



Estruturas de Concreto. Critérios de Conformidade e Sustentabilidade



"do Laboratório de Pesquisa ao Canteiro de Obras"

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*

Weiler - C. Holzberger industrial

14 de junho de 2012

Rio Claro - SP

1

Estruturas de Concreto para Edificações

Atividade profissional regida por normas técnicas:

- de PROJETO
- de MATERIAIS
- de EXECUÇÃO
- de CONTROLE
- de OPERAÇÃO & MANUTENÇÃO
- e, Complementares *(NR4; NR 6; NR9; NR18 do MT, PMs)*

que têm força de lei por conta do CDC

2

A Lei 8.078, mais conhecida como Código de Defesa do Consumidor, diz em seu capítulo V, seção IV, artigo 39, inciso VIII:

“É vedado ao fornecedor de produtos ou serviços, dentre outras práticas abusivas, colocar no mercado de consumo, qualquer produto ou serviço em desacordo com as normas expedidas pelos órgãos oficiais competentes ou, se normas específicas não existirem, pela Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT ou outra entidade credenciada pelo Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Conmetro).”

3

Quanto à questão da responsabilidade, o Código de Defesa do Consumidor CDC, estabelece no Capítulo IV, artigo 12:

“O fabricante, o produtor, o construtor, nacional ou estrangeiro, e o importador respondem, independentemente da existência de culpa, pela reparação dos danos causados aos consumidores por defeitos decorrentes de projeto, fabricação, construção, montagem, fórmulas, manipulação, apresentação ou acondicionamento de seus produtos, bem como por informações insuficientes ou inadequadas sobre sua utilização e riscos.”

no artigo 23:

“A ignorância do fornecedor sobre os vícios de qualidade por inadequação dos produtos e serviços não o exime de responsabilidade.”

4

SUSTENTABILIDADE BRASIL

- ✓ 2007 → 1^{er} certificado LEED
- ✓ 2012 → 46 edifícios, com 503 registros
- ✓ Somente um Platinum
- ✓ 2007 → 30% mais caro inversão inicial
- ✓ 2012 → 1% a 7% atualmente
- ✓ 1% do mercado brasileiro
- ✓ Brasil está em quarto lugar em LEED
- ✓ (USA, China, Emirados Árabes, ..México)
- ✓ The Economist → Curitiba → 1^{er} Verde

5

Construção Civil



Fonte: CBIC

6

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 / m²
- Certificado LEED US\$ 4,5 a US\$ 5,5 / m²

- Futuro o Retrofit deve crescer muito

7

The screenshot shows the homepage of the Concrete Thinking website. At the top, there are logos for Concrete Thinking (for a sustainable world) and PCA (Portland Cement Association). A search bar with a 'Go' button is located in the top right corner. The main navigation menu on the left includes: SUSTAINABLE SOLUTIONS, APPLICATIONS, RESOURCES, CASE STUDIES, and THINKERS. The central banner features the text 'WELCOME TO CONCRETETHINKER.com' and an aerial view of a city with a callout box that says 'WE BUILT A CITY JUST FOR YOU... TAKE THE TOUR!'. Below the banner, the section 'SUSTAINABLE DEVELOPMENT WITH CONCRETE' contains a welcome message, information about application overviews and case studies, and a sign-up for the 'Concrete Thinking E-Newsletter'. The newsletter sign-up includes a description of the newsletter's content and a 'SIGN UP' button. At the bottom left, there is a logo for the Green Building Council (GBC) and text explaining LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) Green Building Rating System®.

8



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

[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.

9



Concrete Thinking
 for a sustainable world



PCA
 Portland Cement Association

CONTACT US

Search:

