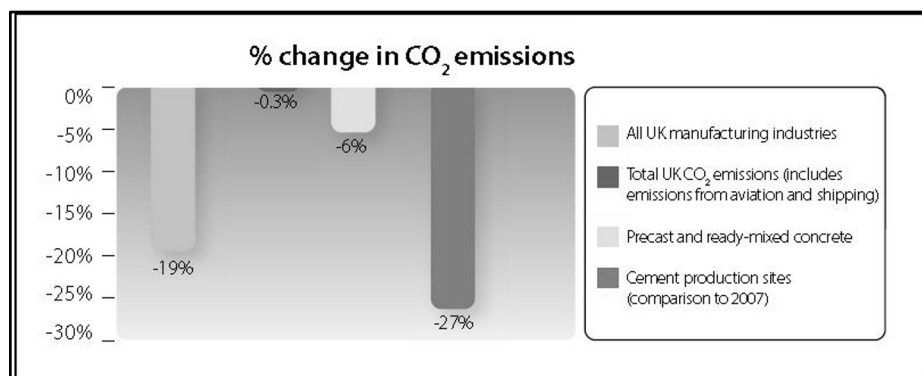
O Concreto em 2010 → UK

2. emissão de CO₂

✓ 85% do CO₂ decorreu do clínquer

✓ 15% do CO₂

✓ de 1990 a 2010 reduziu CO₂ em 27%



92

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%

Uso do Solo e Queimadas

Trat. de Resíduos

Energia

Processos Industriais

Agropecuária

57,7%

21,9%

Brasil (2005): 2,2 Bi toneladas de CO₂

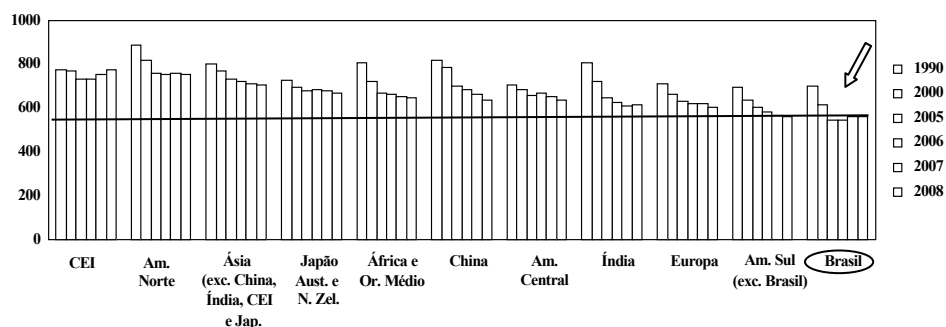
Fonte: MCT

(*) Resultado preliminar

93

EMISSÕES DE CO₂ DO CIMENTO (CSI)

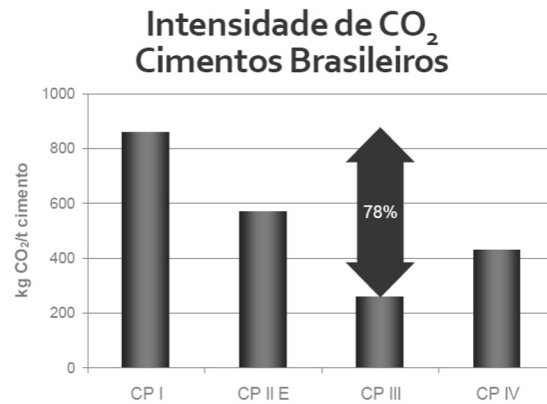
■ Emissões de CO₂ por tonelada de cimento (kg/ton)



Fonte: CSI

94

O Concreto e a Sustentabilidade na Construção Civil



Carvalho, 2001



95

O Concreto em 2010 → UK

3. energia

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

96

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”.

97

O Concreto em 2010 → UK

4. água

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

98

Fixação (sequestro) de CO₂

- 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 CO₂ através dos inevitáveis processos de carbonatação (CaO.CO₂)
- Ainda não há procedimentos viáveis para sequestro de CO₂ em larga escala nas indústrias (Calera Process).

99

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**

100

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



102



103



104



105

Pontos para Discussão

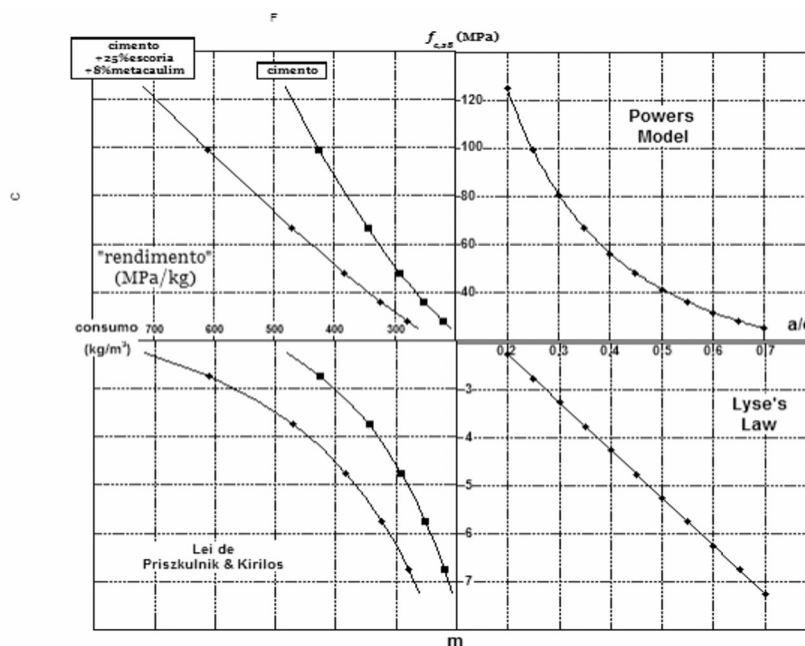
Conceito de rendimento:

O rendimento da relação resistência à compressão (MPa) / consumo de cimento (kg/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 kg/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).

