CONCRETO, SUSTENTABILIDADE E PRÉ-MOLDADO

Paulo Helene

Diretor PhD Engenharia
Prof. Titular Universidad de São Paulo USP
Conselheiro Permanente Instituto Brasileiro do Concreto IBRACON
Member fib(CEB-FIP) Model Code for Service Life of Concrete Structures
Presidente ALCONPAT

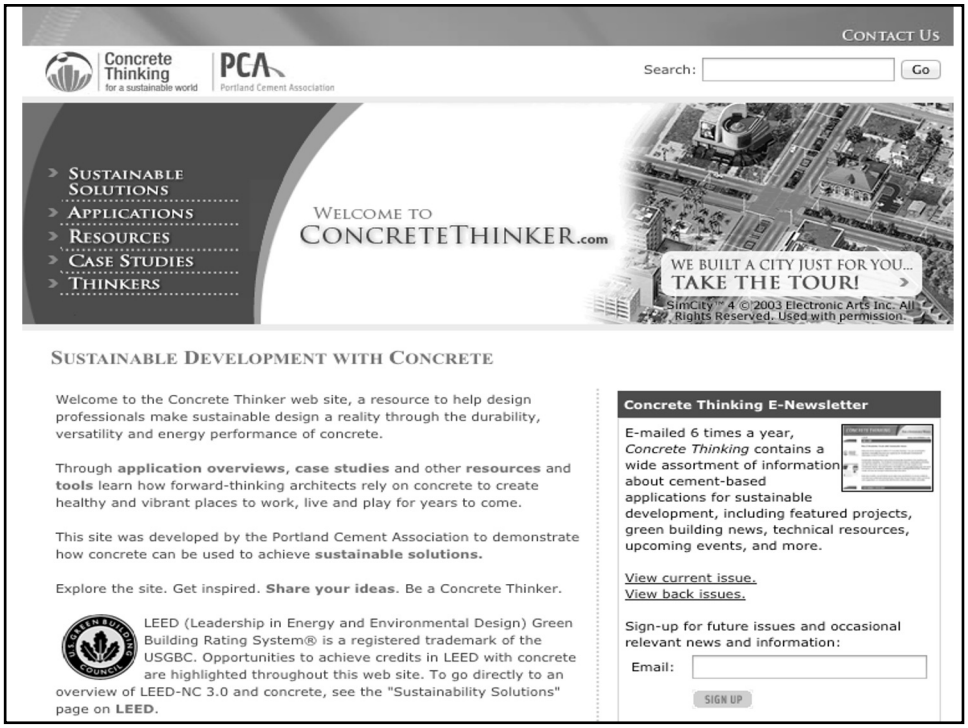
PhD Engenharia

"do Laboratório de Pesquisa ao Canteiro de Obras"

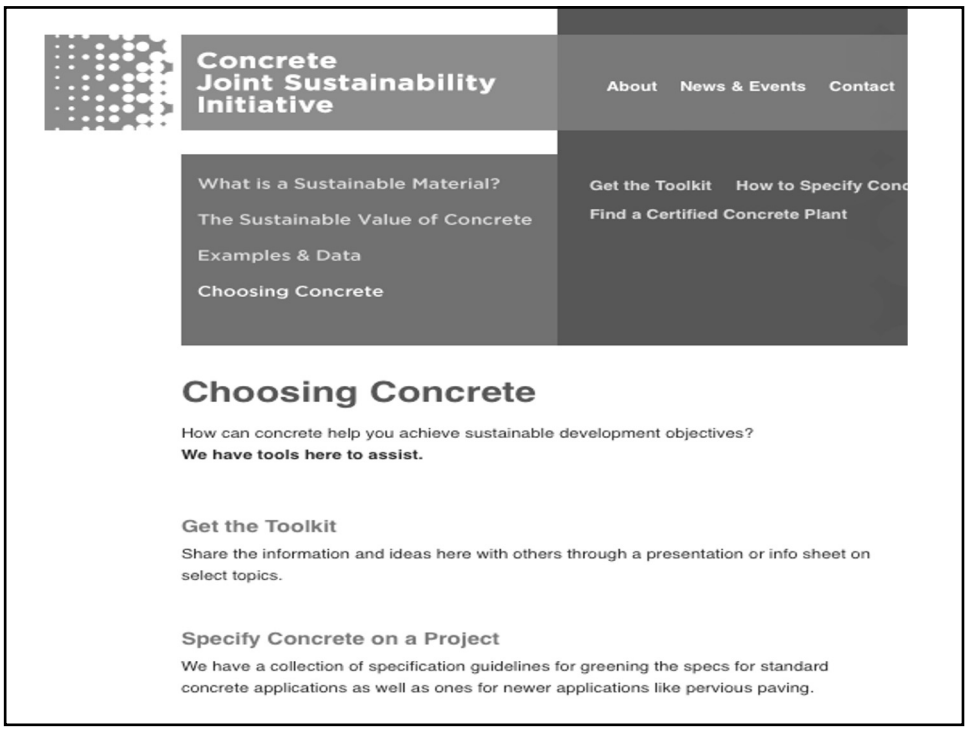
Sustentabilidade

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

Ambiental – Social - Econômico


CONTACT US
Concrete Thinking
for a sustainable world
PCA
Portland Cement Association
Search:
Go
SUSTAINABLE SOLUTIONS
APPLICATIONS
RESOURCES
CASE STUDIES
THINKERS
WELCOME TO
CONCRETETHINKER.com
WE BUILT A CITY JUST FOR YOU...
TAKE THE TOUR!
SimCity™ 4 ©2003 Electronic Arts Inc. All Rights Reserved. Used with permission.
SUSTAINABLE DEVELOPMENT WITH CONCRETE
Welcome to the Concrete Thinker web site, a resource to help design professionals make sustainable design a reality through the durability, versatility and energy performance of concrete.
Through application overviews, case studies and other resources and tools learn how forward-thinking architects rely on concrete to create healthy and vibrant places to work, live and play for years to come.
This site was developed by the Portland Cement Association to demonstrate how concrete can be used to achieve sustainable solutions.
Explore the site. Get inspired. Share your ideas. Be a Concrete Thinker.
LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) Green Building Rating System® is a registered trademark of the USGBC. Opportunities to achieve credits in LEED with concrete are highlighted throughout this web site. To go directly to an overview of LEED-NC 3.0 and concrete, see the "Sustainability Solutions" page on LEED.
Concrete Thinking E-Newsletter
E-mailed 6 times a year, Concrete Thinking contains a wide assortment of information about cement-based applications for sustainable development, including featured projects, green building news, technical resources, upcoming events, and more.
View current issue.
View back issues.
Sign-up for future issues and occasional relevant news and information:
Email:
SIGN UP

3


Concrete Joint Sustainability Initiative
About
News & Events
Contact
What is a Sustainable Material?
The Sustainable Value of Concrete
Examples & Data
Choosing Concrete
Get the Toolkit
How to Specify Conc
Find a Certified Concrete Plant
Choosing Concrete
How can concrete help you achieve sustainable development objectives?
We have tools here to assist.
Get the Toolkit
Share the information and ideas here with others through a presentation or info sheet on select topics.
Specify Concrete on a Project
We have a collection of specification guidelines for greening the specs for standard concrete applications as well as ones for newer applications like pervious paving.