Concrete Industry Sustainability Web Links

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

10

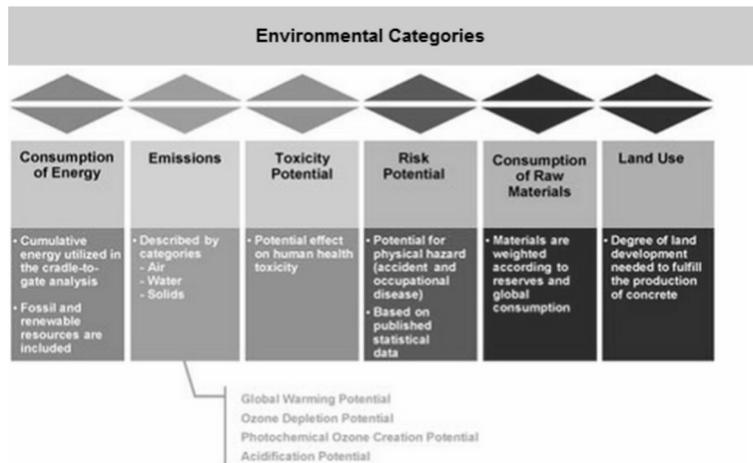
5

The screenshot shows the top navigation bar of the Concrete Joint Sustainability Initiative website. On the left is a logo consisting of a grid of dots of varying sizes. To its right is the text "Concrete Joint Sustainability Initiative". Further right are three links: "About", "News & Events", and "Contact". Below this bar is a secondary menu with four items: "What is a Sustainable Material?", "The Sustainable Value of Concrete", "Examples & Data", and "Choosing Concrete". To the right of this secondary menu are two more links: "Get the Toolkit" and "How to Specify Concrete", with "Find a Certified Concrete Plant" positioned below them.

11

The screenshot shows the main content area of the website. It features the same navigation and secondary menu as the previous page. The main heading is "Choosing Concrete". Below it is a sub-heading: "How can concrete help you achieve sustainable development objectives? We have tools here to assist." There are two sections: "Get the Toolkit" with the text "Share the information and ideas here with others through a presentation or info sheet on select topics." and "Specify Concrete on a Project" with the text "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." To the right of the text is a small, square, grayscale image showing a close-up of a textured concrete surface.

12



13

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

14

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 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

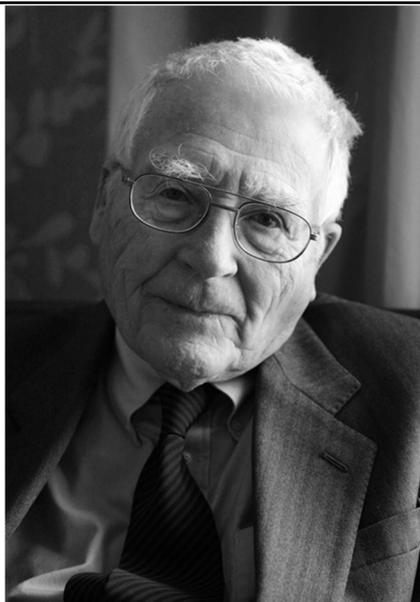
ISO 13315-5: Execution of Concrete Structures

ISO 13315-6: Use of Concrete Structures

ISO 13315-7: End of Life including Recycling

ISO 13315-8: Labels and Declaration

15



James Ephraim Lovelock (1919)

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

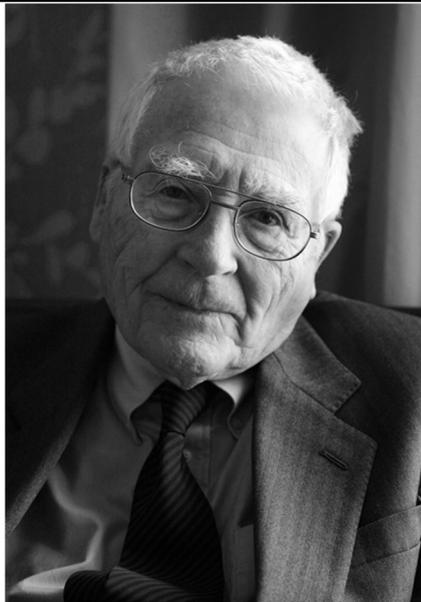
A *hipótese de Gaia* foi sugerida por Lovelock, para explicar o comportamento sistêmico do planeta Terra. A Terra é vista, nesta teoria, como um *superorganismo*.

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"*.

16



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...

17

- ❖ 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.

