

Concretos de Alto Desempeño: Un futuro Sustentable

Paulo Helene

Diretor PhD Engenharia

Prof. Titular Universidad de São Paulo USP

Consejero Permanente Instituto Brasileiro do Concreto IBRACON

Member fib(CEB-FIP) Service Life of Concrete Structures

Presidente ALCONPAT

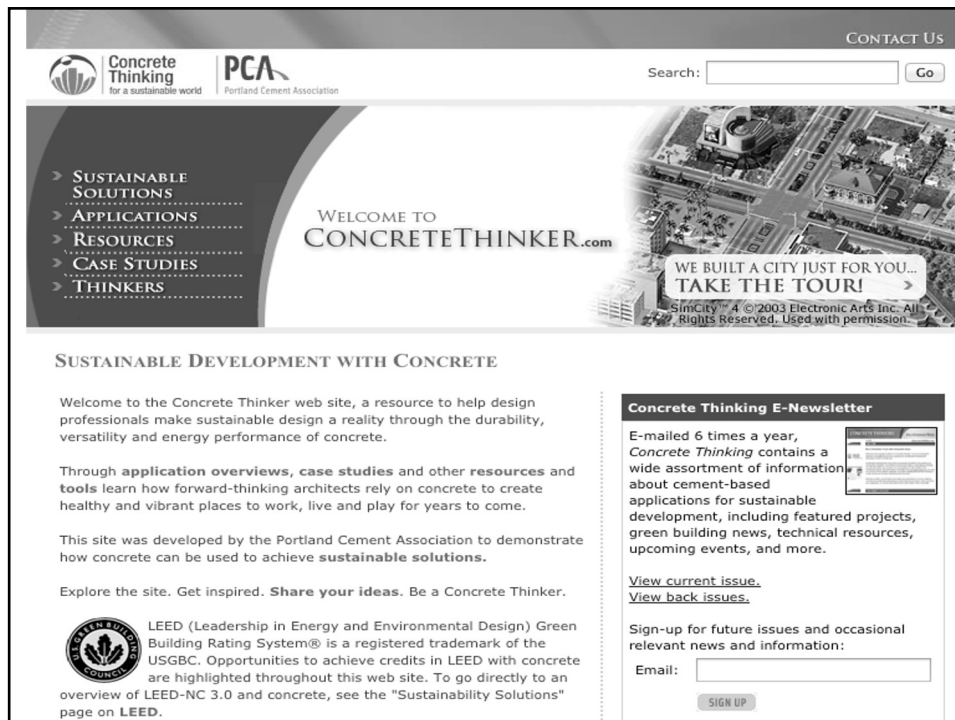
1

Sustentabilidad

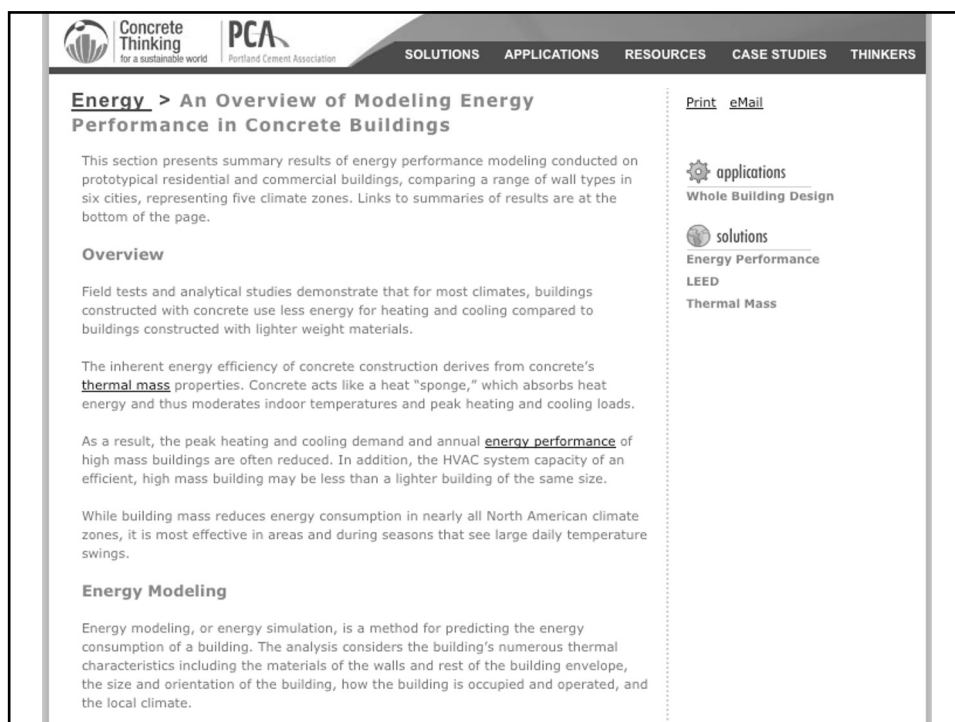
“...es el desarrollo que atiende las
necesidades del presente sin
comprometer las del futuro...”