4

Normas Recentes

- ✓ ACI Committee 130. Sustainability of Concrete
- ✓ U.S. Green Concrete Council. Sustainable Concrete Guide. Strategies ans Examples. Applications
- ✓ ISO TC 59/SC 17. Sustainability in Building and Civil Engineering Works
- ✓ *ISO 21929-2: Sustainability Indicators (energy, materials, water and land)*
- ✓ ISO TC 207. Environmental Management
- ✓ EN 15804:2012 - Core rules for the product category

5

Normas Recentes

Concrete Sustainability. *Forum I, 2009; Forum II, 2010; Forum III, 2011, Forum IV, 2012 y Forum V 2012.*
"reduzir volume e reduzir CO_2"
"concreto é um material regional e como tal deve ser tratado"

ISO TC 71/SC 8. Environmental Management for Concrete and Concrete Structures

ISO 13315-1: General Principles
ISO 13315-2: System Boundary and Inventory Data
ISO 13315-3: Constituents and Concrete Production
ISO 13315-4: Environmental Design of Concrete Structures
ISO 13315-5: Execution of Concrete Structures
ISO 13315-6: Use of Concrete Structures
ISO 13315-7: End of Life including Recycling
ISO 13315-8: Labels and Declaration

6

Novidades do "ACI Concrete Sustainability Forum V". Toronto, Canadá, Outubro 2012.

1. ACI 318 recentemente está introduzindo critérios de projeto para sustentabilidade. Considera primordial: segurança; desempenho e durabilidade antes de sustentabilidade;
2. Aperfeiçoamento dos métodos de dosagem com misturas bem compactas a partir de distribuções granulométricas;
3. Uso de agregados reciclados, aditivos redutores de água e adição de sílica e metacaulimHP;
4. Introdução de cimento com 15% calcário moído - ASTM C 595 e CSA A3000;

7

Novidades do "ACI Concrete Sustainability Forum V". Toronto, Canadá, Outubro 2012.

5. Reativar os conceitos holísticos de sustentabilidade que incluem ambiente (CO_2, matérias primas e energia), crescimento econômico, economia e aspectos sociais (saúde, conforto, mobilidade);
6. Projetar e construir estruturas de alto desempenho;
7. Projetar e construir infra-estrutura robusta e resiliente;
8. Desenvolver a industrialização.

8

Nos Estados Unidos também:

American High-Performance Buildings Coalition
AHPBC
União de 27 associações
Apoiar o desenvolvimento de edifícios sustentáveis e o processo normativo

NRMCA
The National Ready Mixed Concrete Asociation
- ✓ *Introduziu o programa LCA (Life Cycle Assesment) completo e abrangente*
- ✓ *Introduziu EPD para classificar traços de concreto (Environmental Product Declaration).*
- ✓ *Trabalha para melhorar a imagem do setor*

9

EPD

Enviromental Product Declaration

ISO 14025:2010

10

ENVIROMENTAL PRODUCT DECLARATIONS

11

O QUE É?

"An EPD® is an certified environmental declaration developed in accordance with the standard ISO 14025:2010" Environmental labels and declarations - Type III environmental declarations - Principles and procedures

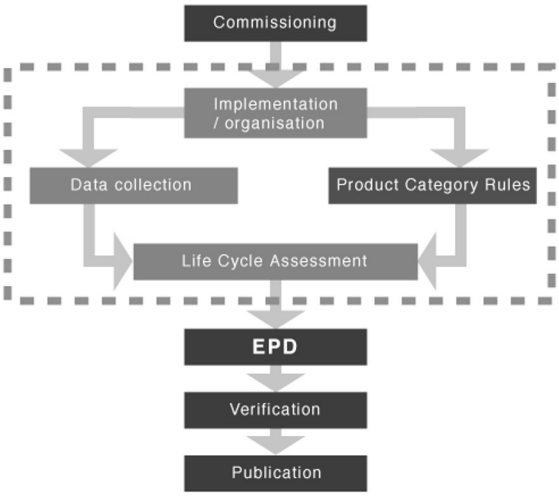
O objetivo do sistema EPD é apoiar a oferta e demanda de produtos e serviços da construção civil que causem menor impacto ao meio ambiente, por meio da divulgação de dados precisos e verificáveis de processo produtivo e desempenho ambiental.

É um documento que visa a neutralidade e credibilidade dos produtos, de modo a estimular o desenvolvimento sustentável através de mercado.

EPD®

12

Como é elaborada uma EPD?



www.greenspec.co.uk

13

Logo, para redatar a declaração, deve-se:

- ✓**Pesquisar as PCRs disponíveis (*Product Core Rules*), com as diretrizes específicas do produto em análise (ex: concreto); se não houver, criar a PCR conforme *ISO 14025:2010***
- ✓**Coletar dados necessários e realizar estudo e análises de LCA (*Life Cycle Assessment*)**
- ✓**Solicitar a verificação da declaração por um auditor do Programa EPD**

14

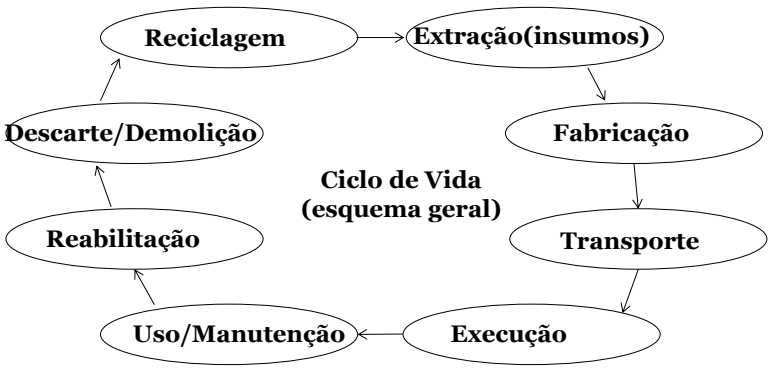
Com isso a EPD pode ser validada e registrada num programa de certificação (ex: *International EPD System)*

Ela estará disponível para consulta pública e tem validade por *5 anos*!