18

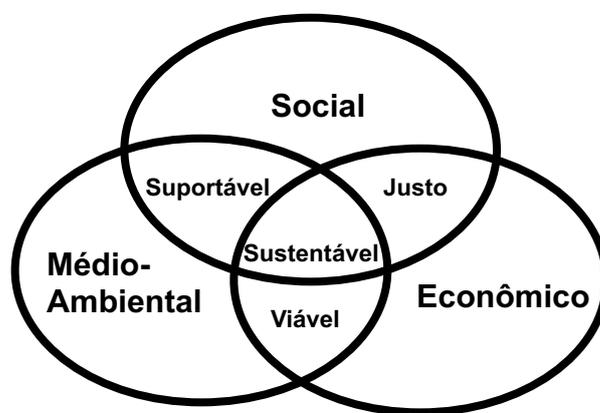
Falácia do Aquecimento Global

- ✓ <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_ct1g&feature=related
- ✓ <http://www.youtube.com/watch?v=Pqz4yMzbwFo&feature=related>
- ✓ <http://www.youtube.com/watch?v=mcJVoaSWgSY>

19

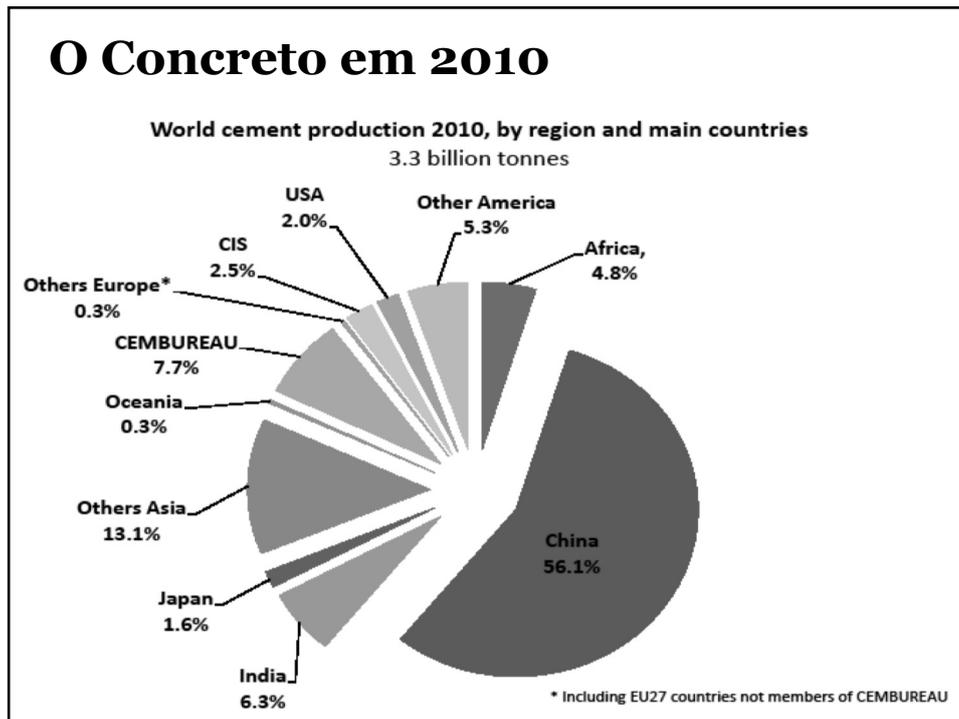
La Construcción Sustentable

Tripé de la Sustentabilidad



20

O Concreto em 2010



21

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

22

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

23

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]

24

RELATÓRIO DE SUSTENTABILIDADE

SOBRE ESTE RELATÓRIO

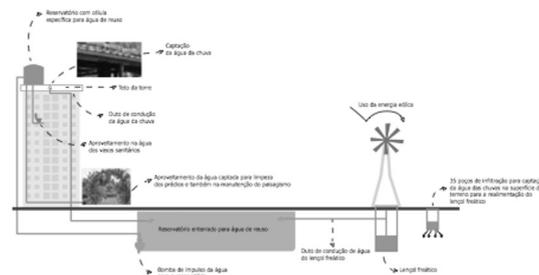
O Relatório Anual de Sustentabilidade 2010 da Rossi é uma publicação da Rossi Residencial S.A. elaborada a partir das diretrizes da *Global Reporting Initiative* (GRI), padrão internacional de relato que engloba um conjunto de indicadores acerca das práticas, da gestão e do desempenho nos âmbitos econômico, 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]

25

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.

26

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.



27

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

28

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.

29

Green Building Design & Construction (BD&C)

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

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

Green Interior Design & Construction (ID&C)

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

Green Building Operations & Maintenance (O&M)

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

30

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

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.

