



# 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*

**Colégio de Ingenieros**

**01 de Junio de 2012**

**Mérida / México**

1

## BRASIL

- ✓ 2007 → 1<sup>er</sup> 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<sup>er</sup> Verde

2

# Construcción Civil



3

## BRASIL

- LEED → 503 edifícios
- AQUA (Alta Qualidade Ambiental) → 53 edifícios
- BREEAM (inglês)
- DGNB (alemão)
- RGMat (brasileiro)
- IFBQ (brasileiro)
  
- Custo de Operação US\$8 a US\$9 / m<sup>2</sup>
- Certificado LEED US\$ 4,5 a US\$ 5,5 / m<sup>2</sup>
  
- Futuro o Retrofit deve crescer muito

4



Concrete Thinking  
for a sustainable world



PCA  
Portland Cement Association

CONTACT US

Search:

> 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:

5



Concrete Thinking  
for a sustainable world



PCA  
Portland Cement Association

SOLUTIONS APPLICATIONS RESOURCES CASE STUDIES THINKERS

## Energy > An Overview of Modeling Energy Performance in Concrete Buildings

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.

[Print](#) [eMail](#)

 **applications**  
Whole Building Design

 **solutions**  
Energy Performance  
LEED  
Thermal Mass

6



Concrete Thinking  
for a sustainable world



PCA  
Portland Cement Association

CONTACT US

Search:

## Concrete Industry Sustainability Web Links

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

7



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.

8



# 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 → Green Sense Concrete

## Environmental Categories

| Consumption of Energy                                                                                                                                                | Emissions                                                                                                                                                                              | Toxicity Potential                                                                            | Risk Potential                                                                                                                                                       | Consumption of Raw Materials                                                                                            | Land Use                                                                                                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cumulative energy utilized in the cradle-to-gate analysis</li> <li>• Fossil and renewable resources are included</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Described by categories:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Air</li> <li>- Water</li> <li>- Solids</li> </ul> </li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Potential effect on human health toxicity</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Potential for physical hazard (accident and occupational disease)</li> <li>• Based on published statistical data</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Materials are weighted according to reserves and global consumption</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Degree of land development needed to fulfill the production of concrete</li> </ul> |

- 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 / Regulationd

130-F: Social Issues;

130-G: Education / Certification

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

11

**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

12

**ACI / ISO / ASHRAE.USGBC.IES /**

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

*“reducir volumen and reducir CO<sub>2</sub>”*

*“concreto es un material regional y 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*

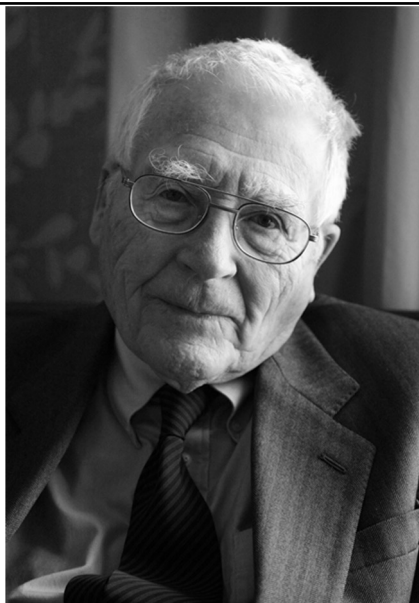
*ISO 13315-5: Execution of Concrete Structures*

*ISO 13315-6: Use of Concrete Structures*

*ISO 13315-7: End of Life including Recycling*

*ISO 13315-8: Labels and Declaration*

13



James Ephraim Lovelock (1919)

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

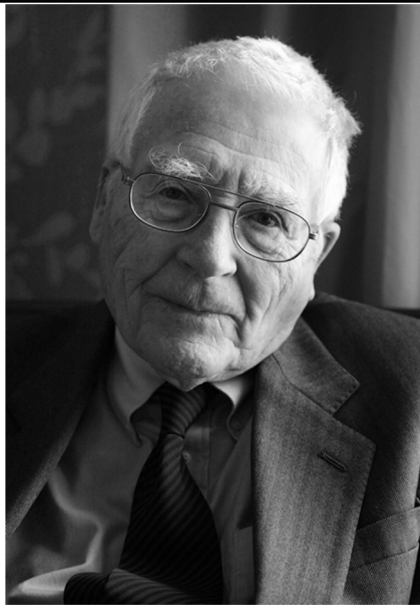
A *hipótese de Gaia* foi sugerida por Lovelock, para explicar o comportamento sistêmico do planeta Terra. A Terra é vista, nesta teoria, como um *superorganismo*.

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"*.

14



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<sub>2</sub>** não é mais bandido e a *Revolução Industrial* não destruirá a humanidade...

15

- ❖ 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.

16

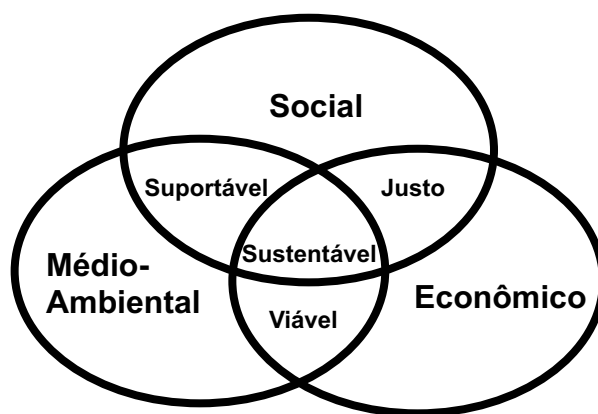
## Falácia do Aquecimento Global

- ✓ <http://veja.abril.com.br/blog/reinaldo/geral/guia-espiritual-da-turma-do-%E2%80%99Caquecimento-global%E2%80%99D-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\\_ct1g&feature=related](http://www.youtube.com/watch?v=ZiuDo1_ct1g&feature=related)
- ✓ <http://www.youtube.com/watch?v=Pqz4yMzbwFo&feature=related>
- ✓ <http://www.youtube.com/watch?v=mcJVoaSWgSY>