15

LCA (*Life Cycle Assessment*)

Esta avaliação deve estar de acordo com a PCR específica do produto, que irá indicar os requisitos mínimos e o estágios da vida útil a serem analisados



16

LCA (*Life Cycle Assessment*)

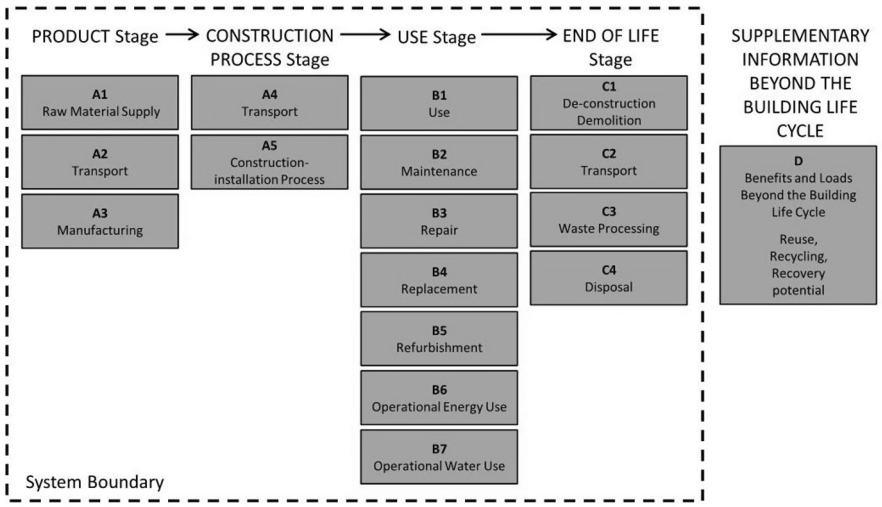
Considerando as etapas gerais citadas anteriormente, a *EN 15804:2012* estabelece um *número mínimo* de módulos de vida útil a serem citados na EPD, conforme o tipo de produto e o detalhamento necessário

-EPD1 (Cradle to Gate)

-EP2 (Cradle to Gate with Options)

-EPD3 (Cradle to Grave)

17



www.coldstreamconsulting.com

18

O futuro aponta o LCA, LCIA e LCI

ANÁLISE DO CICLO DE VIDA

do "berço ao túmulo"

Indicadores de avaliação de impacto

- Potencial de aquecimento global, em kg de $CO_{2,\,eq}$,
- Potencial de esgotamento de ozônio estratosférico: em kg de $CFC11_{eq}$
- Potencial de acidificação, em kg de $SO_{2,\,eq}$
- Potencial de eutrofização, em kg de $PO_4^{3-}{}_{,eq}$
- Potencial de esgotamento de recursos abióticos, em kg de Sb_{eq}
- Potencial de formação de ozônio fotoquímico, em kg de etano

Indicadores de inventário de ciclo de vida

- Consumo de energia primária não renovável, em MJ,
- Consumo de energia primária renovável, em MJ,
- Utilização de combustíveis secundários não renováveis, em MJ,
- Utilização de combustíveis secundários renováveis, em MJ,
- Consumo de água doce, em m^3,
- Produção de resíduos (perigosos, não perigosos e radioativos), em kg
- Material para reutilização, reciclagem, valorização energética, em kg

19

Redefining High-Performance Concrete Structures

Leo Panian; Phillip Williams; Mike Donovan
Concrete International nov. 2012 p. 23-30

1. Trazer agregados até 800km de distância é interessante
2. 70% de escória ou de cinza volante classe F
3. Fundação: 55MPa a 91dias Consumo: 119 kg/m^3
4. Pilares: 55MPa, a 91 dias Consumo: 133 kg/m^3
5. Lajes protendidas: 31MPa a 3dias e 41MPa a 56 dias. Consumo = 208kg/m^3

20

Novas Siglas

- ✓ LCA → Life Cycle Assesment
- ✓ LCI → Life Cycle Inventory Analysis
- ✓ RSL → Reference Service Life
- ✓ EPD → Environmental Product Declaration
- ✓ PCR → Product Category Rules
- ✓ LCIA → Life Cycle Impact Assesment
- ✓ ESL → Estimated Service Life
- ✓ EPDB → Energy Performance of Buildings Directive

21

Novas Siglas

- ✓ Há 40anos …

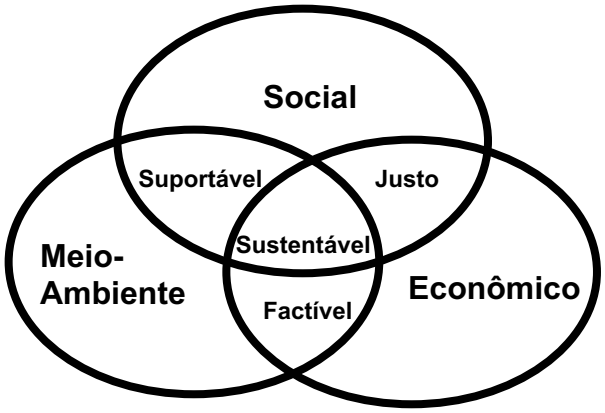
CA e CP

CA50A e CA50B

22

A Construção Sustentável

Tripé da Sustentabilidade



23

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.

24

LEED

O objetivo do sistema é reduzir a emissão de carbono do "ambiente construído" e criar um sistema competitivo para a eficiência de edifícios, recompensando a prática de melhor design, construção e manutenção e criando um mercado de produtos mais sustentáveis para o setor construtivo.

A última versão do LEED também inclui Créditos Regionais que permite a tropicalização, ou a adequação do sistema, para qualquer lugar ou clima do mundo.

E por ser um sistema de certificação documentado online, isto também permite o crescimento e a adoção internacional do LEED, criando um padrão mundial de fato para construções sustentáveis.

Aplica-se a obras novas de edificações comerciais ou habitacionais, obras industriais, edifícios escolares, edifícios existentes, focando projeto e construção, projeto de interiores, operação e manutenção (uso).

Para mais informações sobre o LEED no Brasil consultar o GBC Brasil.