Ambiental – Social - Economico

2



3



4



Concrete Thinking
for a sustainable world



PCA
Portland Cement Association

CONTACT US

Search:

Concrete Industry Sustainability Web Links

- www.ConcreteThinker.com by Portland Cement Association
- www.greenconcrete.info by National Ready Mixed Concrete Association
- www.green.concrete.org by American Concrete Institute
- www.greenrooftops.org by National Ready Mixed Concrete Association
- www.perviouspavement.org by National Ready Mixed Concrete Association
- www.cement.org/SMreport09 (Annual Manufacturing Report) by Portland Cement Association
- www.tilt-up.org/sustainability by Tilt-Up Concrete Association
- www.concretecentre.com by The Concrete Centre
- www.think-harder.org "Think Harder. Concrete" by Portland Cement Association

5



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 Concrete

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.

6

ACI / ISO / ASHRAE.USGBC.IES /

ACI Committee 130. Sustainability of Concrete

130-A: Materials

130-B: Production, Transportation, Construction

130-C: Structures in Service

130-D: Rating Systems / Sustainability Tools

130-E: Design / Specifications / Codes / Regulationd

130-F: Social Issues;

130-G: Education / Certification

U.S. Green Concrete Council. Sustainable Concrete Guide.
Strategies ans Examples. Applications

7

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

EN 15643-1:2012 - General framework

EN 15643-2:2011 - Environmental framework

EN 15978:2011 - Building Level Calculation Methods

EN 15941:2010 - Methodology for selection and use of
generic data

EN 15942:2011 - Communication formats: business to
business

8

ACI / ISO / ASHRAE.USGBC.IES /

Concrete Sustainability. *Forum I, 2009; Forum II, 2010; Forum III, 2011, Forum IV, 2012 y Forum V 2012.*

“reducir volumen and reducir CO₂”

“concreto es un material regional y como tal debe 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

9

Novedades desde “ACI Concrete Sustainability Forum V”. Toronto, Canada, Octubre 2012.

1. ACI 318 recién esta introduciendo criterios de diseño para sustentabilidad. Considera primordial: seguridad; serviceabilidad and durabilidad antes de sustentabilidad;
2. Perfeccionamiento de los metodos de dosificar con misturas bien compactas a partir de distribuciones granulométricas;
3. Uso de aridos reciclados, aditivos reductores de agua y adiciones de silica y metacaulin;
4. Introducción del cemento com 15% caliza molida ASTM C 595 y CSA A3000;

10

Novedades desde “ACI Concrete Sustainability Forum V”. Toronto, Canada, Octubre 2012.

5. Reactivar los conceptos holísticos de sustentabilidad que incluyen ambiente (CO₂, materias primas y energía), crecimiento económico y economía; y aspectos sociales (salud, confort, circulación);
6. Proyectar y construir estructuras de alto desempeño;
7. Proyectar y construir infra-estructura robusta y resiliente.

11

En Estados Unidos también:

American High-Performance Buildings Coalition
AHPBC

Unión de 27 asociaciones

Apoyar el desarrollo de edificios sustentables y normas

NRMCA

The National Ready Mixed Concrete Association

✓ *Empeza programa LCA (Life Cycle Assessment) completo y abrangente*

✓ *Introduce las mezclas de concreto con EPD (Environmental Product Declaration).*

✓ *Desea incrementar ventas y mejorar image del sector*

12

Redefining High-Performance Concrete Structures

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

1. Traer aridos hasta de 800km de distancia es interesting
2. 70% de escória ou de cinza volante clase F
3. Cimentación: 55MPa a 91dias Contenido: 119 kg/m³
4. Columnas 55MPa, a 91 dias Contenido: 133 kg/m³
5. Losas pretensadas 31MPa a 3dias e 41MPa a 56 dias.
Contenido = 208kg/m³

13

Nuevas 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

14

Nuevas Siglas

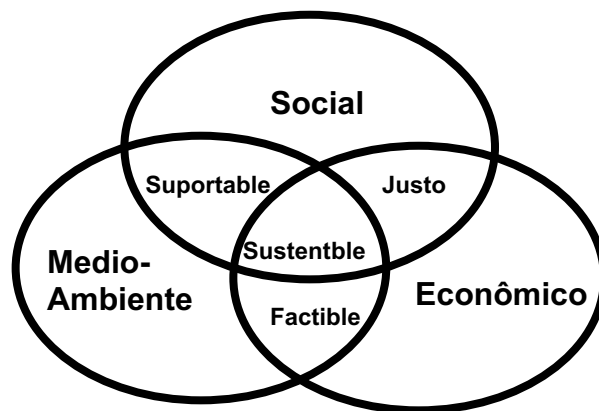
✓ Hace 40años ...

CR y CP

15

La Construcción Sustentable

Tripé de la Sustentabilidad



16

Que es 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.



17

LEED

O objetivo do sistema é reduzir a pegada 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.

18

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

19

**Concrete Thinking**
for a sustainable world

**PCA**
Portland Cement Association

SOLUTIONS APPLICATIONS RESOURCES

20

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	

21

Como el Concreto puede Contribuir?

