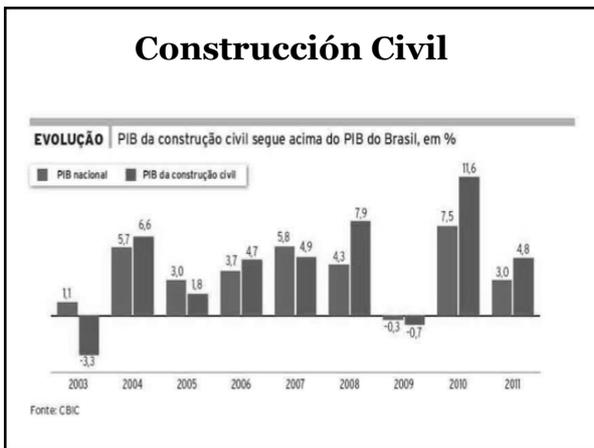



Estructuras de Concreto y el Desarrollo Sustentable de las Edificaciones


Paulo Helene
 Diretor PhD Engenharia
 Conselheiro Permanente IBRACON
 Presidente ALCONPAT Internacional
 Prof. Titular Universidade de São Paulo
 Member fib(CEB-FIP) Service Life of Concrete Structures

Centro Banamex 29 de mayo de 2012 Ciudad de México

- BRASIL**
- ✓ 2007 → 1^{er} edificación certificado LEED
 - ✓ 2012 → 46 edificios, com 503 registros
 - ✓ solamente uno Platinum
 - ✓ 2007 → 30% más caro inversión inicial
 - ✓ 2012 → 1% a 7% atualmente
 - ✓ todavia 1% do mercado brasileiro
 - ✓ Brasil está en cuarto lugar en LEED
 - ✓ (USA, China, Emirados Árabes, ..México)
 - ✓ The Economist → Curitiba → 1^{er} Verde



- BRASIL**
- LEED → 503 edificios
 - AQUA (Alta Qualidade Ambiental) → 53 edificios
 - BREEAM (inglês)
 - DGNB (alemão)
 - RGMat (brasileiro)
 - IFBQ (brasileiro)

 - Custo de Operação US\$8 a US\$9 / m²
 - Certificado LEED US\$ 4,5 a US\$ 5,5 / m²

 - Futuro o Retrofit deve crescer muito


 WELCOME TO CONCRETETHINKER.com
 WE BUILT A CITY JUST FOR YOU. TAKE THE TOUR!

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 concrete-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:


 SOLUTIONS APPLICATIONS RESOURCES CASE STUDIES THINKERS

Energy > An Overview of Modeling Energy Performance in Concrete Buildings

[Print](#) [email](#)

applications
Whole Building Design

solutions
Energy Performance
LEED
Thermal Mass

This section presents summary results of energy performance modeling conducted on prototypical residential and commercial buildings, comparing a range of wall types in six cities, representing five climate zones. Links to summaries of results are at the bottom of the page.

Overview

Field tests and analytical studies demonstrate that for most climates, buildings constructed with concrete use less energy for heating and cooling compared to buildings constructed with lighter weight materials.

The inherent energy efficiency of concrete construction derives from concrete's **thermal mass** properties. Concrete acts like a heat "sponge," which absorbs heat energy and thus moderates indoor temperatures and peak heating and cooling loads.

As a result, the peak heating and cooling demand and annual **energy performance** of high mass buildings are often reduced. In addition, the HVAC system capacity of an efficient, high mass building may be less than a lighter building of the same size.

While building mass reduces energy consumption in nearly all North American climate zones, it is most effective in areas and during seasons that see large daily temperature swings.

Energy Modeling

Energy modeling, or energy simulation, is a method for predicting the energy consumption of a building. The analysis considers the building's numerous thermal characteristics including the materials of the walls and rest of the building envelope, the size and orientation of the building, how the building is occupied and operated, and the local climate.

Concrete Thinking **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

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.

Concrete Joint Sustainability Initiative About News & Events Contact

What is a Sustainable Material? Get the Toolkit How to Specify Concrete

So, what does it mean for a material to be sustainable? There are few absolute answers to this, but there are basic questions to ask as a starting point to assess the sustainability of any material.



- Do we need it (or what it is being used for)?
- Does it suit the purpose to which it is applied?
- How far did it come?
- How finite are the source materials? Do they regenerate and how quickly?
- What did we need to do to get it to its usable form? Did this process produce/release toxins or destroy habitat?
- How much energy and water did it take to make it?
- How much waste material did it generate?
- What does it need to operate – maintenance inputs, operating energy?
- Were the people involved in producing, delivering, and installing it fairly compensated? Were they provided with safe and healthy working conditions?
- How long will it last? What happens at the end of its service life?