17

## La Construcción Sustentable

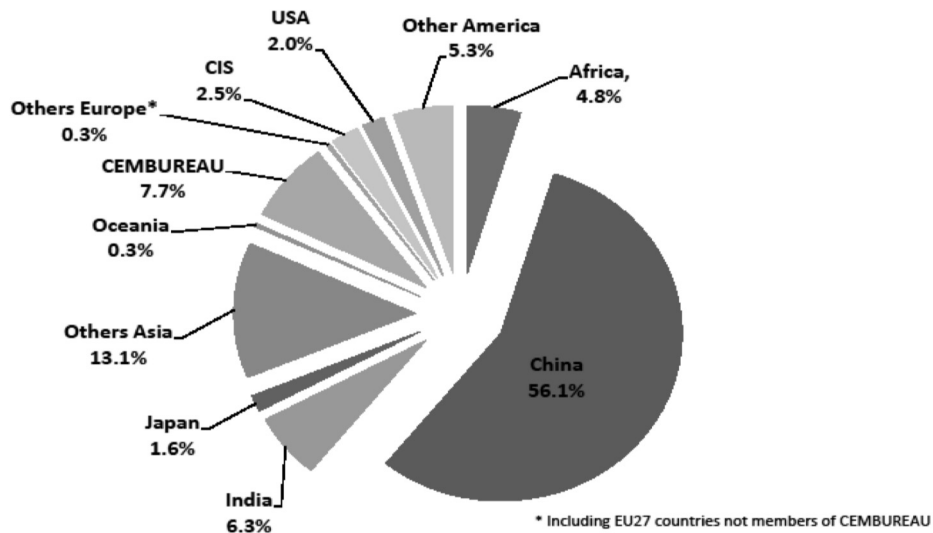
Tripé de la Sustentabilidad



18

## O Concreto em 2010

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



19

## O Concreto em 2010

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

20

## 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: SNIC, 2010

21

## O Concreto

Estima-se que 5% do total de gases  
invernadero do planeta sejam decorrentes da  
produção de clínquer de cimento Portland e  
que a Construção Civil seja uma de las  
principales no consumo de recursos  
naturais não renováveis.

22

## Relatório de Sustentabilidade ROSSI 2010



### Membro Fundador do Green Building Council Brasil

Membro fundador do GBC Brasil



Contribuindo com a adequação de normas internacionais de construção sustentável à realidade brasileira, somos um dos membros fundadores do GBC Brasil (*Green Building Council Brasil*), órgão sediado em São Paulo, representante do *World Green Building Council* no País. O GBC Brasil tem a função de considerar as características do mercado imobiliário brasileiro e propor adaptações de requisitos para o processo de conquista da certificação LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), concedida a edifícios sustentáveis pela GBC. [GRI 4.12/4.13]

23

## RELATÓRIO DE SUSTENTABILIDADE

### SOBRE ESTE RELATÓRIO

O Relatório Anual de Sustentabilidade 2010 da Rossi é uma publicação da Rossi Residencial S.A. elaborada a partir das diretrizes da *Global Reporting Initiative* (GRI), padrão internacional de relato que engloba um conjunto de indicadores acerca das práticas, da gestão e do desempenho nos âmbitos econômico, social e ambiental. As informações foram levantadas em um processo interno que envolveu representantes de diversas áreas da Rossi para apresentar dados sobre sua gestão e desempenho. [GRI 3.1/3.3/3.5]

Ao adotar as diretrizes da GRI, possibilitamos a comparabilidade dos dados com outras empresas que também adotam o mesmo padrão e com seus próprios dados em períodos distintos; temos a oportunidade de monitorar indicadores de desempenho; estabelecemos uma comunicação transparente com nossos públicos e nos posicionamos de forma diferenciada no mercado, fortalecendo nossa marca e demonstrando atenção ao cenário global de relatos de desempenho e compromisso com o desenvolvimento sustentável. É a segunda vez que usamos essa base para realizar nosso reporte anual.

A publicação apresenta um balanço sobre a Rossi e suas subsidiárias para o exercício social findo em 31 de dezembro de 2010. Ao final do período, contávamos com 781 subsidiárias, constituídas sob a forma de SPEs (Sociedade de Propósito Específico). Cada SPE representa um ou mais empreendimentos desenvolvido pela Companhia, o que confere agilidade à tomada de decisões, segrega riscos financeiros – evitando a extensão de um possível impacto na controladora –, além de facilitar a administração financeira e contábil, a captação de recursos financeiros e a associação com terceiros, como, por exemplo, parceiros de bancos de terrenos. [GRI 3.6/3.8]

24

**Sistema de energia eólica utilizado no Ambient Park Residencial (GO)**

Outras iniciativas importantes, que reduzem impactos ambientais, são adotadas em muitos projetos, tais como o uso de madeiras de reflorestamento nos telhados, de portas de madeira certificada, de energia eólica e o tratamento da água da chuva para que seja reaproveitada na irrigação de jardins. Algumas ações mais simples como a instalação de torneiras com arejadores ou fechamento automático possibilitam o uso racional de água.

Diversos empreendimentos destacam-se pela adoção de práticas ambientalmente responsáveis ou por contar com amplas áreas verdes. Entre eles, estão o Ambient Park Residencial (GO), o Rossi Atlântida (RS), o Rossi Navegantes (CE), o Villa Jardim Torquato (AM), o Arboretto Praças Residenciais (AM), entre outros.