LEED Credit Contribution Potential

May contribute to earning LEED credits in the category:

Credit 1.1 → Innovation and Design, desde que cemento ≤ 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%)

22

Concretos de Alto Desempenho: Un futuro Sustentable

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

23

Concretos de Alto Desempenho: Un futuro Sustentable

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

24

Concretos de Alto Desempenho: Un futuro Sustentable

Alguns Empreendimentos com certificação *LEED* no Brasil:



f_{ck} de projeto: 50MPa

Eldorado Business Tower
São Paulo/SP
PLATINUM

25

Concretos de Alto Desempenho: Un futuro Sustentable

Alguns Empreendimentos com certificação *LEED* no Brasil:



Razones del Platinum:

- ✓ Uso racional del agua
- ✓ Desarrollo de la tierra
- ✓ Eficiencia energética
- ✓ Cuidado ambiental residuos
- ✓ Aire acondicionado
- ✓ Frenado de elevadores
- ✓ Materiales sostenibles

gg

26

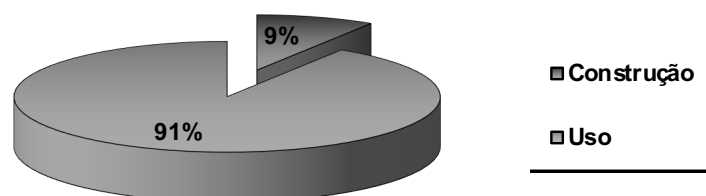
Concretos de Alto Desempeño: Un futuro Sustentable

Porque eses Programas controlan mucho el edificio en USO y no dan mucha importancia a los Materiales y Estructura ?

27

Edificación - Emisiones de GWP

*Considerando una vida útil de 50 años para una habitación de clase mediana →
Visión holística: operación y uso*



28

Como caminar em dirección a la SUSTENTABILIDAD en las estructuras de concreto?

29

Alternativas

1. atuar sobre los materiales
2. empregar agregados reciclados
3. empregar concreto auto-compactable
4. empregar concreto de elevada vida útil
5. empregar concreto de alta resistência

30

1. Atuando sobre os materiais constitutivos:

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

31

A INICIATIVA DE SUSTENTABILIDADE DO CIMENTO (WBCSD – CSI)



World Business Council for Sustainable Development

Cement Sustainability Initiative

- 1999
- 10 grupos internacionais
- No México: CEMEX
- No Brasil: Votorantim

32

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 México:



33

A INICIATIVA DE SUSTENTABILIDADE DO CIMENTO (WBCSD – CSI)



World Business Council for Sustainable Development

Cement Sustainability Initiative

- No Brasil:



34

COMO MITIGAR las EMISIONES DE CO₂?



World Business Council for Sustainable Development

Cement Sustainability Initiative

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

35

COMBUSTÍBLES 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”.

36

Concretos de Alto Desempenho: Un futuro Sustentable

2. Empleando concretos con agregados reciclados a partir de residuos generados por construcciones nuevas o demoliciones

37

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

38

Concretos de Alto Desempeño: Un futuro
Sustentable

3. Empleando concreto auto- compactable de elevado desempeño SCC

39



40

estudio comparativo



41

concreto auto-compactable



concreto vibrado

42

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

43



44

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

45

Concretos de Alto Desempenho: Un futuro
Sustentable

4. Empleando concreto de elevada vida útil

46

Carbonatación

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

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

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

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

47



48

Concretos de Alto Desempeño: Un futuro
Sustentable

5. Empleando concreto de alta resistencia HSC

51

Concretos de Alto Desempeño: Un futuro
Sustentable

- **CO₂?**
- **Energia?**
- **Recursos naturais?**
- **Vida Útil?**

52

Concretos de Alto Desempeño: Un futuro
Sustentable

Columna para 500t

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

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

53

**Considerando una columna central típico de un
edificio de 20 pisos sección quadrada, 3m de altura,
armadura principal**

Fuerza normal característica = 500 tf

f_{ck} (MPa)	taxa de refuerzo (%) → total do pilar	sección (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

54

Concretos de Alto Desempeño: Un futuro
Sustentable

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

$$\text{Cemento} = 280 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Arena} = 845 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Grava} = 1036 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Água} = 210 \text{ kg/m}^3$$

55

Concretos de Alto Desempeño: Un futuro
Sustentable

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

$$\text{Cemento} = 420 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Arena} = 801 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Grava} = 1010 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Água} = 160 \text{ kg/m}^3$$

56

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)		1588	3006	5.060
CA 50 & CA 60 (sucata)	4,43	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.*

57

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	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			428	933
			631	6636

58

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 315kg	719	23	640
			226	6300
Formas 12 m ² /m ³ 6 reutilizações chapa de 1,4cm	0,0280 m ²	0	0	43
TOTAL			630	1117
			833	6777