BASF The Chemical Company **BASF → Green Sense Concrete**

Environmental Categories

Consumption of Energy	Emissions	Toxicity Potential	Risk Potential	Consumption of Raw Materials	Land Use
• Cumulative energy utilized in the cradle-to-gate analysis • Fossil and renewable resources are included	• Described by categories: - Air - Water - Solids	• Potential effect on human health toxicity	• Potential for physical hazard (accident and occupational diseases) • Based on published statistical data	• Materials are weighed according to reserves and global consumption	• Degree of land development needed to fulfill the production of concrete

Global Warming Potential
Ozone Depletion Potential
Photochemical Ozone Creation Potential
Acidification Potential

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 / Regulation
 130-F: Social Issues;
 130-G: Education / Certification

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

ACI / ISO / ASHRAE.USGBC.IES /

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

ACI / ISO / ASHRAE.USGBC.IES /

Concrete Sustainability. *Forum I, 2009; Forum II, 2010; Forum III, 2011 e Forum IV, 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

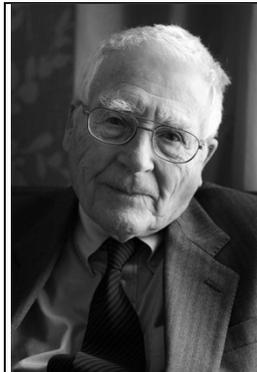
ISO 13315-4: Environmental Design of Concrete Structures

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



James Ephraim Lovelock (1919)

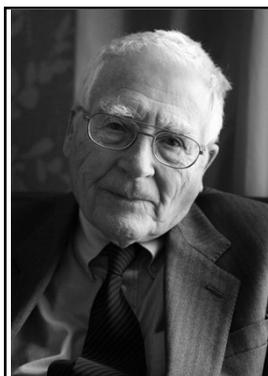
Lovelock é um pesquisador independente e ambientalista que vive na Cornualha no oeste da Inglaterra.

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 persistência 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*”.



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 **CO₂** não é mais bandido e a *Revolução Industrial* não destruirá a humanidade...

- ❖ Está escrevendo um novo livro, que comporá 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*”.
- ❖ No novo trabalho, mais otimista, registra a sua mudança de opinião: “*O problema é que não sabemos o que o clima está fazendo. A gente achava que sabia há 20 anos. Isso levou a alguns livros alarmistas – o meu inclusive – porque aquilo parecia claro, mas não aconteceu*”.
- ❖ “*O clima está fazendo suas trapaças de sempre. De fato, nada está acontecendo ainda. Nós deveríamos estar a meio caminho da frigideira. O mundo não aqueceu desde o começo do milênio. A temperatura se mantém constante, quando deveria estar crescendo. O dióxido de carbono está crescendo, sobre isso não há dúvida mas ainda não houve consequências claras*”.
- ❖ Ele registra ainda que os filmes “*Uma Verdade Inconveniente*”, de Al Gore, e “*The Weather Makers*”, de Tim Flannery são também alarmistas.

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-patrolha-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=ZiuDo1_ctg&feature=related
- ✓ <http://www.youtube.com/watch?v=Pqz4yMzbwFo&feature=related>
- ✓ <http://www.youtube.com/watch?v=mcJVoaSWgSY>



Estructuras de Concreto y el Desarrollo Sustentable de las Edificaciones



Paulo Helene

“Instituto de Pesquisas em Construção de Obras”

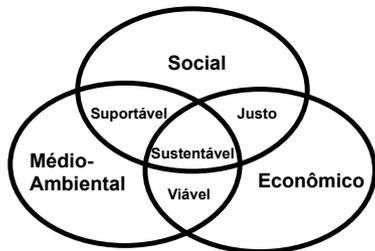
Centro Banamex

29 de mayo de 2012

Ciudad de México

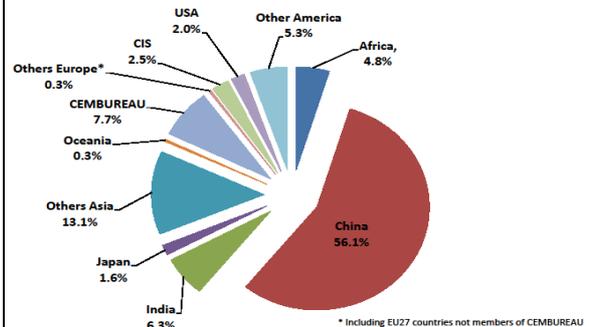
La Construcción Sustentable

Tripé de la Sustentabilidad



O Concreto em 2010

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



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

PANORAMA DA INDÚSTRIA DE CIMENTO

Distribuição das fábricas

- 12 grupos industriais
- 71 fábricas
 - 47 fábricas completas
 - 24 moagens
- Produção Nacional:
 - 2011 → 67 Mt/ano
 - 2016 → 110 Mt



Fonte: SINIC, 2010

O Concreto, no Brasil, em 2011

67 milhões de t de cimento
60% para concreto
40 milhões de t de cimento
320kg/m³
124 milhões de m³
301 milhões de t
75 milhões de m³ de agregado
23 bilhões de litros de água

O Concreto

Estima-se que 5% 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.

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

O Concreto e a Sustentabilidade na Construção Civil

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

→ CISCFC → 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

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.



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.