Rochaverá Corporate Towers
São Paulo/SP

32

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

33

O Concreto e a Sustentabilidade na Construção Civil

Alguns Empreendimentos com certificação *LEED* no Brasil:



Razões del Platinum:

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

gg

34

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.*

35

Edificação - Emissões de GWP (CO₂)

Visão holística:

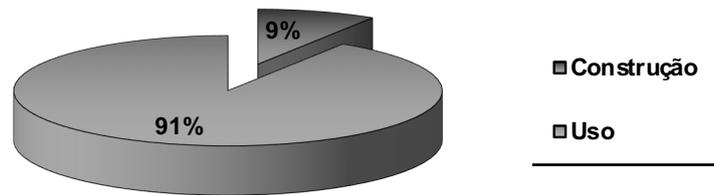
Vida Útil funcional;
Vida Útil econômica;
Vida Útil técnica

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

36

Edificação - Emissões de GWP

Visão holística: operação e uso



37

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

38

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*

39

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

40

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*

41

- 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

42

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*)

43

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



44

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

45

O Concreto e a Sustentabilidade na Construção Civil

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

- CISCIF → 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 Momy Levy

46

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

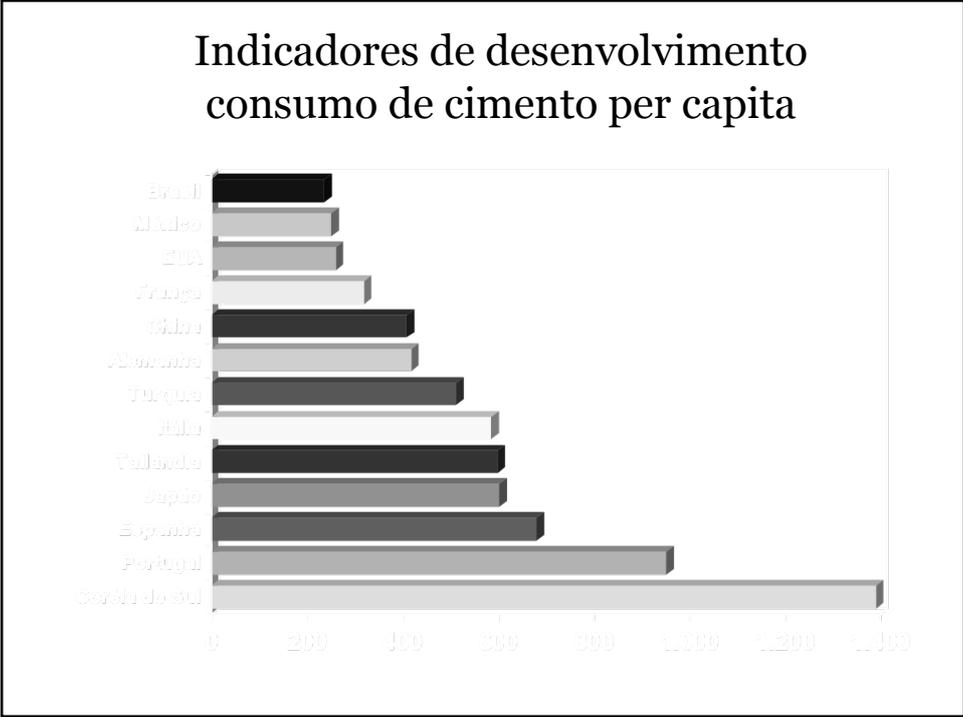
47

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

48



49

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

50

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

51

Como alcançar SUSTENTABILIDADE nas estruturas de concreto?

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

52

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

53

A INICIATIVA DE SUSTENTABILIDADE DO CIMENTO (WBCSD – CSI)



World Business Council for Sustainable Development
Cement Sustainability Initiative

- No Brasil:



54

A INICIATIVA DE SUSTENTABILIDADE DO CIMENTO (WBCSD – CSI)