59

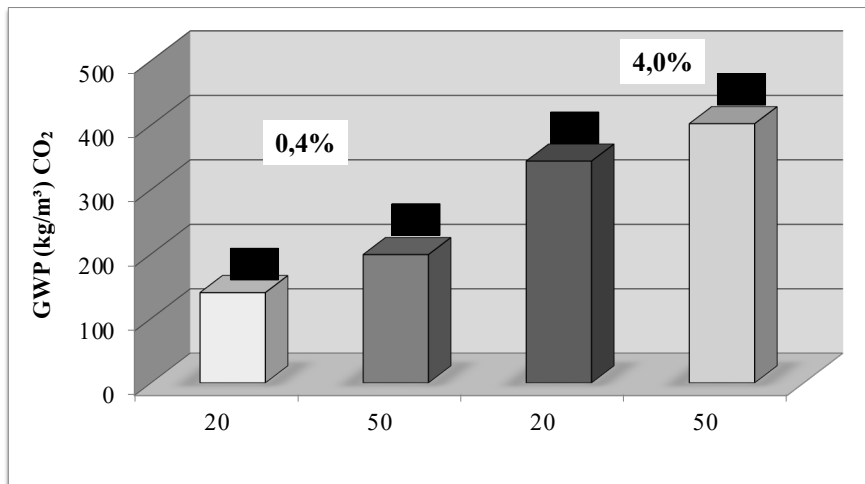
1 m³ de Concreto estrutural

Material	Tipo	f_{ck}	GWP	Energia
		MPa	kg/m ³	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