Ao longo de 2011, durante a fase de obras, seguiremos com o Programa de Controle e Monitoramento Ambiental da Obra para garantir que todos os serviços de construção e operação dos canteiros de obras para implantação da infraestrutura sejam executados de acordo com as melhores práticas de controle ambiental.

Todas as atividades relacionadas às obras de implantação do empreendimento serão monitoradas por profissionais, objetivando o gerenciamento, o controle de qualidade e o acompanhamento do impacto ambiental dessas operações, por meio da fiscalização da correta execução dos projetos e procedimentos construtivos pré-especificados. As equipes envolvidas nas diversas fases de implantação do empreendimento serão orientadas quanto aos conceitos básicos de preservação ambiental, com auxílio de um programa de educação, treinamento e conscientização.

Além disso, estudaremos a atualização e melhores formas de utilização do Guia do Consumo Consciente lançado em 2009, que ensina como as pessoas podem atuar na conservação ambiental no seu dia a dia, pois esse material conquistou o interesse não apenas de nossos clientes (para o qual foi inicialmente desenvolvido) como também dos colaboradores e outros públicos.

25

## 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.



26

## 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 |

27

**Concrete Thinking**  
for a sustainable world

**PCA**  
Portland Cement Association

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.

28

| Green Building Design & Construction (BD&C) |                           |         |                           |          |                        |
|---------------------------------------------|---------------------------|---------|---------------------------|----------|------------------------|
| Category                                    | PREVIOUS<br>LEED-NC v.2.2 |         | NEW 2009<br>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<br>LEED-CI v.2.0 |         | NEW 2009<br>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<br>LEED-EBOM v.2.0 |         | NEW 2009<br>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 |                 |

29

| 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                              |                                              |          |
| Prerequisite 2                                     | Minimum Energy Performance                   | Required |
| Credit 1                                           | Optimize Energy Performance                  | 1 - 19   |
| Materials and Resources                            |                                              |          |

30

| 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 |

31

## 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

32

## 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

33

## 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*

34

## O Concreto e a Sustentabilidade na Construção Civil

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

35

## 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.*

36

## Edificação - Emissões de GWP (CO<sub>2</sub>)

### Visão holística:

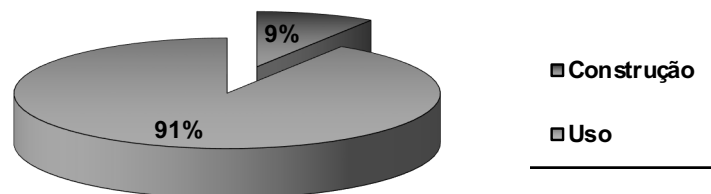
Vida Útil funcional;  
Vida Útil econômica;  
Vida Útil técnica

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

37

## Edificação - Emissões de GWP

Visão holística: *operação e uso*



38

## **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

39

## **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*

40

## **Revolução Industrial 1750 ...**

→ carvão 1750-1850; → petróleo; → nuclear, hidroelétrica, → gás, renovável  
→ gerou inúmeros benefícios porém hoje há *quase* consenso sobre a necessidade de redução:

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

41

## **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*

42

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

43

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*)

44

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



45

### **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

46

## **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)

47

## **Sustentabilidade**

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

*Ambiental – Social - Econômica*

48

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

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

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

49

## **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

50

# 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

51

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**

52

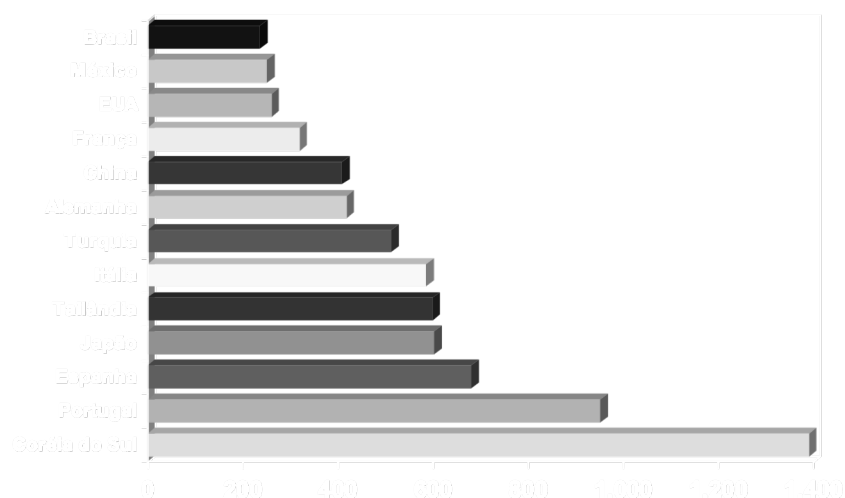
## Paradoxo !

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*

53

### Indicadores de desenvolvimento consumo de cimento per capita



54

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

55

## **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

56

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

**1. Atuando sobre os materiais constitutivos:**

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

57

**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

58

## 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:



59

## A INICIATIVA DE SUSTENTABILIDADE DO CIMENTO (WBCSD – CSI)



World Business Council for Sustainable Development

**Cement Sustainability Initiative**

- No Brasil:



60

## A INICIATIVA DE SUSTENTABILIDADE DO CIMENTO (WBCSD – CSI)



World Business Council for Sustainable Development

**Cement Sustainability Initiative**

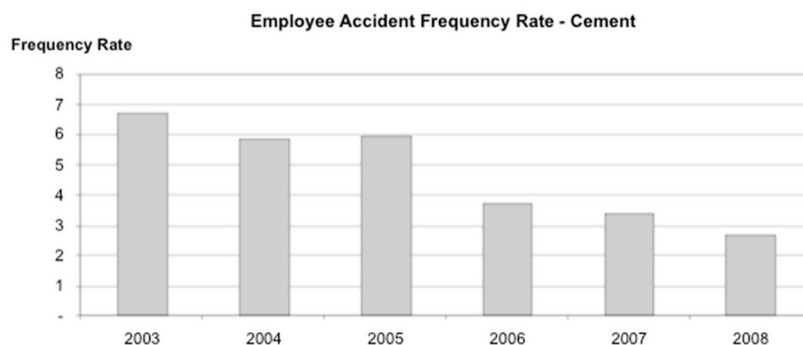
Principais focos do conselho:

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

61

## Saúde e Segurança

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



62

## 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.

63

## COMO MITIGAR AS EMISSÕES DE CO<sub>2</sub>?



World Business Council for Sustainable Development

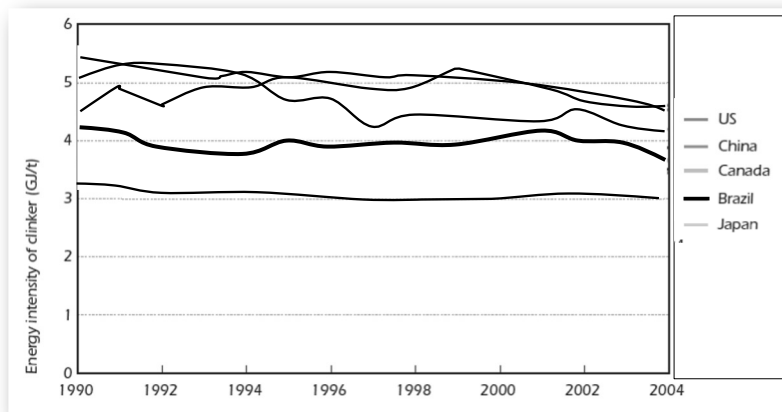
**Cement Sustainability Initiative**

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

64

## ENERGIA

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



Fonte: FICEM

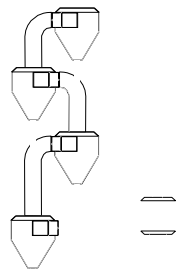
65

REDUZINDO  
Consumo de Energia

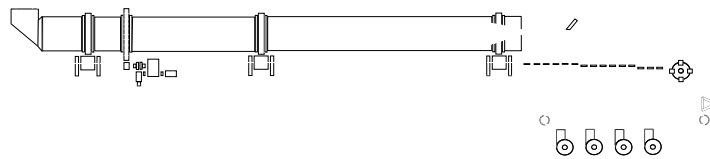
CO-PROCESSAMENTO

66

## Linha de produção moderna



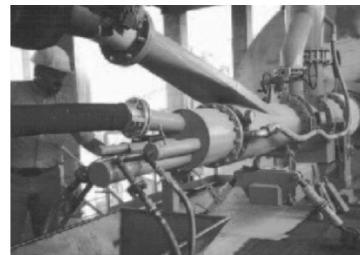
- 97% via seca
- Pré-aquecedor / pré-calcinador
- Queimadores multcombustíveis
- Eficiência energética
  - Térmica = 825 kcal / kg clínquer
  - Elétrica = 107 kWh / t cimento
 (consumo específico médio)



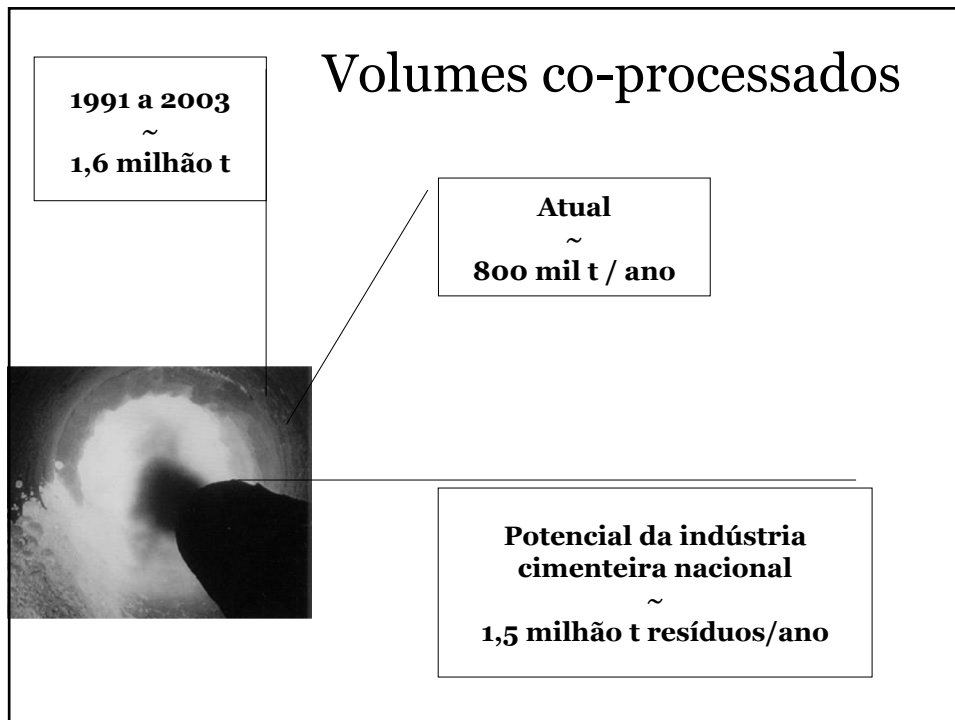
67

## Maçarico multi-combustíveis

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



68



69

## 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”.**

70

# **REDUZINDO Consumo de Energia**

## **INCORPORAÇÃO DE REJEITOS INDUSTRIAIS**

71

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)