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



SOLUTIONS APPLICATIONS RESOUR

Benefits > LEED Green Building Rating System

What is LEED?

Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) is a rating system devised by the United States Green Building Council (USGBC) to evaluate the environmental performance of a building and encourage market transformation towards sustainable design. The system is credit-based, allowing projects to earn points for environmentally friendly actions taken during construction and use of a building. LEED was launched in an effort to develop a “consensus-based, market-driven rating system to accelerate the development and implementation of green building practices.” The program is not rigidly structured; not every project must meet identical requirements to qualify.

These LEED products are currently available:

- LEED - v3.0 for New Construction and Major Renovations
- LEED - for Homes
- LEED - for Core and Shell
- LEED - for Existing Buildings: Operations and Maintenance
- LEED - for Commercial Interiors
- LEED - for Schools
- LEED - for Retail
- LEED - for Healthcare
- LEED - for Neighborhood Development (in pilot stage)

Detailed information on the LEED program and project certification process is available from USGBC at <http://www.usgbc.org/>. The program outlines the intent, requirements, technologies, and strategies for meeting each credit. Credits are broken down into individual points. A building requires at least 40 points for certification in LEED-NC v3.0. Silver, gold, and platinum levels are also available.

Green Building Design & Construction (BD&C)					
Category	PREVIOUS LEED-NC v2.0		NEW 2009 LEED-BDC v0*		CHANGE
	Prerequisites	Credits	Prerequisites	Credits	
Sustainable Sites	1	14	1	26	+12 credits
Water Efficiency	-	6	1	10	+1 (extra) +5 credits
Energy & Atmosphere	3	17	3	35	+18 credits
Materials & Resources	3	13	2	14	-1 credit
Indoor Environmental Quality	3	16	3	16	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 v2.0		NEW 2009 LEED-ID&C v3		CHANGE
	Prerequisites	Credits	Prerequisites	Credits	
Sustainable Sites	-	7	-	21	+14 credits
Water Efficiency	-	2	1	11	+9 (extra) +9 credits
Energy & Atmosphere	3	12	3	27	+15 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 v3.0		NEW 2009 LEED-EBOM 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	39	+9 credits
Materials & Resources	2	14	2	19	+5 credits
Indoor Environmental Quality	3	13	3	15	+2 credits
Innovation in Design	-	5	-	6	+1 extra credit
Regional Priority	-	-	-	4	+4 extra credit
Total Points	9	90	7	100 + 10	

Como o Concreto pode Contribuir?

LEED Credit Contribution Potential

May contribute to earning LEED credits in the category:

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%)

How Concrete Can Contribute to Points

PROJECT CHECKLIST - LEED- New Construction (NC) v3

Sustainable Sites		Points
Credit 3	Brownfield Redevelopment	1
Credit 5.1	Site Development, Protect or Restore Habitat	1
Credit 5.2	Site Development, Maximize Open Space	1
Credit 6.1	Stormwater Design, Quantity Control	1
Credit 6.2	Stormwater Design, Quality Control	1
Credit 7.1	Heat Island Effect, Non-roof	1
Credit 7.2	Heat Island Effect, Roof	1

Energy and Atmosphere		Points
Prerequisite 2	Minimum Energy Performance	Required
Credit 1	Optimize Energy Performance	1 - 19

Materials and Resources		
Credit 1.1	Building Reuse, Maintain 55%, 75%, 95% of Existing Walls, Floors, and Roof	up to 3
Credit 2	Construction Waste Management, Divert 50% or 75%	up to 2
Credit 4	Recycled Content, 10% or 20% (post-consumer plus ½ pre-consumer)	up to 2
Credit 5	Regional Materials, 10% or 20%	up to 2

Innovation and Design Process		
Credit 1	Innovation in Design	1-5
Credit 2	LEED Accredited professional	1
Project Totals		25 - 34

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

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

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
PLATINUM

O Concreto e a Sustentabilidade na Construção Civil

Alguns Empreendimentos com certificação *LEED* no Brasil:



Razones del Platinum:

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

gg

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.

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:

Edificação - Emissões de GWP

Visão holística: operação e uso



Construção Civil

tempo – custo – qualidade (trinômio clássico)

- PRODUÇÃO → pós-guerra
- CAMINHO CRÍTICO → anos 60
- DESEMPENHO → anos 70, ISO 6241
- QUALIDADE → anos 80, ISO 9000
- Gestão AMBIENTAL → anos 90, ISO 14000
- VIDA ÚTIL → anos 00, ISO 15686
- Produtividade, Re-engenharia, Lean Construction (*Toyota Production System*), Life Cycle Cost, Life Cycle Analysis, Life Cycle Assessment, Inovação Tecnológica
- SUSTENTABILIDADE → 2005

Por que tantas “palavras de ordem” ?

- ✓ criar novos desafios;
- ✓ impulsionar o conhecimento;
- ✓ alcançar o desenvolvimento;
- ✓ superar a inércia da acomodação.

→ *Maior aproveitamento dos países desenvolvidos.*
→ *Na Construção Civil e em especial o CONCRETO pode e tem acompanhado o movimento internacional*

Revolução Industrial 1750 ...