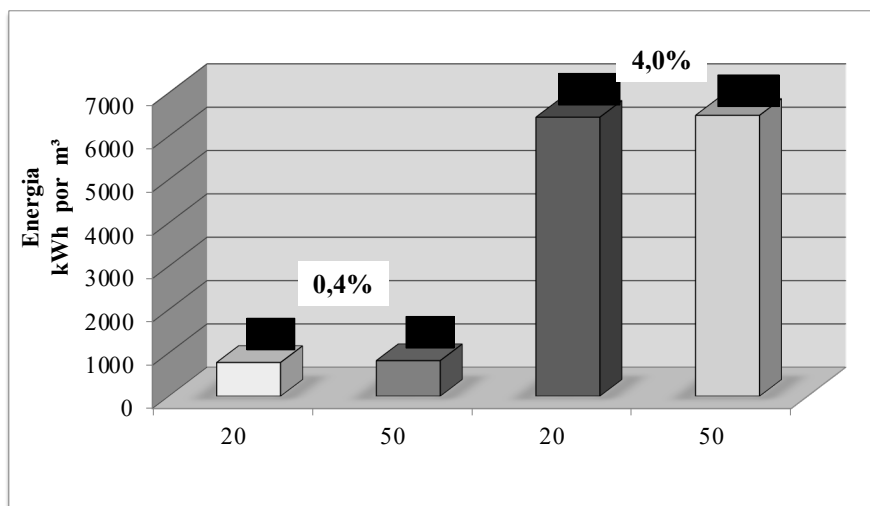
60

1 m³ de concreto estrutural com 70% escoria



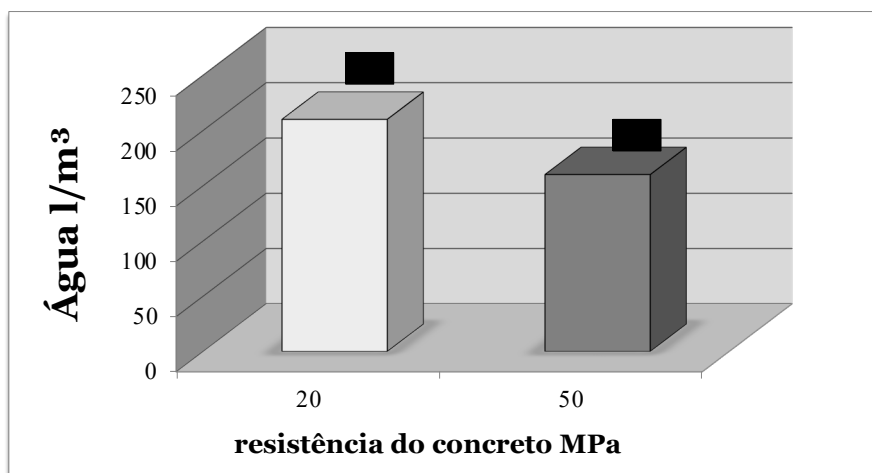
61

1 m³ de concreto estrutural



62

1 m³ de concreto estrutural



63

Columna com 3m 0,4% refuerzo, 500tf

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

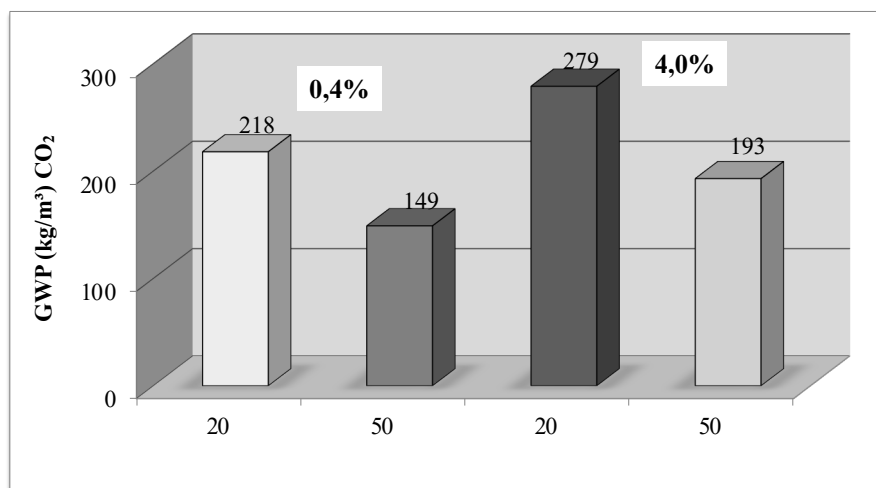
64

Columna 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

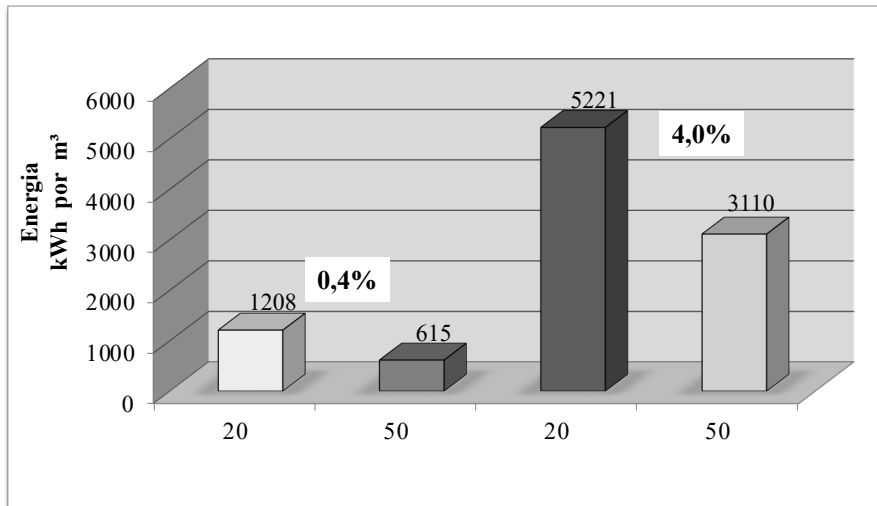
65

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



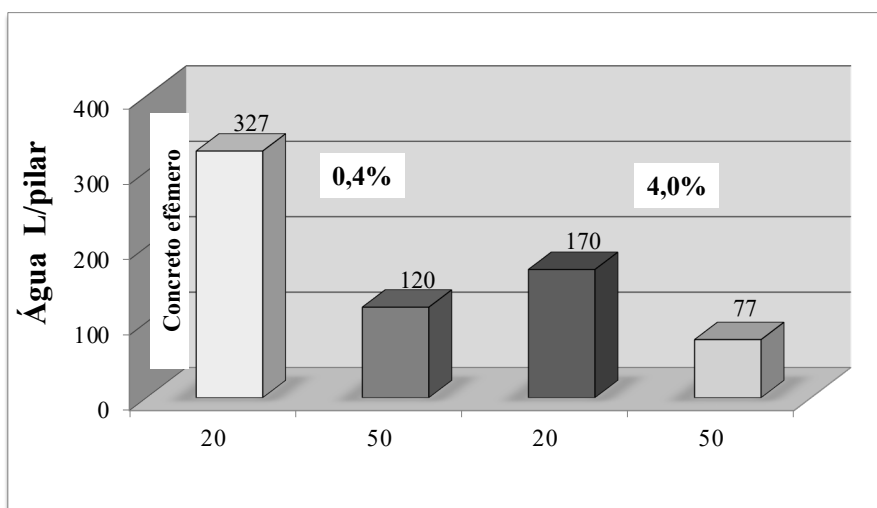
66

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



67

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



68

Concretos de Alto Desempeño: Un futuro
Sustentable

Investigación:

**Cual es el Concreto Estructural más
Sustentable?**

$$f'c = 25\text{MPa (250kgf/cm}^2\text{)}$$

$$f'c = 30\text{MPa (300kgf/cm}^2\text{)}$$

$$f'c = 35\text{MPa (350 kgf/cm}^2\text{)}$$

69

El futuro apunta al LCA, LCIA and LCI
ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA
de la “cuna a la tumba”

Indicadores de evaluación del impacto

- Potencial de calentamiento global, en kg de CO_{2,eq},
- Potencial de agotamiento de ozono estratosférico: en kg de CFC11_{eq}
- Potencial de acidificación, en kg de SO_{2,eq}
- Potencial de eutrofización, en kg de PO₄³⁻_{eq}
- Potencial de agotamiento de recursos abióticos, en kg de Sb_{eq}
- Potencial de formación de ozono fotoquímico, en kg de etano

Indicadores de inventario de ciclo de vida

- Consumo de energía primaria no renovable, en MJ,
- Consumo de energía primaria renovable, en MJ,
- Utilización de combustibles secundarios no renovables, en MJ,
- Utilización de combustibles secundarios renovables, en MJ,
- Consumo de agua dulce, en m³,
- Producción de residuos (peligrosos, no peligrosos y radioactivos), en kg
- Material de salida para (reutilización, reciclaje, valorización energética), en kg

70

Investigación: edificio en concreto reforzado

- Planta baja;
- 8 pisos tipo;
- cobertura, escaleras y reservatório superior

análise comparativa:

- 25 MPa,
- 30 MPa, mantidas las mismas dimensiones de las piezas estructurales de 25MPa.
- 35MPa, con reducción de las dimensiones de las piezas

Área estructural obtida foi de 2.078 m².

Portanto carga característica de 0.55 tf/ m² (carga permanente + carga accidental).