72

## 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

73

## **O Concreto em 2010 → UK → resíduos**

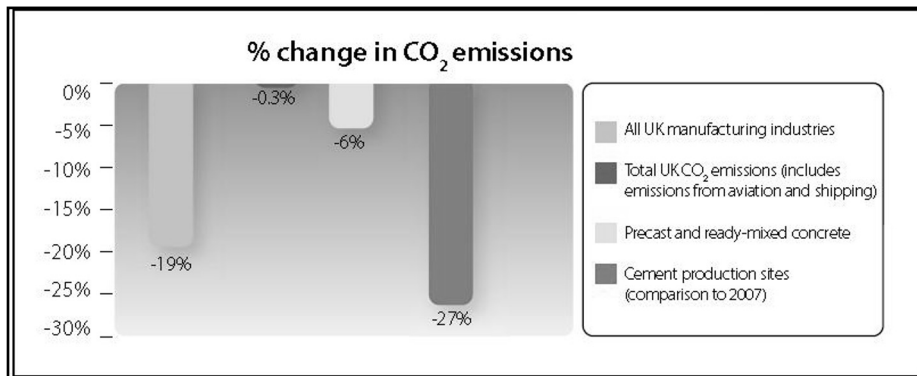
- ✓ consumiu 1.300.000 de t de resíduos
- ✓ gerou (6%) 83.000 de t de resíduos
- ✓ aditivo gera < 1kg/t
- ✓ pre moldado gera < 5kg/t
- ✓ cimento gera < 9kg/t
- ✓ concreto central gera < 10kg/t
- ✓ concreto in loco gera > 40kg/t

74

## O Concreto em 2010 → UK → emissão de CO<sub>2</sub>

✓ 85% do CO<sub>2</sub> decorreu do clínquer

✓ de 1990 a 2010 reduziu CO<sub>2</sub> em 27%



75

## O Concreto em 2010 → UK → energia

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

76

## **O Concreto em 2010 → UK → 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 |

77

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

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

78

## 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

79

### 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    |

80

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

| <b>concreto</b>   | <b><math>f_{c,28}</math></b> | <b>C</b>   | <b><math>E_{ci}</math></b> |
|-------------------|------------------------------|------------|----------------------------|
| <b>referência</b> | <b>23MPa</b>                 | <b>350</b> | <b>23GPa</b>               |
| <b>50%</b>        | <b>20MPa</b>                 | <b>350</b> | <b>20GPa</b>               |
| <b>100%</b>       | <b>18MPa</b>                 | <b>350</b> | <b>19GPa</b>               |

81

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

| <b>concreto</b>   | <b><math>f_{c,28}</math></b> | <b>C</b>   | <b><math>E_{ci}</math></b> |
|-------------------|------------------------------|------------|----------------------------|
| <b>referência</b> | <b>26MPa</b>                 | <b>410</b> | <b>25GPa</b>               |
| <b>50%</b>        | <b>27MPa</b>                 | <b>425</b> | <b>25GPa</b>               |
| <b>100%</b>       | <b>28MPa</b>                 | <b>455</b> | <b>25GPa</b>               |

82

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

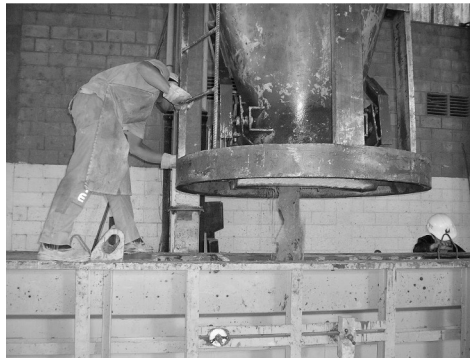
### 3. Empregando concreto auto- adensável de elevado desempenho SCC

83



84

## estudo comparativo



85

## concreto auto-adensável



## concreto vibrado

86

## **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 / m<sup>3</sup> de concreto

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

0,081 h.h/ m<sup>3</sup> de concreto

87



88

## **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

89

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

## **4. Empregando concreto de elevada vida útil**

90

# 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...**

91

...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

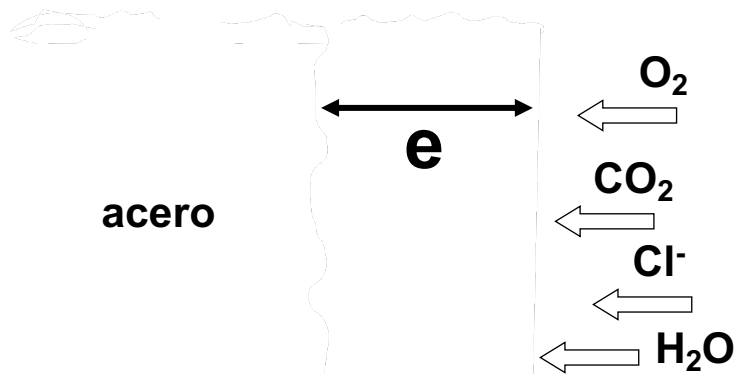
principal mecanismo deletério é a corrosão do aço

como reduzir risco de corrosão precoce?