25

LEED

Leadership in Energy and Environmental Design

(Liderança em Energia e Projeto Ambiental)

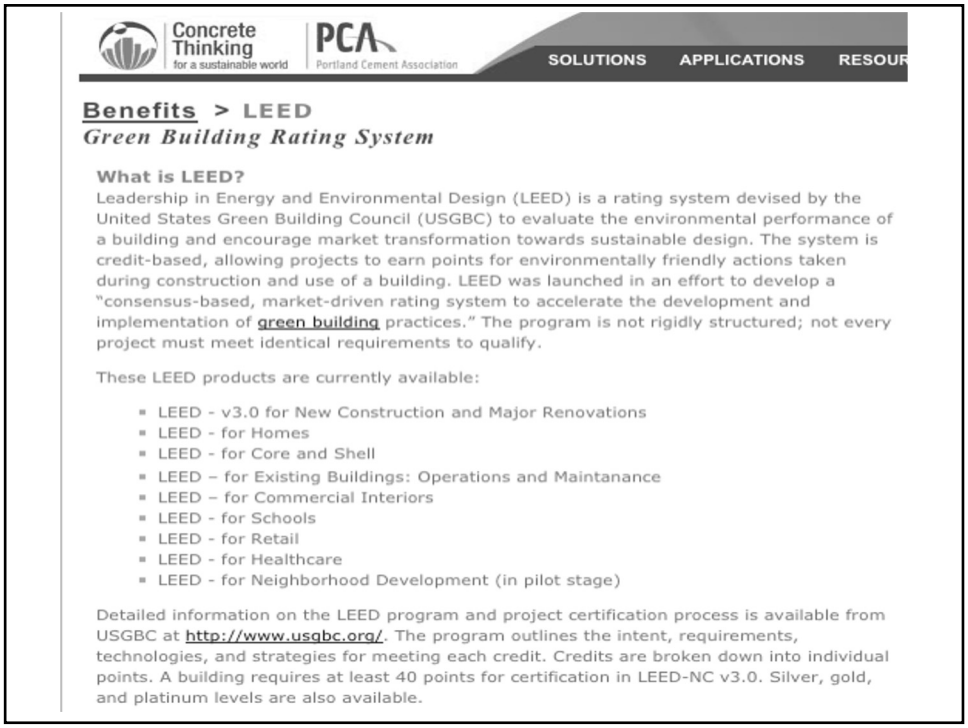
É um sistema de pontuação desenvolvido pelo USGBC (Estados Unidos Green Building Council dos EUA) para medir o desempenho ambiental de design, construção e manutenção de edifícios.

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

26



27

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.

28

28

Como o Concreto pode Contribuir?

LEED Credit Contribution Potential

Pode contribuir para os créditos LEED nas categorias:

Credit 1.1 → Innovation and Design, desde que cimento ≤ 0,6*C

Credit 4.1 → Recycled Content, 10% (um ponto)

Credit 4.2 → Recycled Content, 20% (dois pontos)

Credit 5.1 e 5.2 → Materials and Resources category, if materials used in the mixture are extracted or produced within 500 miles of the project site (um ponto para 10% e dois pontos para 20%)

29

Concretos de Alto Desempenho: Um futuro Sustentável

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

30

Concretos de Alto Desempenho: Um futuro Sustentável

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

31

Concretos de Alto Desempenho: Um futuro Sustentável

Alguns Empreendimentos com certificação *LEED* no Brasil:

f_{ck} de projeto: 50MPA

Eldorado Business Tower
São Paulo/SP
PLATINUM

32

Concretos de Alto Desempenho: Um futuro Sustentável

Alguns Empreendimentos com certificação *LEED* no Brasil:

Razões do Platinum:

- ✓ Uso racional de água
- ✓ Impacto urbano
- ✓ Eficiência energética
- ✓ Cuidado ambiental - resíduos
- ✓ Ar condicionado
- ✓ Frenagem de elevadores
- ✓ Materiais sustentáveis

33

Concretos de Alto Desempenho: Um futuro Sustentável

Porque esses Programas controlam muito o edifício em USO e não dão muita importância aos Materiais e Estrutura ?