71

Investigación: edificio en concreto reforzado

25 MPa :

Cemento: 310 kg
Arena: 870 kg = 0,53 m³ arena / m³ concreto
Grava: 930 kg = 0,52 m³ grava / m³ concreto
Agua: 180 kg (o litros)

30 MPa :

Cemento: 340 kg
Arena: 770 kg = 0,47 m³ arena / m³ concreto
Grava: 970 kg = 0,54 m³ grava / m³ concreto
Água: 180 kg (o litros)

35 MPa :

Cemento: 370 kg
Arena: 744 kg = 0,45 m³ arena / m³ concreto
Grava: 960 kg = 0,53 m³ grava / m³ concreto
Agua: 180 kg (o litros)

72

Investigación: edificio en concreto reforzado
Cantidad de materiales

Para 25MPa :

concreto	encofrado	acero
471 m ³	4596 m ²	41619 kg
0,23 m ³ /m ²	2,20 m ² /m ²	20,0 kg/m ²
		88,0 kg/m ³

Para 30MPa :

concreto	encofrado	acero
471 m ³	4596 m ²	40130 kg
0,23 m ³ /m ²	2,20 m ² /m ²	19,3 kg/m ²
		85,1 kg/m ³

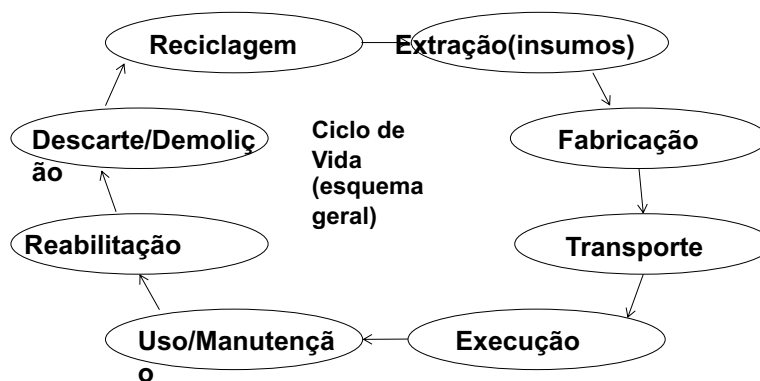
Para 35MPa :

concreto	encofrado	acero
401 m ³	4464 m ²	39596 kg
0,19 m ³ /m ²	2,10 m ² /m ²	19,1 kg/m ²
		98,7 kg/m ³