World Business Council for Sustainable Development

Cement Sustainability Initiative

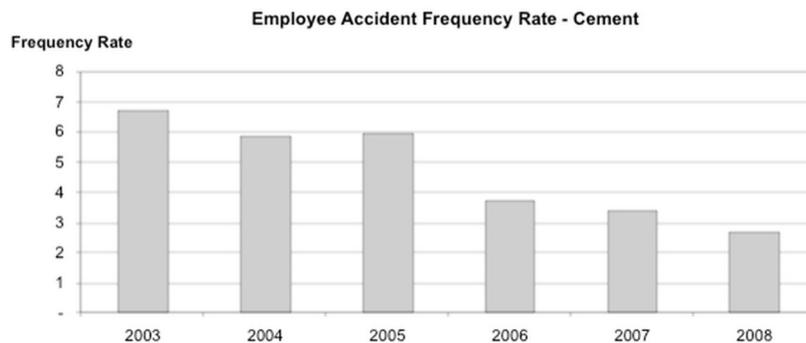
Principais focos do conselho:

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

55

Saúde e Segurança

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



56

COMO MITIGAR AS EMISSÕES DE CO₂?



World Business Council for Sustainable Development

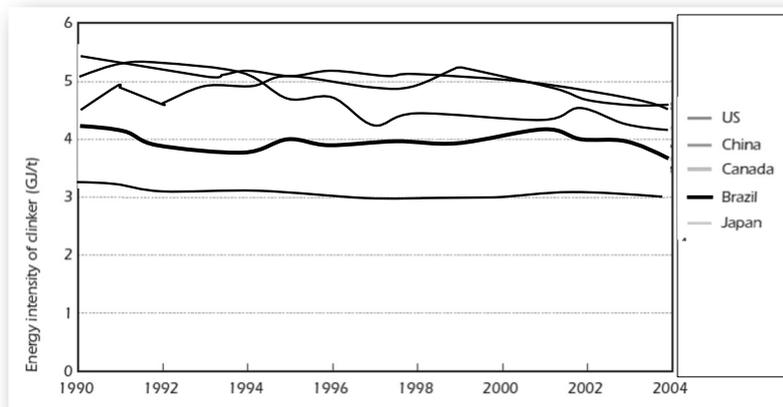
Cement Sustainability Initiative

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

57

ENERGIA

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



Fonte: FICEM

58

REDUZINDO Consumo de Energia

CO-PROCESSAMENTO

59

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”.

60

REDUZINDO Consumo de Energia

INCORPORAÇÃO DE REJEITOS INDUSTRIAIS

61

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)

62

O Concreto em 2010 → UK → energia

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

63

Como alcançar SUSTENTABILIDADE nas estruturas de concreto?

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

64

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

65

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

66

Como alcançar SUSTENTABILIDADE nas estruturas de concreto?