34

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

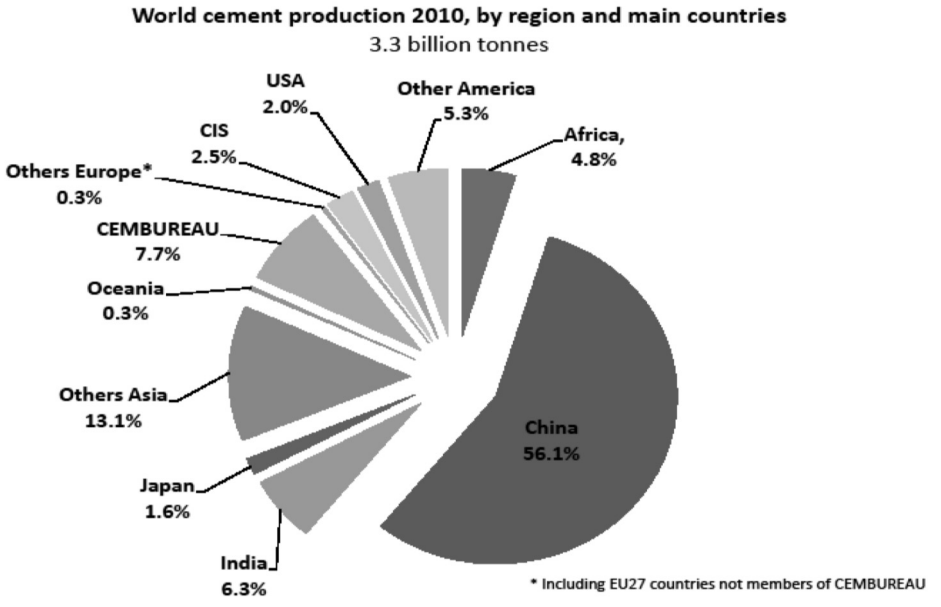
16 bilhões de t

4 bilhões de m³ de agregado

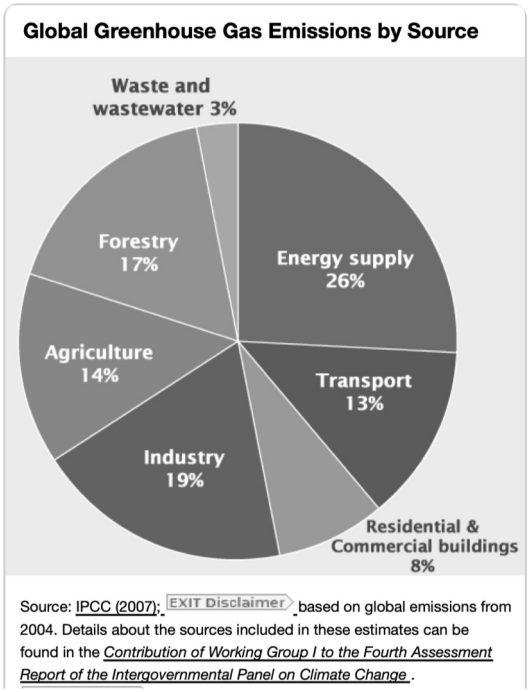
1,2 trilhões de litros de água

35

O Concreto em 2010



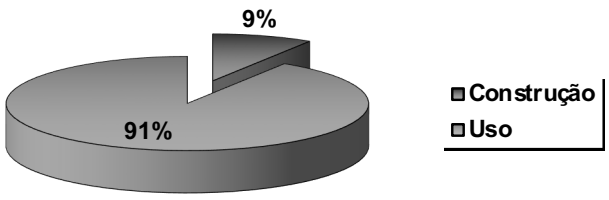
36



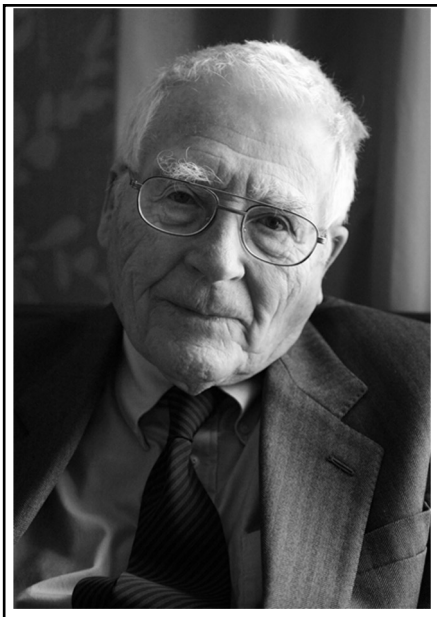
37

Edificação - Emissões de GWP

Considerando uma vida útil de 50 anos para uma habitação de classe média →
Visão holística: *operação e uso*



38



James Ephraim Lovelock (1919)

Lovelock é um pesquisador independente e ambientalista que vive na Cornualha no oeste da Inglaterra.

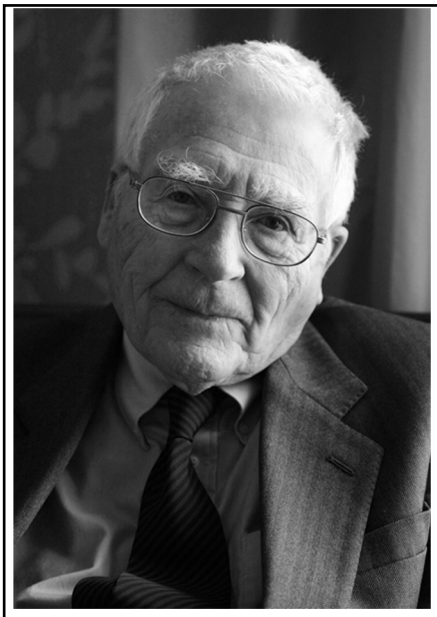
A *hipótese de Gaia* foi sugerida por Lovelock, para explicar o comportamento sistêmico do planeta Terra. A Terra é vista, nesta teoria, como um *superorganismo*.

Lovelock inventou muitos instrumentos científicos utilizados pela NASA para análise de atmosferas extraterrestres e superfície de planetas.

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

Em 2004 Lovelock surpreendeu os ambientalistas ao afirmar que "*só a energia nuclear pode deter o aquecimento global*".

39



James Ephraim Lovelock (1919)

Considerado um dos Pais da *Teoria do Aquecimento Global*, agora volta atrás e se arrepende considerando que estava equivocado e que agiu de forma alarmista.

Em outras palavras o CO_2 não é mais bandido e a *Revolução Industrial* não destruirá a humanidade...

40

Falácia do Aquecimento Global

- ✓ http://veja.abril.com.br/blog/reinaldo/geral/guia-espiritual-da-turma-do-%E2%80%9Caquecimento- global%E2%80%9D-confessa-era-alarmismo-leia-dilma-antes-de-se-submeter-a-patrulha-no-caso-do- codigo-florestal
- ✓ http://programadojo.globo.com/videos/v/o-aquecimento-global-e-uma-mentira-e-o-que-afirma-o- climatologista-ricardo-augusto/1930554/
- ✓ http://video.google.com/videoplay?docid=-3309910462407994295#
- ✓ http://www.youtube.com/watch?v=ZiuD01_ct1g&feature=related
- ✓ http://www.youtube.com/watch?v=Pqz4yMzbwF0&feature=related
- ✓ http://www.youtube.com/watch?v=mcJV0aSWgSY

41

CONCLUSÕES

42

- **Cimento não é vilão principal**
- **Material concreto não é inservível nem proibido**
- **Engenheiro civil de concreto não é irresponsável nem bandido**

43

O conceito nobre de *SUSTENTABILIDADE* é lindo, tem sido praticado nas estruturas de concreto e podemos fazer ainda melhor !

44

Sustentabilidade

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

Ambiental – Social - Econômico

45

Como caminhar em direção à SUSTENTABILIDADE nas estruturas de concreto?

46

Alternativas

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. industrializar o processo

47

1. Atuando sobre os materiais constitutivos:

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

48

A INICIATIVA DE SUSTENTABILIDADE DO CIMENTO (WBCSD – CSI)

World Business Council for Sustainable Development
Cement Sustainability Initiative

- 1999
- 10 grupos internacionais
- No Brasil: Votorantim

49

A INICIATIVA DE SUSTENTABILIDADE DO CIMENTO (WBCSD – CSI)

World Business Council for Sustainable Development
Cement Sustainability Initiative

- 24 grupos ao redor do mundo inteiro são membros do CSI
- No Brasil:

Votorantim Cimentos · Camargo Corrêa · Liz Cimentos · InterCement · Lafarge · Holcim

50

COMO MITIGAR as EMISSÕES DE CO_2?

World Business Council for Sustainable Development
Cement Sustainability Initiative

- Eficiência Energética
- Combustíveis alternativos
- Adições ao cimento
- Captura e armazenamento de carbono

51

COMBUSTÍVEIS ALTERNATIVOS

World Business Council for Sustainable Development
Cement Sustainability Initiative

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".

52

Concretos: Um futuro Sustentável

2. Empregando concretos com agregados reciclados a partir de resíduos gerados por construções novas ou demolições

53

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

54

Concretos: Um futuro Sustentável

3. Empregando concreto auto-adensável de elevado desempenho SCC

55

56

estudo comparativo

57

concreto
auto-adensável

concreto
vibrado

58

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

59

60

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

61

Concretos: Um futuro Sustentável

4. Empregando concreto de elevada vida útil

62

Carbonatação

e = 2,0 cm

f_{ck}= 15 MPa → t = 8 anos

f_{ck}= 50 MPa → t = 240 anos

f_{ck}= 25 MPa → t = 38 anos

63

64

65

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

66

Concretos: Um futuro Sustentável

5. Empregando concreto de alta resistência HSC

67

Concretos: Um futuro Sustentável

- **CO_2?**
- **Energia?**
- **Recursos naturais?**
- **Vida Útil?**

68

Concretos: Um futuro Sustentável

Pilar para 500t

f_{ck} = 20MPa

f_{ck} = 50 MPa

69

Considerando um pilar central típica de um edifício de 20 andares seção quadrada, 3m de altura, armadura principal

Força normal característica = 500 tf

f_{ck} (MPa)	taxa de reforço (%) → 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