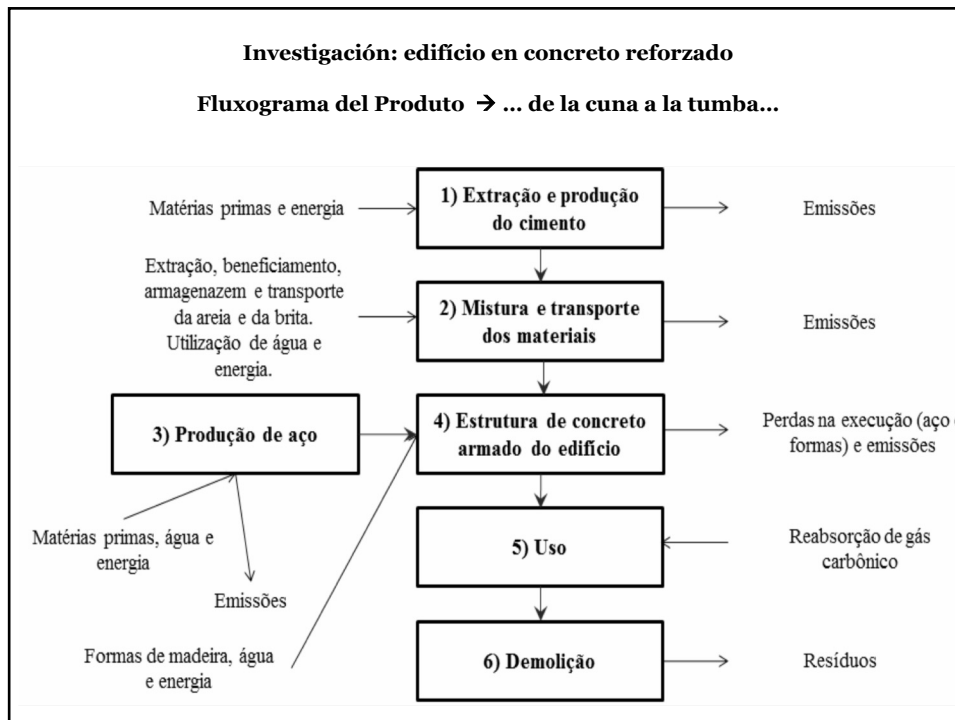
73

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



74



75

a guide to understanding
**the embodied impacts
of construction products**

construction products association

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

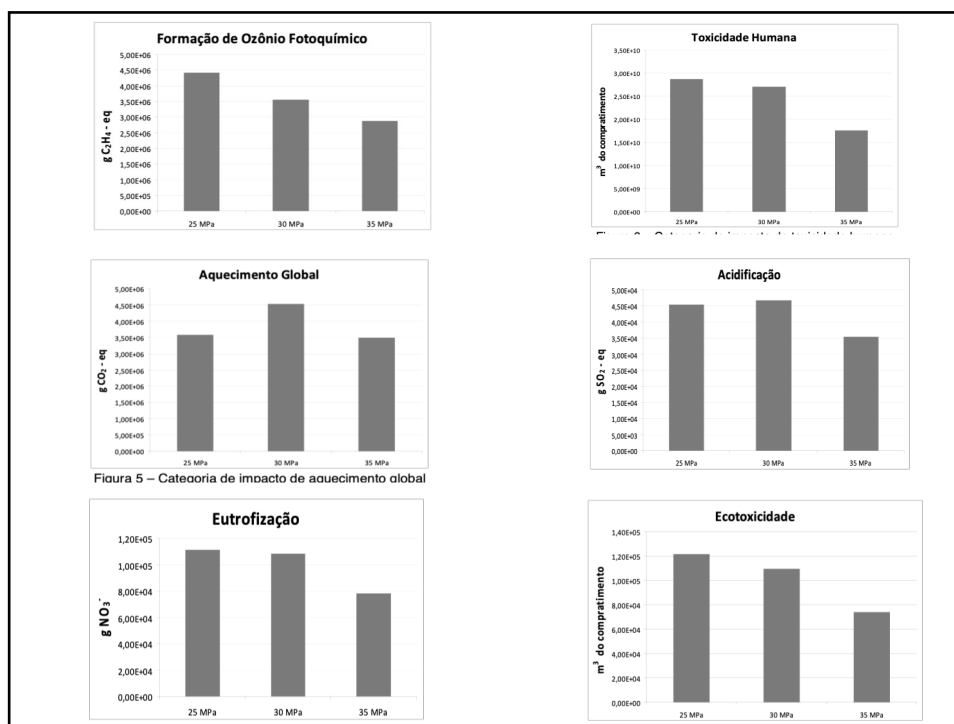
76

Investigación: edificio en concreto reforzado

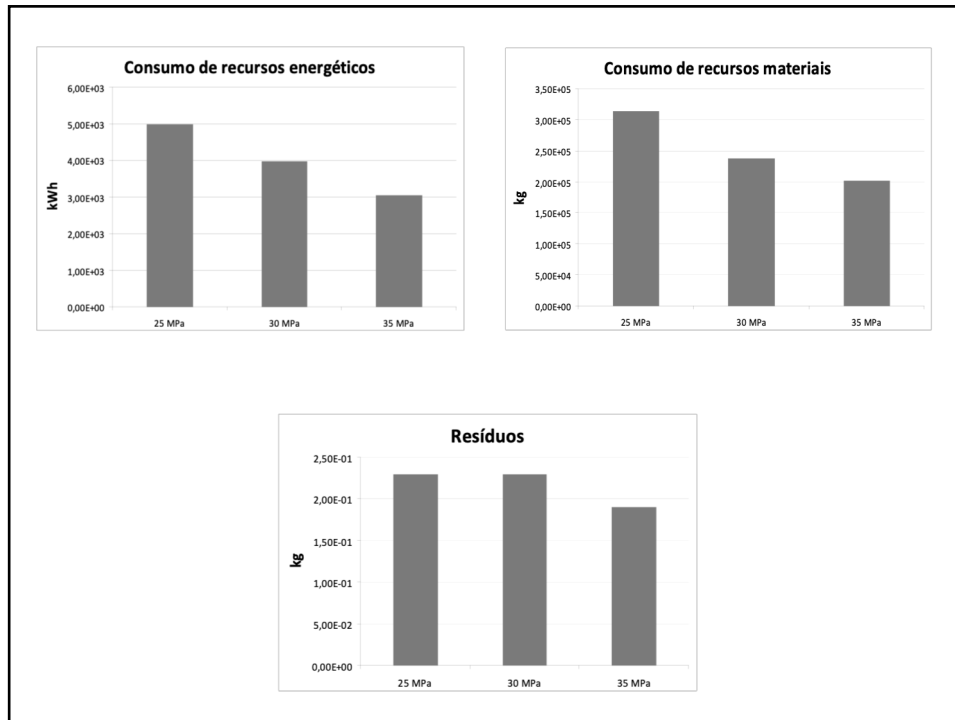
... de la cuna a la tumba...

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 ₂ H ₄ -eq.]	24.2	18.0	0.8	4.6	0.7

77



78



79

Investigación: edificio en concreto reforzado

Este es una investigación del Ing. Ricardo Bento y es parte de su tesis de Doctorado que todavía está en curso (andamio / progreso)

“A pesar de no estar totalmente concluida ya es posible afirmar que hubo una ventaja clara en substituir concretos de 20MPa por concretos de 35MPa en un edificio de clase mediana baja con apenas 8 pisos.”

“Los estudios en progreso van analizar otras situaciones, casas y edificios altos (>25 pisos) para comprobar que se puede generalizar estas conclusiones parciales pero muy promisoras y a favor del desarrollo de los hormigones de altas prestaciones (alto desempeño)”

80

Esas herramientas ambientales claramente establecidas na série ISO14025 permitem la creación de una declaración tipo III, o sea permiten una clasificación objetiva de produtos y servicios para construção civil

De ese modo crease **una transparência** de los produtos quanto a sus impactos ambientales.