106

Pontos para Discussão



107

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.

108

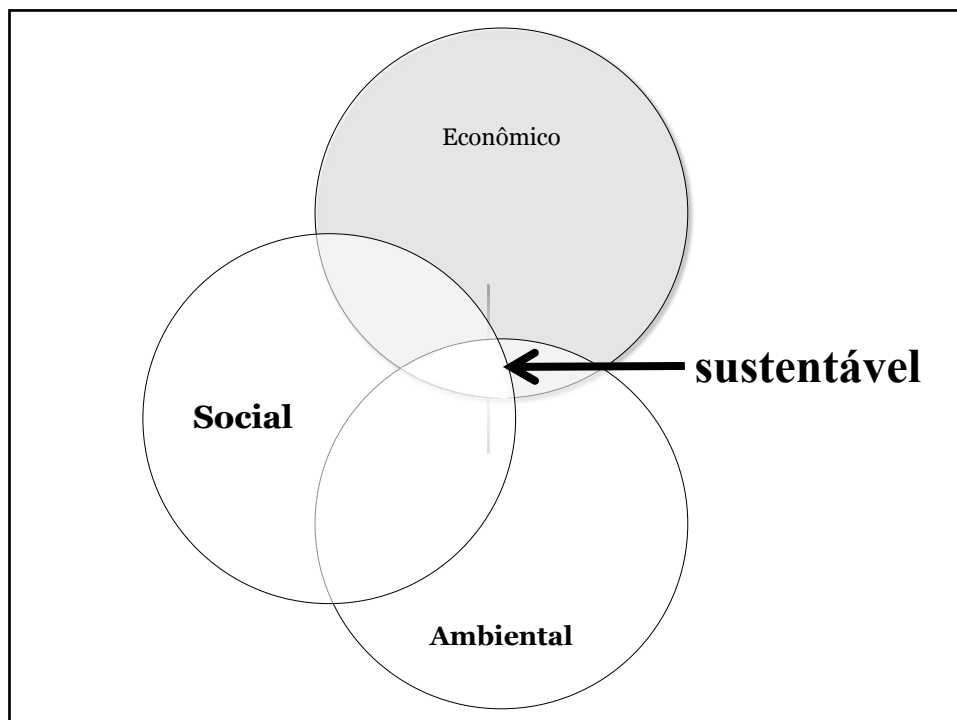
- ✓ *Referência mundial → cimento + ecoeficiente*
 - ✓ *Mundo 850kg/t e Brasil 660kg/t*
 - ✓ *É o setor mais competitivo do Brasil*
 - ✓ *Tem os melhores centros de pesquisa da AL*
 - ✓ *Tem recursos para pesquisa*
 - ✓ *Paga bem os pesquisadores*
-

109

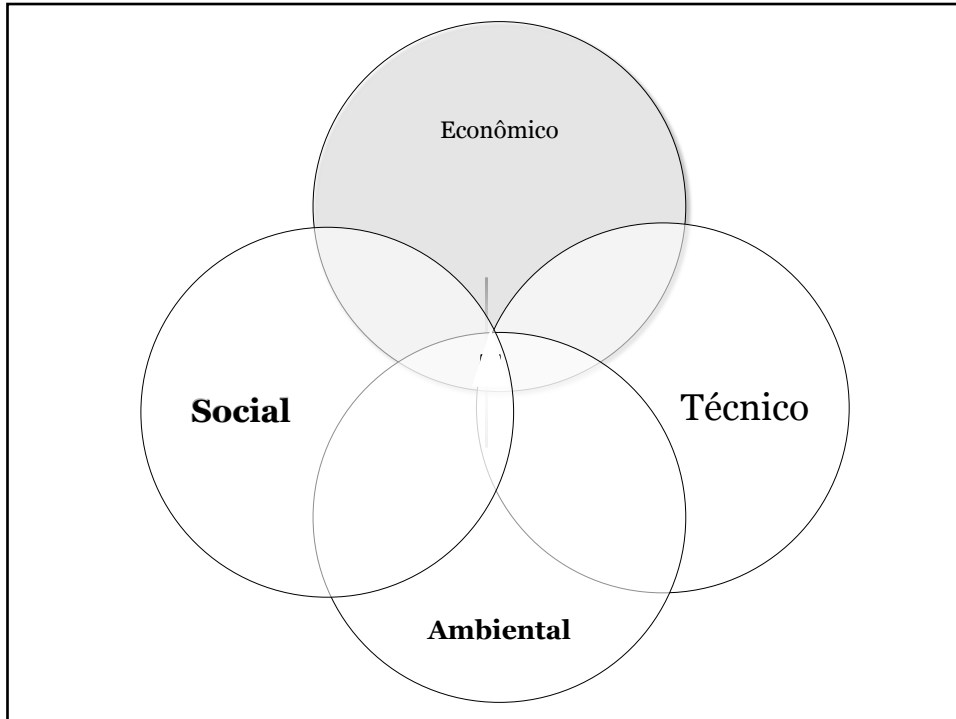
Concreto Sustentável é aquele:

- 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

110



111



112

**Beleza
Segurança
Durabilidade**

Atestado por
50 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 CO₂

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

IBRACON | CT-MAB

113



114