70

Concretos: Um futuro Sustentável

f_{ck} = 20MPa

Cimento = 280 kg/m³
Areia = 845 kg/m³
Brita = 1036 kg/m³
Água = 210 kg/m³

71

Concretos: Um futuro Sustentável

f_{ck} = 50MPa

Cimento = 420 kg/m³
Areia = 801 kg/m³
Brita = 1010 kg/m³
Água = 160 kg/m³

72

Emissões gasosas e energia consumida

Material	NOx (kg/t)	CO_2 (kg/t)	GWP (kg/t)	Energia consumida (kWh/t)
Clinquer Portland (≈ CP I)	**1,85**	**855**	**1447 (880)**	**998**
ferro gusa (minério)	**4,43**	**1588**	**3006**	**5.060**
CA 50 & CA 60 (sucata)		**380**	**719**	**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.*

73

Concreto estrutural f_{ck} 20MPa

	Para 1 m³	GWP kg/t	GWP kg/m³	Energia kWh/m³
Cimento CP I	280kg	1447	405	280
Areia	845kg	0	0	1
Pedra	1036kg	0	0	12
Água	210kg	0	0	0
Aço	32kg	719	23	640
	315kg		226	6300
Formas 12 m²/m³ 6 reutilizações chapa de1,4cm	0,0280 m²	0	0	43
TOTAL			428	933
			631	6636

74

Concreto estrutural f_{ck} 50MPa

	Para 1 m³	GWP kg/t	GWP kg/m³	Energia kWh/m³
Cimento CP I	420kg	1447	607	419
Areia	801kg	0	0	3
Pedra	1010kg	0	0	12
Água	160kg	0	0	0
Aço	32kg 315kg	719	23	640
			226	6300
Formas 12 m²/m³ 6 reutilizações chapa de1,4cm	0,0280 m²	0	0	43
TOTAL			630	1117
			833	6777

75

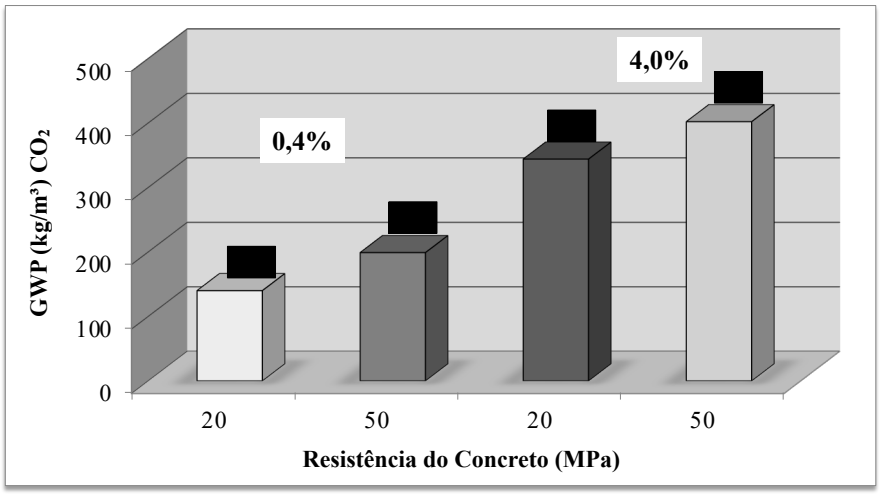
1 m³ de Concreto estrutural

Material	Tipo	f_{ck}	GWP	Energia
		MPa	kg/m³	kWh/m³
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