81

La revolución que esta en curso a partir de esos conceptos torna posible la utilización de una metodología padronizada de coleta de datos, avaliação de impactos ambientais, acceso a la información homogeneizada, y a la revisión permanente del desempeño ambiental de produtos y servicios



82



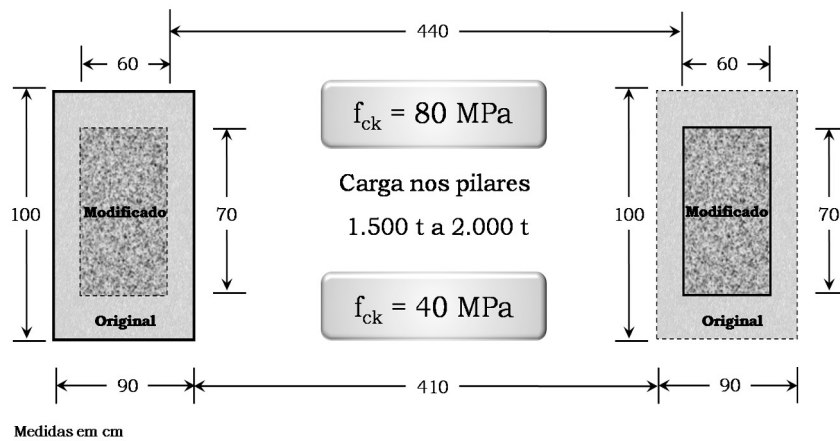
83

e-Tower

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

84

Proyecto estructural (e-Tower)



85



86

Control



87



88

Economía de Recursos Naturales

Original:

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

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

0,90m²

HPC / HSC:

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

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

0,42m²

89

Sustentabilidad



- **70% menos arena**
- **70% menos grava**
- **53% menos concreto**
- **53% menos agua**
- **20% menos cemento**
- **31% menos área de molde**

90

Sustentabilidade



- **25% mas de reaproveitamento del molde**
- **43% menos acero**
- **16 coches a mas**
- **3x vida útil más grande**
- **100% desforma mais rápida**

91

Puntos Importantes

Concepto de rendimiento:

Considerando apenas el contenido de cemento:

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

92

Como ser más Sustentables?

1. reducir emisión de gases estufa
2. reducir energía consumida
3. reducir consumo de recursos naturales no renovables
4. usar racionalmente el concreto (hacer más con menos)
5. Cambiar el “modo de viver de algunos”

93

Concreto Sustentable es:

- más resistente
- más durable
- más humano (< ruido y < esfuerzo físico)
- consumir menos recursos materiales no renovables
- consumir menos agua
- consumir menos energía
- producir menos residuos y basura

94

Beleza
Segurança
Durabilidade

Anistado por
90 milhões
de rebóis.

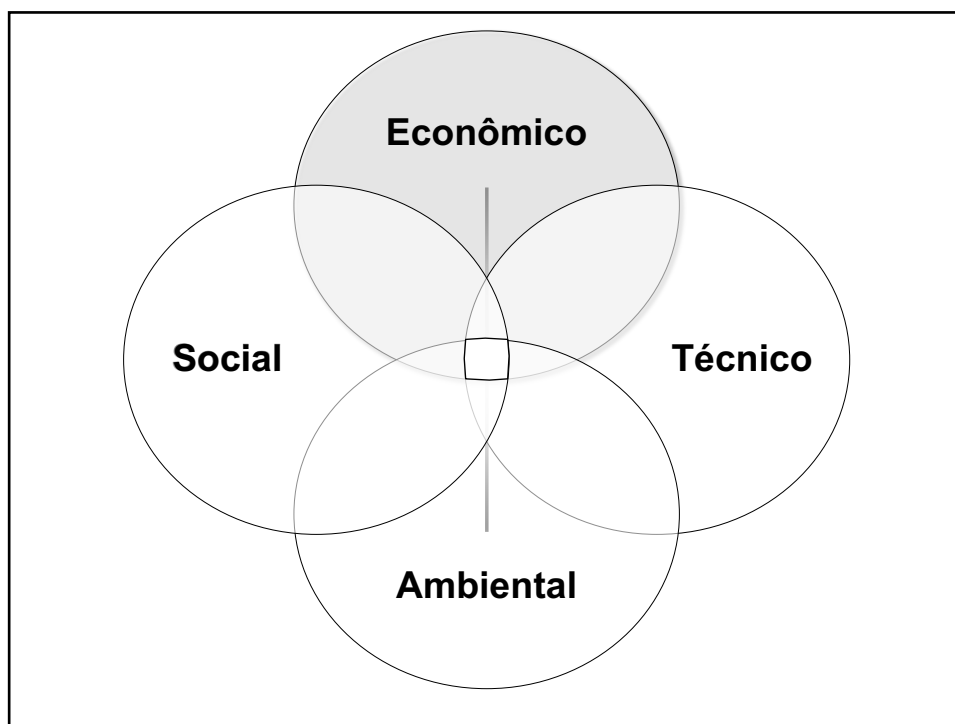
O **Concreto** tem respeito pelo
Meio Ambiente por sua capacidade de:

- Ser reciclável
- Incorporar os rejeitos industriais
- Confinar materiais perigosos
- Fixar gás carbônico CO_2

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




95



96



97