→ carvão 1750-1850; → petróleo; → nuclear, hidrelétrica, → 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

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*

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

1996 → ISO 14000 Meio Ambiente
Aspectos gerenciais de produtos e serviços

1997 → Protocolo de Kyoto:
em 2020 emitir 6% menos gases estufa que em 1990 → países desenvolvidos

2002 → Resolução 307 do CONAMA Conselho Nacional de Meio Ambiente

2007 → USGBC → BRGBC (CBCS Conselho Brasileiro de Construção Sustentável)

Vários selos → 2012 --. RGMat (EPUSP.Vanzolini)

2012 → RIO +20 no Rio de Janeiro
prevista para acontecer no mês de junho.



Eventos Oficiais

- III Reunião do Comitê Preparatório:
13/06/2012 - 15/06/2012 , Riocentro
- Diálogos para o Desenvolvimento Sustentável:
16/06/2012 - 19/06/2012 , Rio de Janeiro
- Segmento de Alto nível da Conferência:
20/06/2012 - 22/06/2012 , Riocentro

Temas abordados

- **A Economia Verde no contexto do Desenvolvimento Sustentável e da erradicação da pobreza**
oportunidades de complementaridade e de sinergia com outros esforços internacionais, englobando atividades e programas para atender às diferentes realidades de países desenvolvidos e em desenvolvimento
- **Estrutura Institucional para o Desenvolvimento Sustentável**
melhorar a coordenação e a eficácia das atividades desenvolvidas pelas diversas instituições do sistema ONU que se dedicam aos diferentes pilares do desenvolvimento sustentável (econômico, social e ambiental)

Sustentabilidade

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

Ambiental – Social - Econômica

Arte e Ciência da Construção

Marcus Vitruvius Pollio (*Engenheiro / Arquiteto Romano*)

40 anos aC → “*De Architectura*”

10 volumes → 800 anos como best - seller

<i>Utilitas</i>	(<i>funcional</i>)
<i>Firmitas</i>	(<i>estável e durável</i>)
<i>Venustas</i>	(<i>bonita</i>)

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

Arte e Ciência da Construção

Marcus Vitruvius Pollio (*Engenheiro / Arquiteto Romano*)

40 anos aC → “*De Architectura*”

10 volumes → 800 anos como best - seller

<i>Utilitas</i>	(<i>funcional</i>)
<i>Firmitas</i>	(<i>estável e durável</i>)
<i>Venustas</i>	(<i>bonita</i>)

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

Sustainable

Concreto e Sustentabilidade

1. Sustentabilidade na construção civil
2. Concreto
 - Materiais constitutivos
 - Concreto com agregados reciclados
 - Concreto auto-adensável SCC
 - Concreto de elevada vida útil HPC
 - Concreto de alta resistência HSC

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

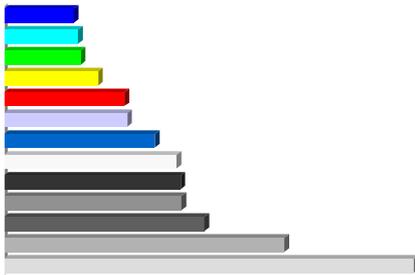
→população mundial crescente
→precisa de muitos empregos → precisa de muita infra-estrutura → precisa da construção civil → precisa das estruturas de concreto

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

Indicadores de desenvolvimento
consumo de cimento per capita



Como caminhar em direção à SUSTENTABILIDADE nas estruturas de concreto?

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

Como alcançar SUSTENTABILIDADE nas estruturas de concreto?

1. Atuando sobre os materiais constitutivos:
 - cimento
 - agregado miúdo
 - agregado graúdo
 - água;
 - aditivos;
 - armadura / aço;
 - fôrma

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

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:



A INICIATIVA DE SUSTENTABILIDADE DO CIMENTO (WBCSD – CSI)



World Business Council for Sustainable Development

Cement Sustainability Initiative

- No Brasil:



A INICIATIVA DE SUSTENTABILIDADE DO CIMENTO (WBCSD – CSI)



World Business Council for Sustainable Development

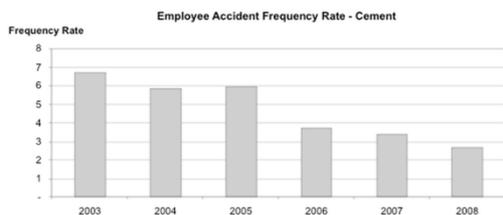
Cement Sustainability Initiative

Principais focos do conselho:

- Proteção do clima
- Combustíveis e matéria-prima
- Saúde e segurança
- Redução de emissões
- Impactos locais
- Sustentabilidade com concreto

Saúde e Segurança

A grande meta da “Cement Sustainability Initiative”(CSI) é ter índice ZERO de acidentes entre os membros do conselho.



Impactos Locais da Produção do Cimento

Positivos: geração de empregos e aumento de bens e serviços, o que é significativo em regiões remotas em países em desenvolvimento.