3. Empregando concreto auto- adensável de elevado desempenho SCC

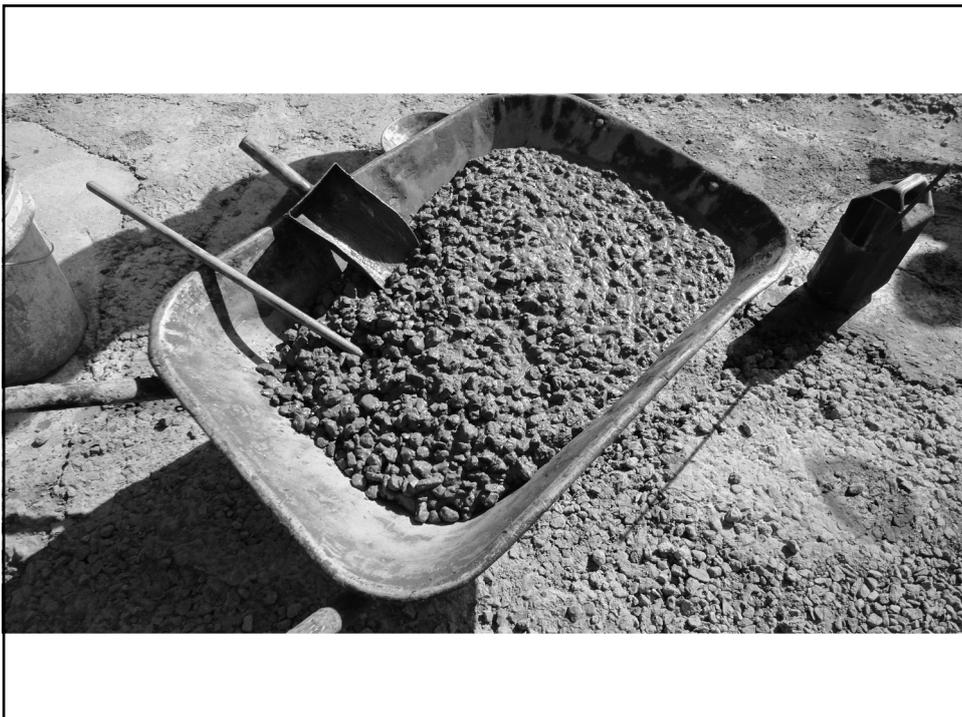
67



68



69



70



71



72

concreto
auto-adensável



concreto
vibrado

73

10 x produtividade

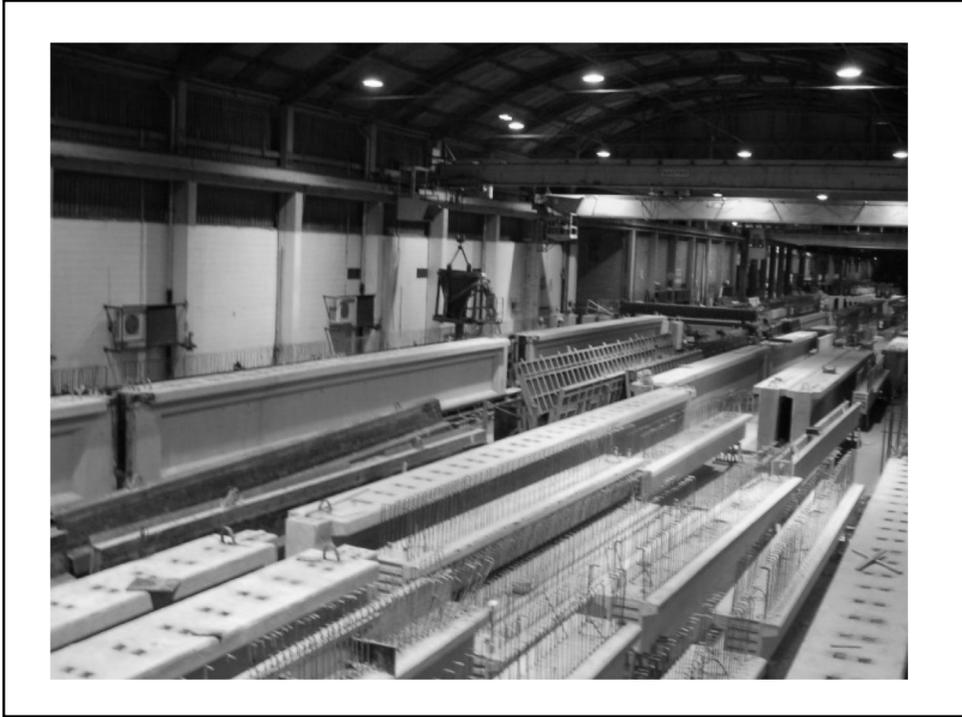
CC: moldagem e acabamento: 4,4min + 3,3min
n° de operários empregado: 5 (cinco)
caçamba (2), vibração (1) e acabamento (2)

0,870 homens-hora / m³ de concreto

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

0,081 h.h/ m³ de concreto

74



75



76



77



78

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

79

Como alcançar SUSTENTABILIDADE nas estruturas de concreto?

4. Empregando concreto de elevada vida útil

80

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...

81

...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

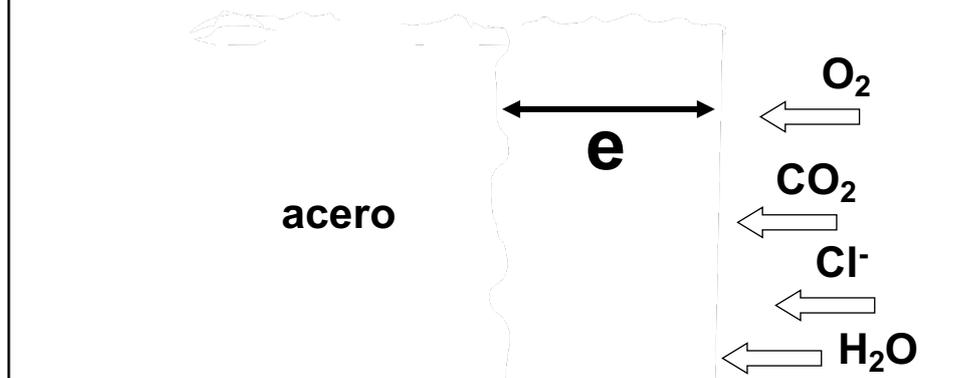
principal mecanismo deletério é a corrosão do aço

como reduzir risco de corrosão precoce?