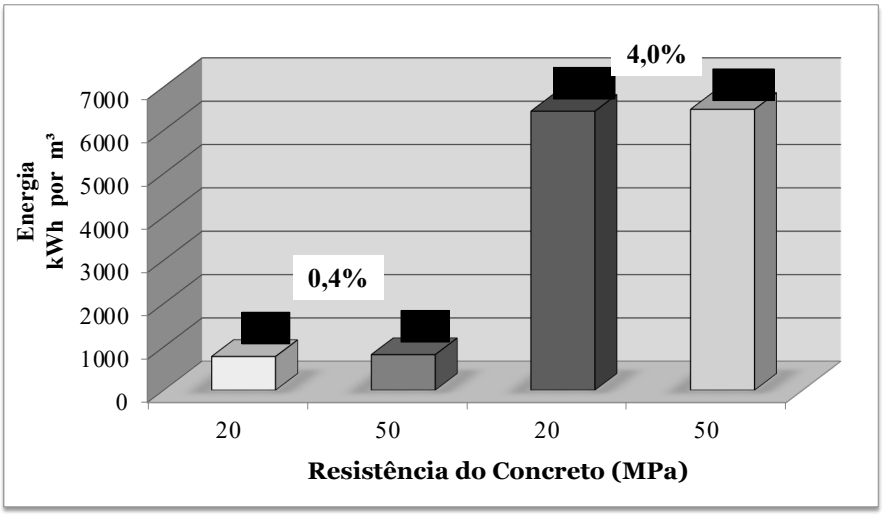
76

1 m³ de concreto estrutural com 70% escoria



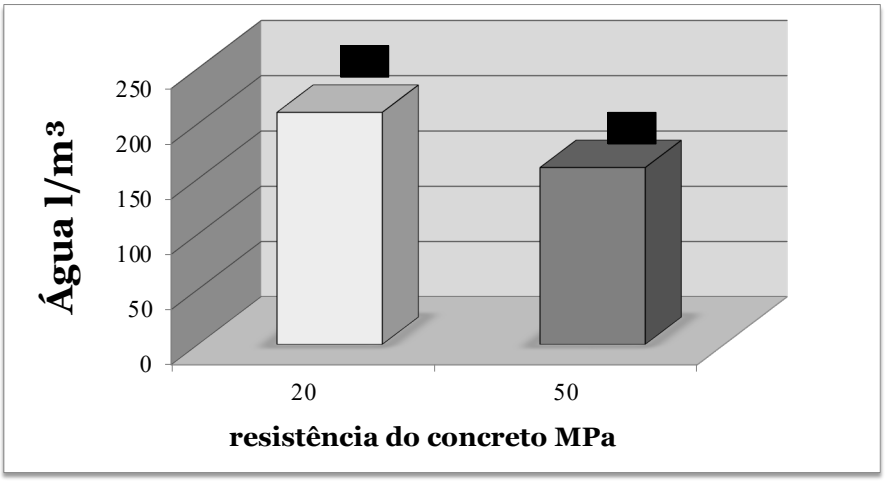
77

1 m³ de concreto estrutural



78

1 m³ de concreto estrutural



79

Pilar com 3m
0,4% reforço, 500tf

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

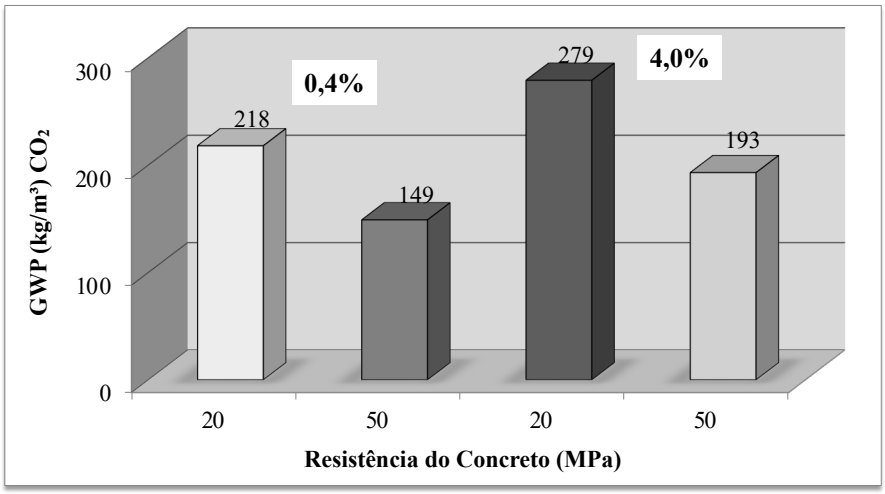
80

Pilar com 3m
4% armadura, 500tf

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

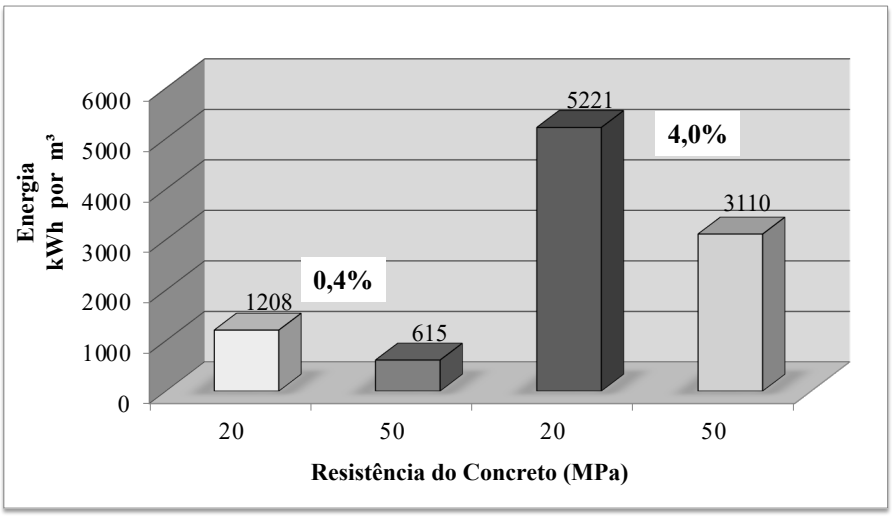
81

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



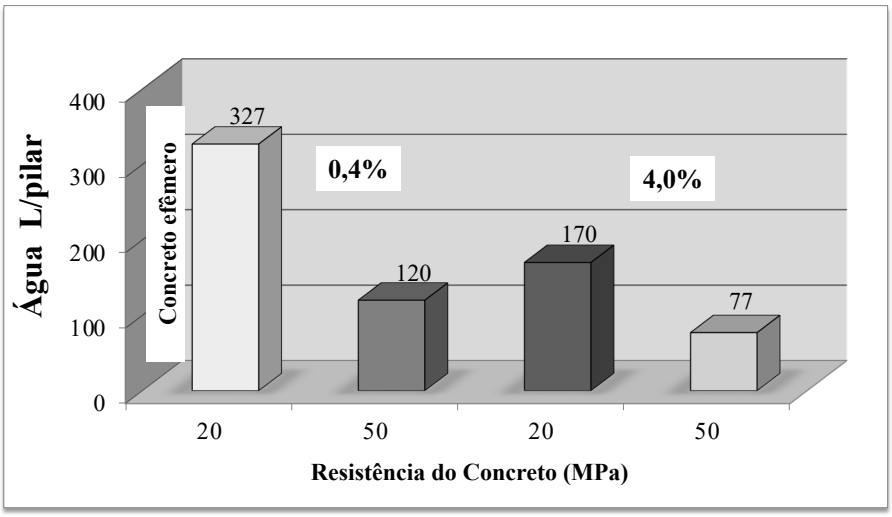
82

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



83

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



84

Investigação / Pesquisa:

Qual é o Concreto Estrutural mais Sustentável?

f_{ck} = 25MPa

f_{ck} = 30MPa

f_{ck} = 35MPa

Pesquisa de Doutorado do Eng. Ricardo Bento, IAU.USP, Prof. Rossignolo

85

Investigação: edifício em concreto armado

- Planta baixa;
- 8 pavimentos tipo;
- cobertura, escadas e reservatório superior

análise comparativa:

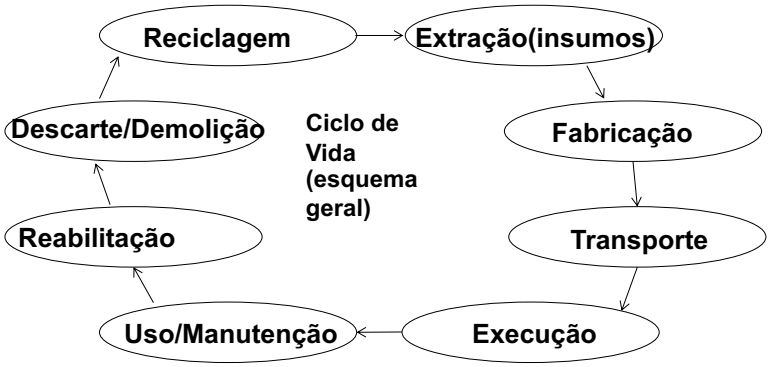
- 25 MPa,
- 30 MPa, mantidas as mesmas dimensões das peças estruturais de 25MPa.
- 35MPa, com redução das dimensões das peças

Pesquisa de Doutorado do Eng. Ricardo Bento, IAU.USP, Prof. Rossignolo

86

LCA (*Life Cycle Assessment*)

Esta avaliação deve estar de acordo com a PCR específica do produto, que irá indicar os requisitos mínimos e o estágios da vida útil a serem analisados



87

RESEARCH REPORT R11-01, **Methods, Impacts, and Opportunities in the Concrete Building Life Cycle**, Department of Civil and Environmental Engineering,Concrete Sustainable Hub, Massachusetts Institute of Technology, august, 2011.

ILCD handbook **– International reference Life Cycle Data System; General guide for Life Cycle Assessment – Detailed guidance**, Publications Office of the European Union, 2012, 394 p.

ISO 14025:2006
Environmental labels and declarations -- Type III environmental declarations -- Principles and procedures

88

concreto armado

... do berço à tumba...