Negativos: poeira e ruído; alteração da paisagem, da bacia hidrográfica e da biodiversidade devido à extração de calcário.

Os membros do CSI acreditam que para a instalação num determinado local é necessário um estudo caso a caso do potencial ambiental econômico e social da comunidade local. Assim é gerado um relatório (Environmental and Social Impact Assessment - ESIA) e com ele são escolhidos os melhores planejamentos para a indústria de cimento.

COMO MITIGAR AS EMISSÕES DE CO₂?

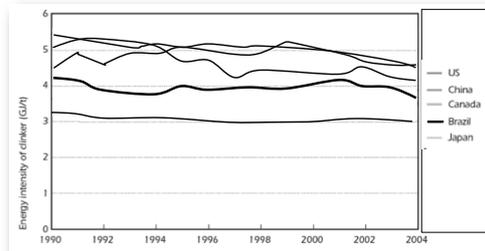


World Business Council for Sustainable Development
Cement Sustainability Initiative

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

ENERGIA

- Consumo de energia por tonelada de clínquer, incluindo combustíveis alternativos



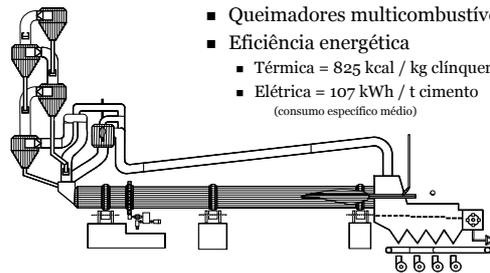
Fonte: FICEM

REDUZINDO Consumo de Energia

CO-PROCESSAMENTO

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)



Maçarico multi-combustíveis

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



Volumes co-processados

1991 a 2003
~
1,6 milhão t

Atual
~
800 mil t / ano



Potencial da indústria
cimenteira nacional
~
1,5 milhão t resíduos/ano

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”.

REDUZINDO Consumo de Energia

INCORPORAÇÃO DE REJEITOS INDUSTRIAIS

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)

justificativas para o uso das adições

- TÉCNICAS: melhoria de propriedades específicas
- ECONÔMICAS: redução de custos, diminuição do consumo energético
- ECOLÓGICAS: aproveitamento de resíduos poluidores
- ESTRATÉGICAS: preservação das jazidas

Como alcançar SUSTENTABILIDADE nas estruturas de concreto?

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

Agregados reciclados



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

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

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

concreto	$f_{c,28}$	C	E_{ci}
referência	23MPa	350	23GPa
50%	20MPa	350	20GPa
100%	18MPa	350	19GPa

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

concreto	$f_{c,28}$	C	E_{ci}
referência	26MPa	410	25GPa
50%	27MPa	425	25GPa
100%	28MPa	455	25GPa

Como alcançar SUSTENTABILIDADE nas estruturas de concreto?

3. Empregando concreto auto-adensável de elevado desempenho SCC



estudo comparativo





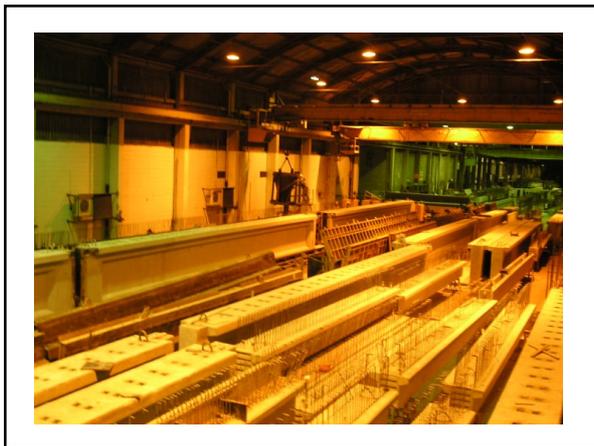
10 x produtividade

CC: moldagem e acabamento: 4,4min + 3,3min
 nº 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
 nº de operários empregado: três (3)
 caçamba (1) e acabamento (2)

0,081 h.h/ m³ de concreto



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

Como alcançar SUSTENTABILIDADE nas estruturas de concreto?

4. Empregando concreto de elevada vida útil

VIDA ÚTIL

...período de tempo durante o qual a estrutura mantém certas características mínimas de segurança, estética, estabilidade e funcionalidade, sem necessidade de intervenção não prevista...

...se a estrutura de concreto deteriora implica em novos consumos de materiais, energia, geração de entulho...

...interessa aumentar vida útil de projeto...

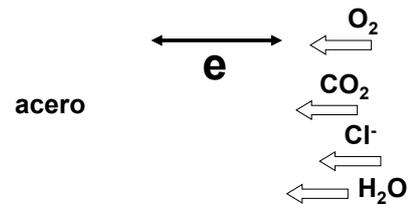
interação entre a estrutura e o meio ambiente

principal mecanismo deletério é a corrosão do aço

como reduzir risco de corrosão precoce?