82

Carbonatação

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



83

Carbonatação

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

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

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

84

Carbonatação

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

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

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

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

85



86

250 anos de garantia.

Quem precisa de segurança, tecnologia e comprometimento, precisa de Engemix. Como a fábrica Engemix produz concreto, quando for pedido a o concreto Engemix, saberemos da Torre Norte do Centro Empresarial Nações Unidas, um bloco de 20m x 20m x 4m, correspondente a 2.024 m³ de concreto, lançado em 23 horas consecutivas. Com a utilização de 360 toneladas de água para controlar a temperatura do concreto, volume equivalente a um campo de 4m x 4m x 20m. Ou quanto a Concretora Proj. precisa, para o lançamento de um bloco de concreto de um bloco de 30 parâmetros, e 150 metros, e mais alto de São Paulo, com 26.000 m³ de CAD, o concreto de alto desempenho. Estruturas que não são apenas resistentes por regularidade e técnica, como em alta grande variedade de aplicação do CAD, a mais nova tecnologia em sistemas de concretagem, mesmo no P. 150m. É a mais segura do CAD do Brasil, e não deixa qualquer tipo de problema pela garantia 250 anos, ou até 200, segundo pesquisas e estudos realizados por consultores e técnicos especializados para o desenvolvimento e aplicação de artigos científicos.

É o concreto de melhor qualidade do mundo, com o registro brasileiro de lançamento de concreto em altura 150 metros.

Em menos de 4 horas, foram bombeadas quase 50 mil toneladas de concreto. Bombardeio de concreto de alta resistência, equivalente a 7,5 toneladas.

O resultado é que, hoje, o Centro Empresarial Nações Unidas é também uma referência para a tecnologia de concretagem brasileira. E as soluções propostas pelas construtoras e concretoras atingem o mesmo nível de segurança e a competência de Engemix. Que garante, ao mesmo tempo, não apenas redução de custos, mas também diminuição do tempo de concretagem, potencialização das operações dos edifícios em estudo, de modo a garantir a qualidade, integridade, resistência e de concretagem do concreto no tempo.

Quem precisa de solução segura em concretagem, não tem medo. Chama a Engemix.

CONCRETO ENGEMIX

87

Como alcançar SUSTENTABILIDADE nas estruturas de concreto?