	Category	Unit	Total	Materials	Production	Transport	End of Life
	Global warming	[g CO_2-eq.]	102 610.0	67 800.0	27 700.0	3 720.0	3 390.0
	Acidification	[g SO_2-eq.]	836.6	535.0	266.0	35.3	0.3
	Eutrophication	[g NO_3-eq.]	712.2	471.0	179.0	59.2	3.0
	Photochemical smog	[g C_2H_4-eq.]	24.2	18.0	0.8	4.6	0.7

89

Pesquisa edifício de concreto armado

Os resultados obtidos, em relação aos impactos estudados foram:

	25 MPa	30 MPa	35 MPa
Eutrofização	Maior	Médio	Menor
Formação de ozônio fotoquímico	Maior	Médio	Menor
Consumo de recursos Materiais	Maior	Médio	Menor
Consumo de recursos energéticos	Maior	Médio	Menor
Ecotoxicidade	Maior	Médio	Menor
Aquecimento Global	Médio	Maior	Menor
Toxicidade humana	Maior	Médio	Menor
Acidificação	Médio	Maior	Menor
Resíduos	Médio	Maior	Menor

Ricardo BENTO, doutorado IAU.USP.

90

Pesquisa edifício de concreto armado

Conclusão:

Para todas as categorias de impacto a estrutura com f_{ck} de 35MPa é ambientalmente a que menos impacta o meio ambiente, exercendo a mesma função, seguida pela estrutura com f_{ck} de 30MPa e por último a estrutura com f_{ck} de 25 MPa.

Ricardo BENTO, doutorado IAU.USP.

91

Essas ferramentas ambientais claramente estabelecidas na série ISO14025 permitem a criação de uma declaração tipo III, ou seja, permitem uma classificação objetiva de produtos e serviços para construção civil

Desse modo, cria-se **uma transparência** dos produtos quanto aos seus impactos ambientais.

92

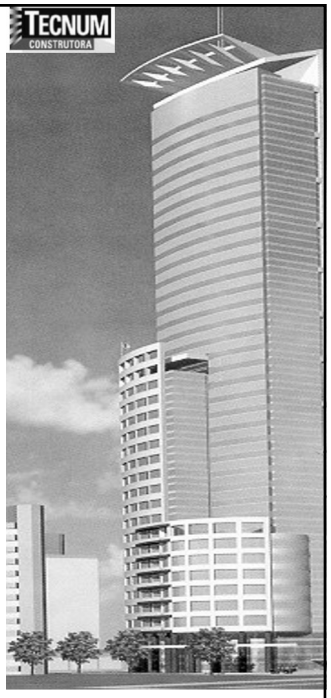
A revolução que está em curso, a partir desses conceitos, torna possível a utilização de uma metodologia padronizada de coleta de dados, avaliação de impactos ambientais, acesso à informação homogeneizada e à revisão permanente do desempenho ambiental dos produtos e serviços

93

94

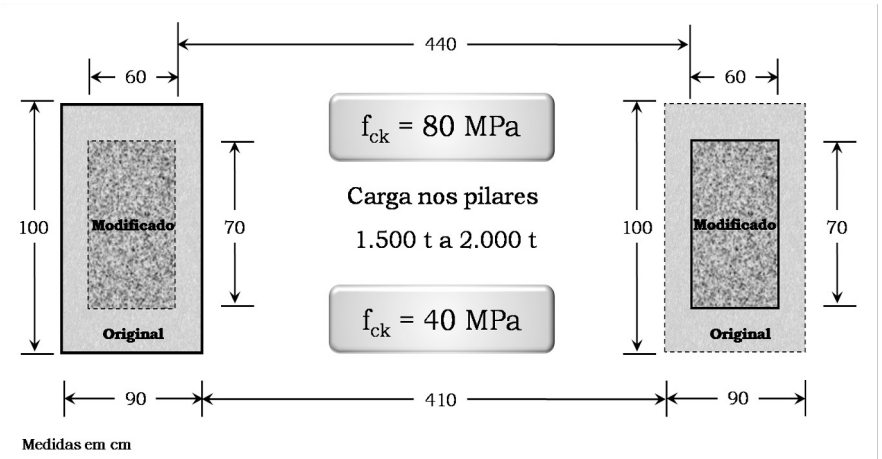
e-Tower

- **Edifício e-Tower SP**
- **42 andares**
- **heliponto**
- **piscina semi-olímpica**
- **academia de ginástica**
- **2 restaurantes**
- **concreto colorido**
- f_{ck} **pilares = 80 MPa**



95

Projeto estrutural (e-Tower)



96

97

Controle

98

99

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

100

Sustentabilidade

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

101

Sustentabilidade

- 25% a mais de reaproveitamento da fôrma
- 43% menos aço
- 16 vagas a mais
- 3x mais vida útil
- 100% desfôrma mais rápida

102

Pontos Importantes

Conceito de rendimento:

Considerando apenas o conteúdo do cimento:

Concreto 120MPa → 4,0kg/MPa
→ 1,2kg clínquer / MPa

Concreto de 40MPa → 6,7 kg/MPa
→ 2,1kg clínquer / MPa

Concreto de 20MPa → 11,5 kg/MPa
→ 3,5kg clínquer / MPa

103

Concreto Sustentável é:

→ 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 menos entulho

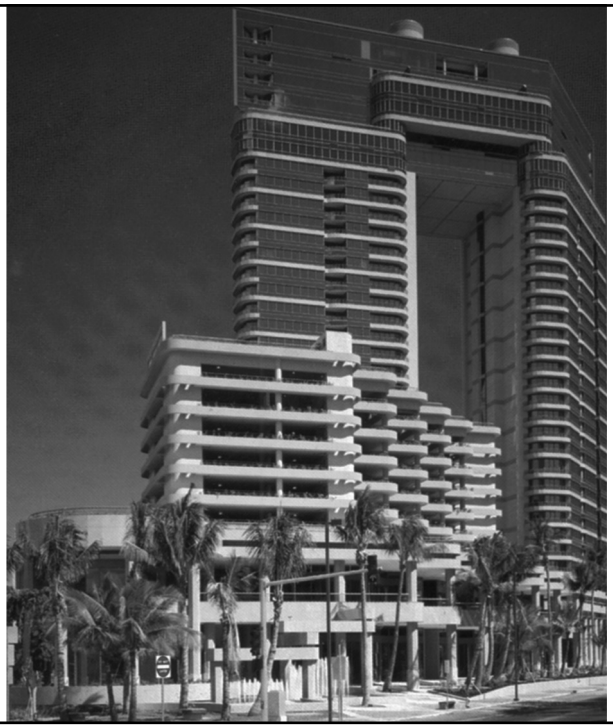
104

Sustentabilidade combina

em gênero, número e grau com

Concreto Pré-Moldado

105



106

107

108

109

110

111

112

113