Carbonatação

$$e = k \cdot \sqrt{t} \quad (\text{cm})$$



Carbonatação

$$t = \frac{e_{CO_2}^2}{k_{CO_2}^2} \quad (\text{año})$$

- $e_{CO_2} \rightarrow 1 \text{ a } 5 \text{ cm}$
- $k_{CO_2} \rightarrow 0.1 \text{ a } 1.0 \text{ cm/año}^{1/2}$

Carbonatação

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

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

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

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



Sustainable Development

“Increasing service life of concrete structures we can preserve the natural resources.

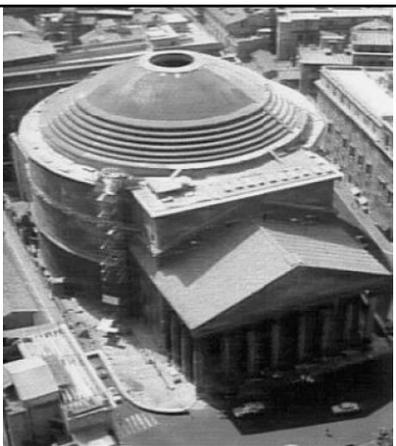
If we develop the design and construction ability we can get concrete structures with 500 years service life. Doing this we can multiply by ten our productivity which means preserve the 90% of them”

Kumar Mehta
Reducing the Environmental Impact of Concrete
Concrete International. ACI, v.23, n. 10, Oct. 2001. p.61-66

Vida Útil

1. *Funcional (arquitetura)*
2. *Econômica (economista)*
3. *Técnica (Engenharia)*

Panteão
de
Roma



Cúpula do Panteão
Século II dC → Diâmetro de 44m



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

**5. Empregando concreto
de alta resistência HSC**

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

O Concreto e a Sustentabilidade na Construção Civil

Consumo de recursos naturais

10 ton/hab.ano

países desenvolvidos 45 – 85 ton/hab.ano

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

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

O Concreto em 2010 → UK 1. resíduos

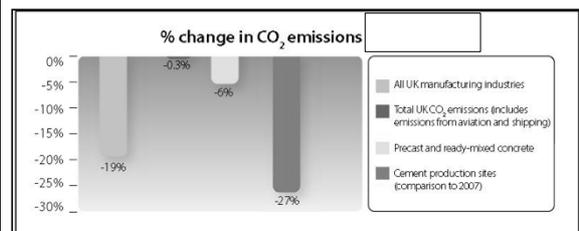
- ✓ consumiu 1.300.000 de t de resíduos
- ✓ gerou (6%) 83.000 de t de resíduos
- ✓ aditivo gera < 1kg/t
- ✓ pre moldado gera < 5kg/t
- ✓ cimento gera < 9kg/t
- ✓ concreto central gera < 10kg/t
- ✓ concreto in loco gera > 40kg/t

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 US\$ 0,75/m³ em reaproveitamento de matérias-primas, em 2009 a economia foi em US\$ 1,1/m³, e com todas as filiais capacitadas no projeto, a economia hoje é de US\$ 1,5/m³ o que em massa monetária representa para a Engemix, US\$ 5 milhões/ano.

O Concreto em 2010 → UK 2. emissão de CO₂

- ✓ 85% do CO₂ decorreu do clínquer
- ✓ de 1990 a 2010 reduziu CO₂ em 27%



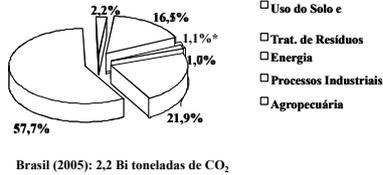
2º INVENTÁRIO NACIONAL DE GASES DE EFEITO ESTUFA

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

Indústria do cimento

Emissão média mundial 5%

Emissão média brasileira 1,1%

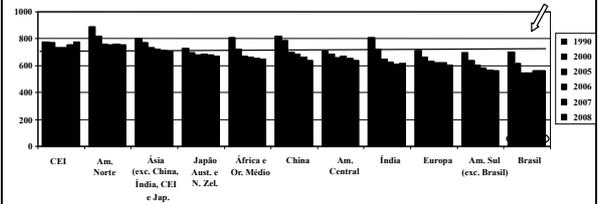


Fonte: MCT

(*) Resultado preliminar

EMISSIONES DE CO₂ DO CIMENTO (CSI)

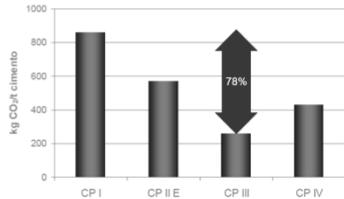
- Emissões de CO₂ por tonelada de cimento (kg/ton)



Fonte: CSI

O Concreto e a Sustentabilidade na Construção Civil

Intensidade de CO₂ Cimentos Brasileiros



Carvalho, 2001

O Concreto em 2010 → UK

3. energia

Sector	Energy used
Aggregate	12.7 kWh/t17
Fly ash	9.3 kWh/t18
GGBS	238 kWh/t19
Admixtures	2.500 kWh/t20
Cement	1.194 kWh/t21
Ready-mixed	4.6 kWh/t
Precast	52.9 kWh/t

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

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).