92

## Carbonatação

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



93

## Carbonatação

$$t = \frac{e_{\text{CO}_2}^2}{k_{\text{CO}_2}^2} \quad (\text{año})$$

➤  $e_{\text{CO}_2} \rightarrow 1 \text{ a } 5 \text{ cm}$

➤  $k_{\text{CO}_2} \rightarrow 0.1 \text{ a } 1.0 \text{ cm/año}^{1/2}$

94

# Carbonatação

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

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

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

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

95



96

**250 anos de garantia.**

Quem precisa de segurança, tecnologia e competência, precisa da Engemix. Como a fábrica Engemix, a primeira, quando foi fundada a 25 de Novembro de 1945, na zona da Torre Norte do Centro Empresarial Naves Unidas, um bloco de 20m x 30m x 8m, correspondente a 2.400 m<sup>2</sup> de concreto, lançado em 20 horas consecutivas. Com a utilização de 360 toneladas de aço para controlar a temperatura do concreto, volume equivalente a um iceberg de 4m x 4m x 2m. Ou quando a Construtora Engemix construiu, para a instalação de um sistema de elevadores, um edifício de 30 pavimentos e 150 metros, e mais alto de São Paulo, com 26.000 m<sup>2</sup> de C.A.D. e concreto de alto desempenho. Estruturas que hoje são referências por qualidade e inovação, como um dos grandes exemplos de aplicação do C.A.D. e mais nova tecnologia em sistemas de concretagem, mesmo no 1.º andar. E a mais valiosa de C.A.D. do Brasil, e não deve esquecer qualquer tipo de problema pelas próximas 250 anos, ou até 2045, segundo pesquisas e estudos realizados por consultores e técnicos especializados para o desenvolvimento e aplicação de soluções inovadoras. É a construção do edifício do metrô 2045, o recorde brasileiro de lançamento de concreto em altura 150 metros.

O resultado é que, hoje, o Centro Empresarial Naves Unidas é também uma referência para as tecnologias de concretagem inovadoras. E as soluções propostas para construção e manutenção de estruturas, como a sustentabilidade e a competitividade da Engemix. Que garante ao consumidor não apenas redução de custos, mas também diminuição do tempo de concretagem, potencialização das propriedades dos agregados em estruturas de concreto, na qualidade, eliminação de resíduos e de desperdícios de concreto no Brasil.

Quem precisa de soluções seguras em concretagem não tem medo. Chama a Engemix.

**CONCRETO ENGEMIX**

97

# 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*

98

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

## **5. Empregando concreto de alta resistência HSC (*construir más con menos...*)**

99



100

## Panteão de Roma



101

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



102



103

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

104



105

## **As Estruturas de Concreto e a Sustentabilidade**

▪ **CO<sub>2</sub>?**

▪ **Energia?**

▪ **Recursos naturais?**

▪ **Vida Útil?**

*(Life Cycle Analysis)*

106

## As Estruturas de Concreto e a Sustentabilidade

### Columna para 500t

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

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

107

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

Força normal característica = 500 tf

| $f_{ck}$ (MPa) | taxa de armadura (%)<br>→ 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      |

108

**As Estruturas de Concreto e a  
Sustentabilidade**

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

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

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

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

*Água = 210 kg/m<sup>3</sup>*

109

**As Estruturas de Concreto e a  
Sustentabilidade**

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

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

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

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

*Água = 160 kg/m<sup>3</sup>*

110

## Emissões gasosas e energia consumida

| Material                     | NOx<br>(kg/t) | CO <sub>2</sub><br>(kg/t) | GWP<br>(kg/t) | Energia consumida<br>(kWh/t) |
|------------------------------|---------------|---------------------------|---------------|------------------------------|
| Clinker Portland<br>(≈ CP I) | 1,85          | 855                       | 1447<br>(880) | 998                          |
| ferro gusa (minério)         |               | 1588                      | 3006          | 5.060                        |
| CA 50 & CA 60<br>(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.*

111

## Concreto estrutural $f_{ck}$ 20MPa

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

112

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

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

113

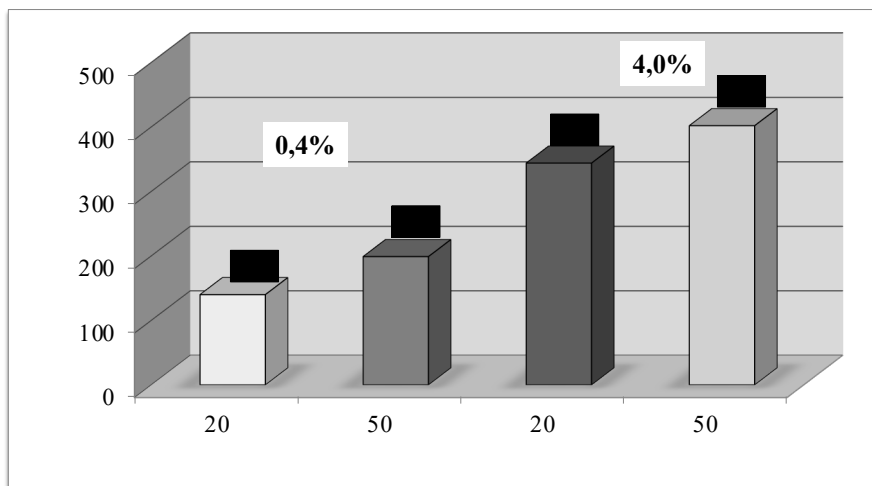
## **1 m<sup>3</sup> de Concreto estrutural**