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**



As Estruturas de Concreto e a Sustentabilidade

- CO₂?
 - Energia?
 - Recursos naturais?
 - Vida Útil?
- (Life Cycle Analysis)*

As Estruturas de Concreto e a Sustentabilidade

Columna para 500t

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

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

Considerando um columna central típico de um edifício de 20 andares seção 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

As Estruturas de Concreto e a Sustentabilidade

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

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

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

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

$$\text{Água} = 210 \text{ kg/m}^3$$

As Estruturas de Concreto e a Sustentabilidade

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

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

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

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

$$\text{Água} = 160 \text{ kg/m}^3$$

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.

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

Concreto estrutural f_{ck} 50MPa

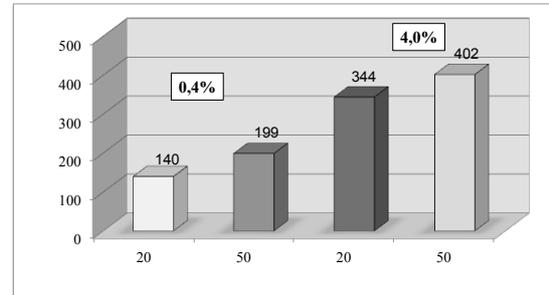
	Para 1 m ³	GWP kg/t	GWP kg/m ³	Energia kWh/m ³
Cimento CP I	420kg	1447	607	419
Areia	801kg	0	0	3
Pedra	1010kg	0	0	12
Água	160kg	0	0	0
Aço	32kg	719	23	640
	315kg		226	6300
Formas 12 m ² /m ³ 6 reutilizações chapa de 1,4cm	0,0280 m ²	0	0	43
TOTAL			630	1117
			833	6777

1 m³ de Concreto estrutural

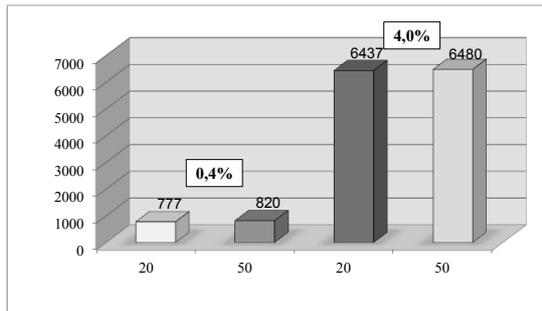
Material	Tipo	f _{ck}	GWP	Energia
		MPa		
concreto armado	CP I	20	428 / 631	933 / 6636
concreto armado	CP III	20	140 / 344	777 / 6437
concreto armado	CP I	50	630 / 833	1117 / 6777
concreto armado	CP III	50	199 / 402	820 / 6480

0,4% & 4% de taxa de armadura

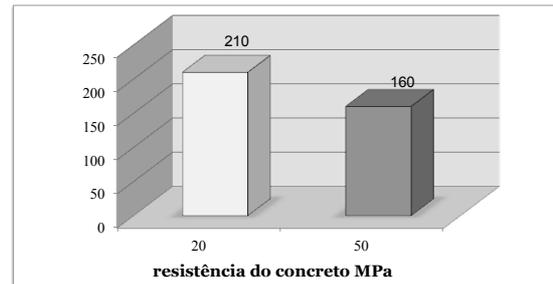
1 m³ de concreto estrutural com CP III 40



1 m³ de concreto estrutural com CP III 40



1 m³ de concreto estrutural com qualquer cimento



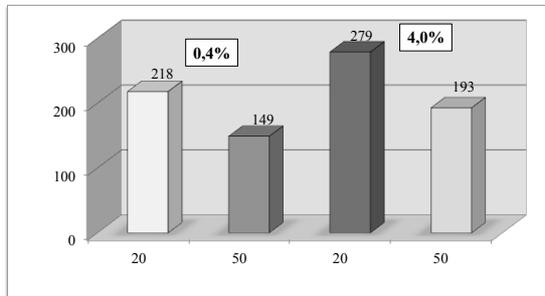
Columna com 3m 0,4% armadura, 500tf, com CP III

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

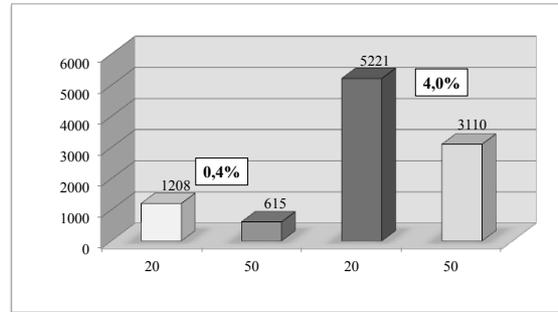
Columna com 3m 4% armadura, 500tf com CP III

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

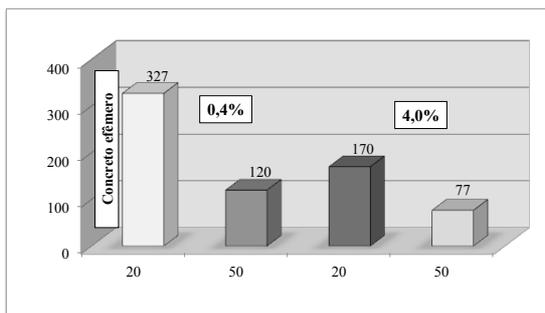
Columna com 3m de altura, seção quadrada, 500tf com CP III



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



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

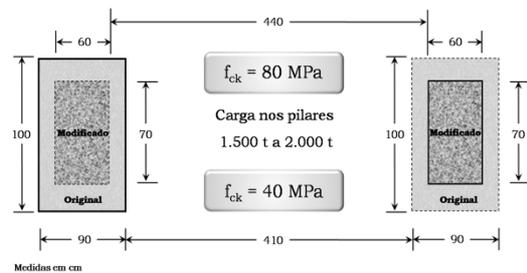


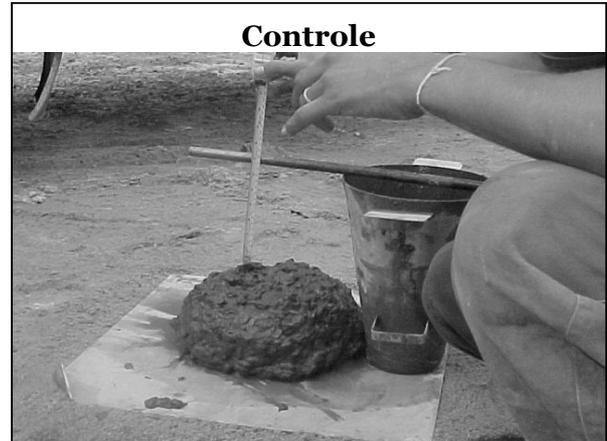
e-Tower

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



Projeto estrutural (e-Tower)





Economia de Recursos Naturais

Original:
 $f_{ck} = 40\text{MPa}$
 seção transversal $\rightarrow 90\text{cm} \times 100\text{cm}$ 0,90m²

HPC / HSC:
 $f_{ck} = 80\text{MPa}$
 seção transversal $\rightarrow 60\text{cm} \times 70\text{cm}$ 0,42m²

Sustentabilidade



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

Sustentabilidade



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

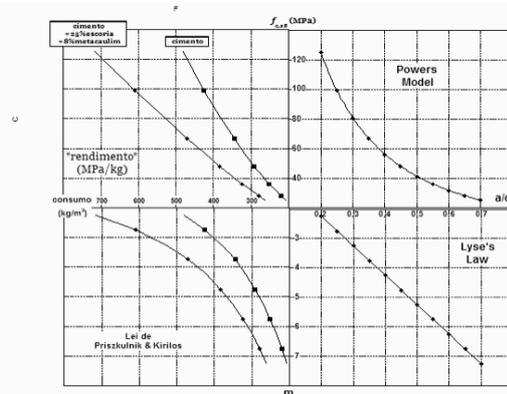
Pontos para Discussão

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 $0,08 \text{MPa}/\text{kg}$ ($12,5 \text{kg}/\text{MPa}$), enquanto um concreto de elevado desempenho e resistência pode ter rendimento alto, mais do que o dobro, da ordem de $0,20 \text{MPa}/\text{kg}$ ($5 \text{kg}/\text{MPa}$).

Pontos para Discussão



Pontos para Discussão

Conceito de rendimento:

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

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

✓ Referência mundial → cimento + ecoeficiente

✓ Mundo $850 \text{kg}/\text{t}$ e Brasil $660 \text{kg}/\text{t}$

✓ 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”

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

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



**Beleza
Segurança
Durabilidade**



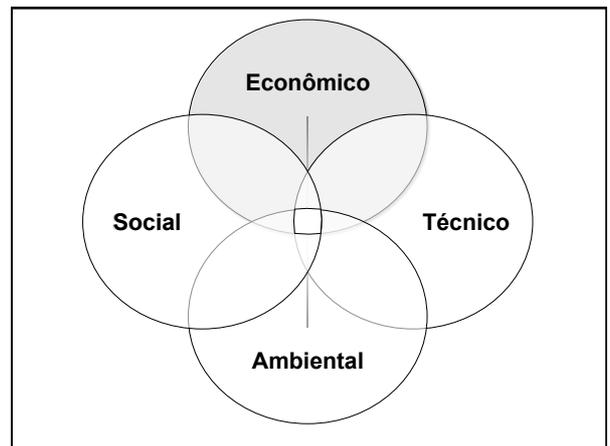
PRELACON
CT-MAR

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*.

PRELACON CT-MAR



www.fic.imcyc.com.mx

OBRIGADO!



"Um Laboratório de Pesquisa ao Centro de Obra"

www.concretophd.com.br
www.phd.eng.br

11-2501-4822 / 23
11-7881-4014