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

0,4% & 4% de  
taxa de armadura

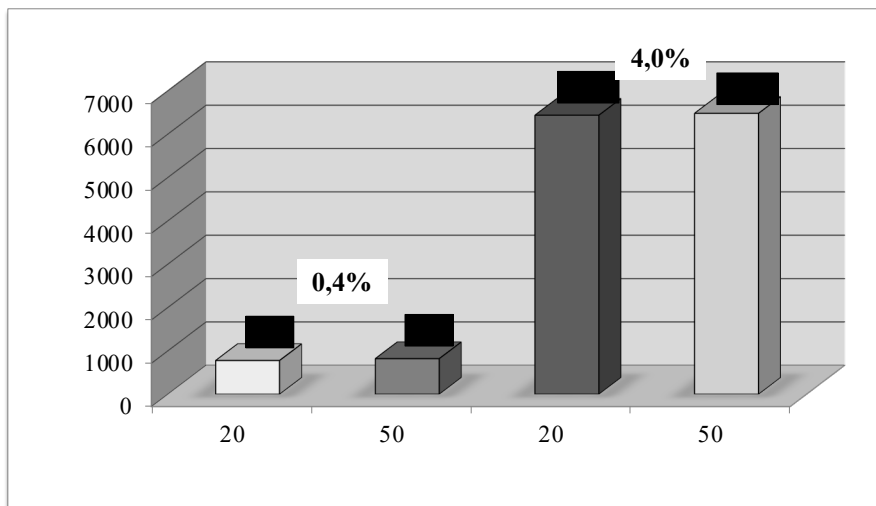
114

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



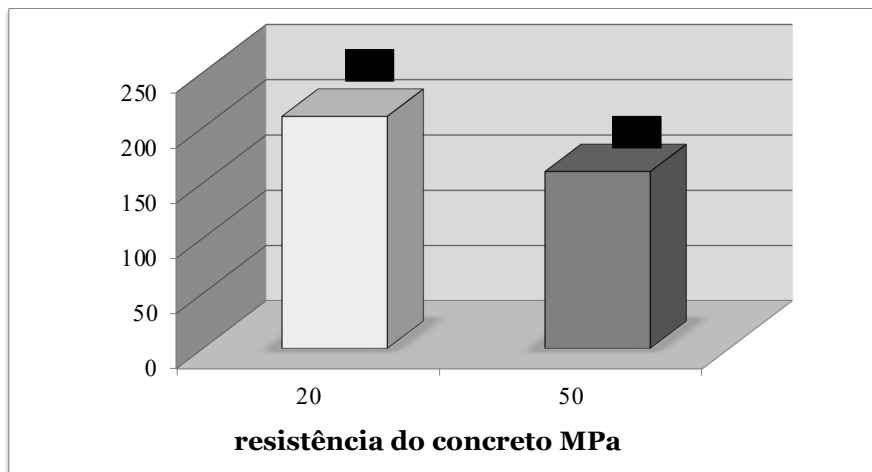
115

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



116

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



117

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

| Material        | f <sub>ck</sub> | seção | energia | GWP |
|-----------------|-----------------|-------|---------|-----|
|                 | MPa             | cm    | kWh     | kg  |
| concreto armado | 20              | 72x72 | 1208    | 218 |
| concreto armado | 50              | 50x50 | 615     | 149 |

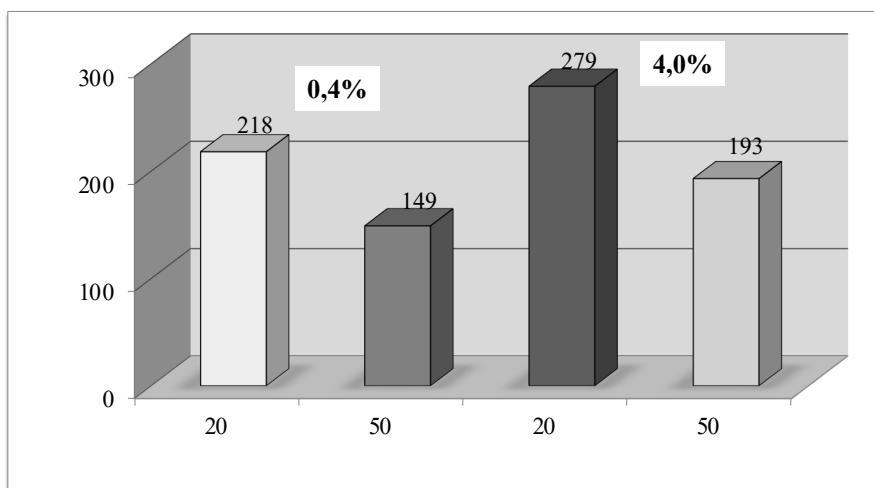
118

**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 |

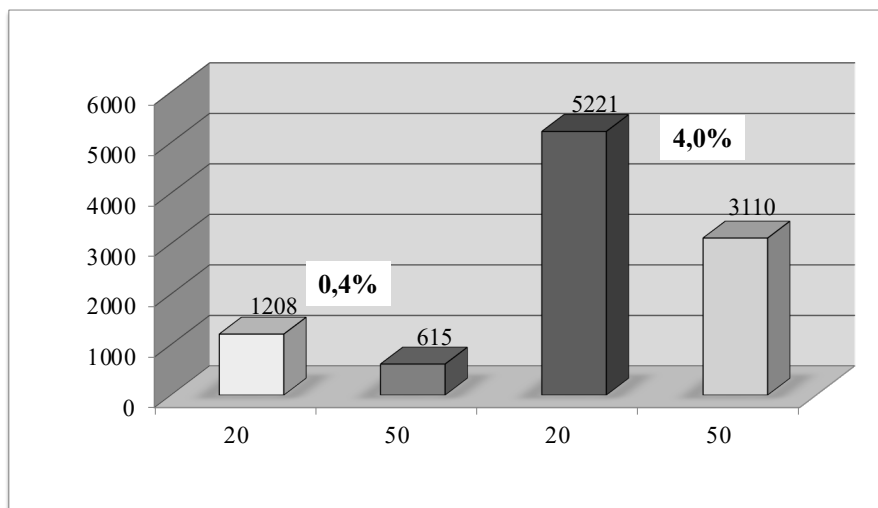
119

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



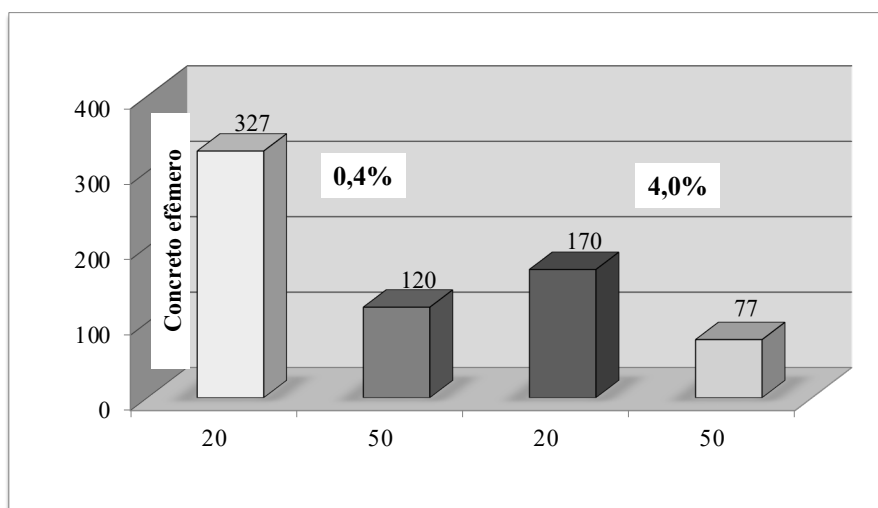
120

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



121

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



122



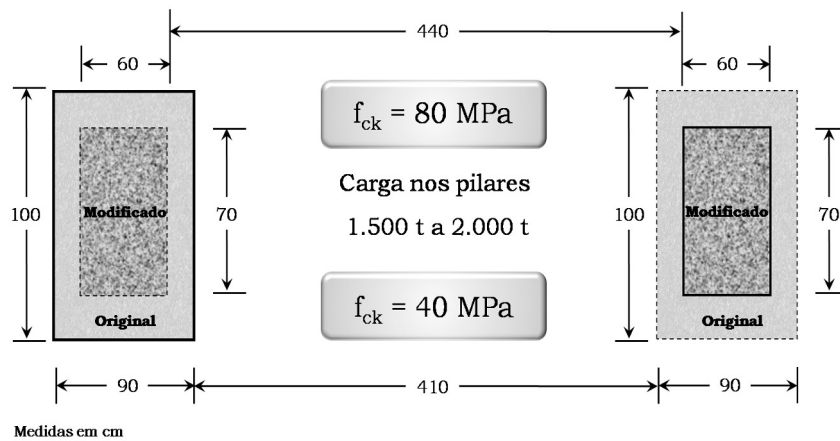
123

## ***e-Tower***

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

124

## ***Projeto estrutural (e-Tower)***



125



126

## Controle



127



128

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

Original:

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

seção transversal → 90cm x 100cm

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

**HPC / HSC:**

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

**seção transversal → 60cm x 70cm**

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

129

## **Sustentabilidade**



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

130

## Sustentabilidade



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

131

## Sustentabilidad

Conceito de rendimento:

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

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

132

## Pontos para Discussão

Conceito de rendimento:

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

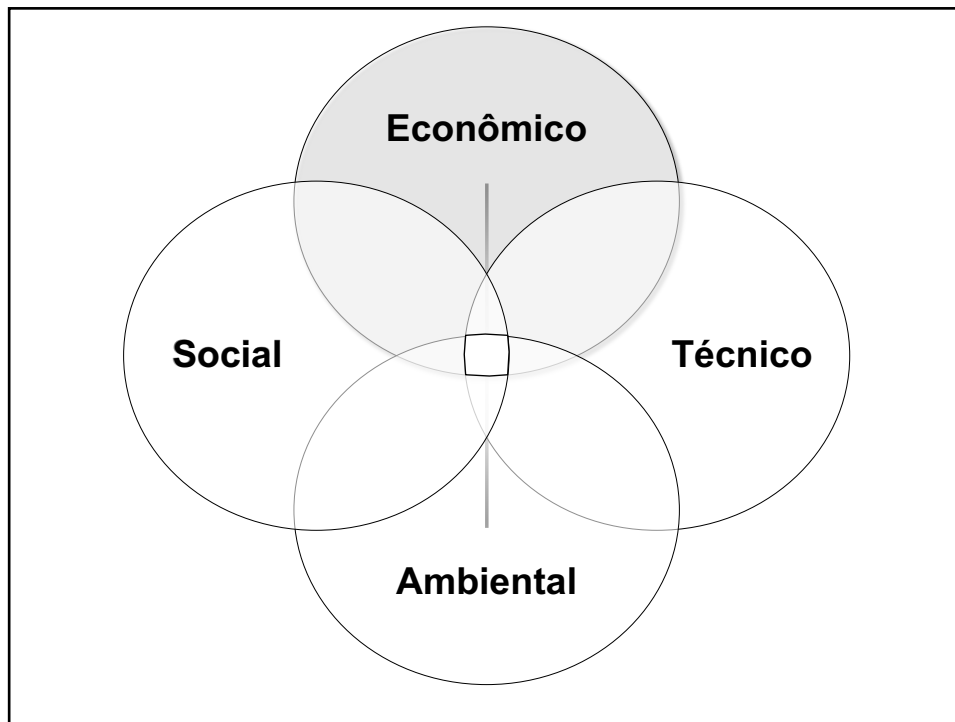
Um concreto corrente de 20 MPa pode ter rendimento baixo, da ordem de 0,08MPa/kg (12,5kg/MPa), enquanto um concreto de elevado desempenho e resistência pode ter rendimento alto, mais do que o dobro, da ordem de 0,20MPa/kg (5kg/MPa) .

133

### 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

134



135

**MUCHAS GRACIAS!**

*"do Laboratório de Pesquisa ao Canteiro de Obras"*

**[www.concretophd.com.br](http://www.concretophd.com.br)**  
**[www.phd.eng.br](http://www.phd.eng.br)**

**55-11-2501-4822 / 23**  
**55-11-7881-4014**

136