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

88



89



Panteão
de
Roma

90



91

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

**6. Empregando processo
construtivo que gere
menos resíduos (entulho,
descartes)**

92

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

93

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

94



95



96



97



98



99



100



101



102



103



104



105



106



107



108



109



110



111



112



113



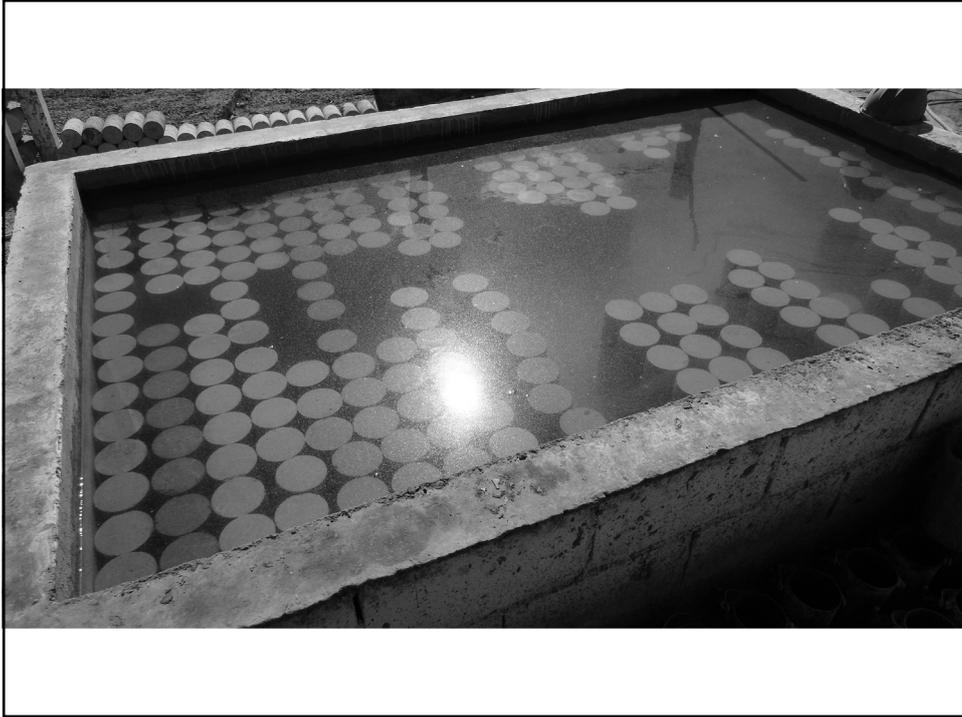
114



115



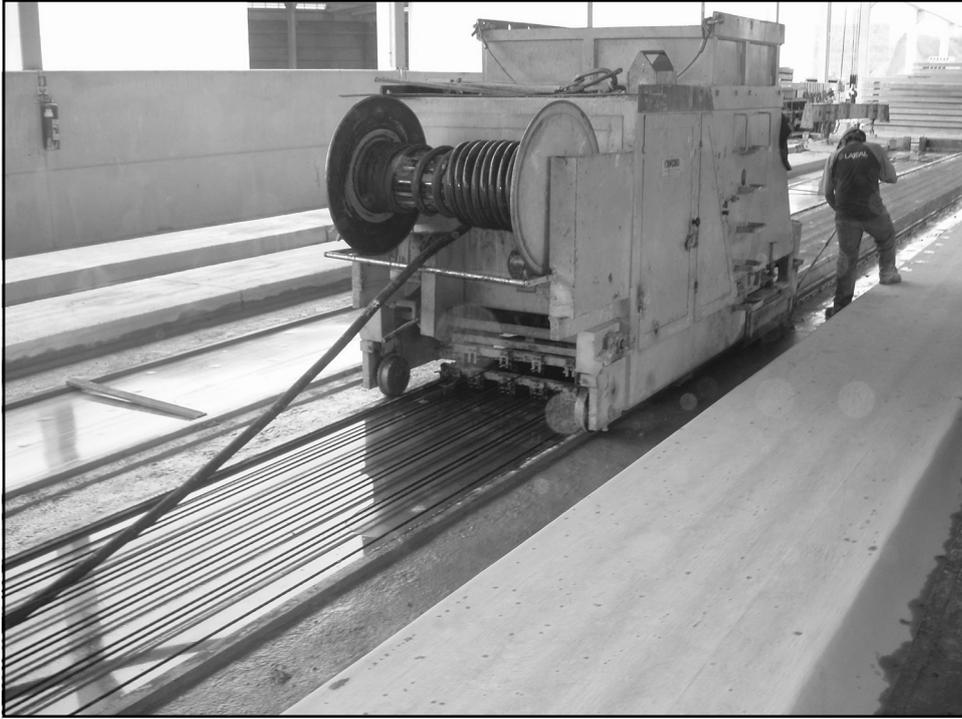
116



117



118



119



120



121

As Estruturas de Concreto e a Sustentabilidade

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

122

As Estruturas de Concreto e a Sustentabilidade

Pilar para 500t

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

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

123

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

Força normal característica = 500 tf

f_{ck} (MPa)	taxa de armadura (%) → total do pilar	secção (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

124

**As Estruturas de Concreto e a
Sustentabilidade**

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

Cimento = 280 kg/m³

Areia = 845 kg/m³

Brita = 1036 kg/m³

Água = 210 kg/m³

125

**As Estruturas de Concreto e a
Sustentabilidade**

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

Cimento = 280 kg/m³

Areia = 845 kg/m³

Brita = 1036 kg/m³

Água = 210 kg/m³

126

As Estruturas de Concreto e a Sustentabilidade

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

Cimento = 420 kg/m³

Areia = 801 kg/m³

Brita = 1010 kg/m³

Água = 160 kg/m³

127

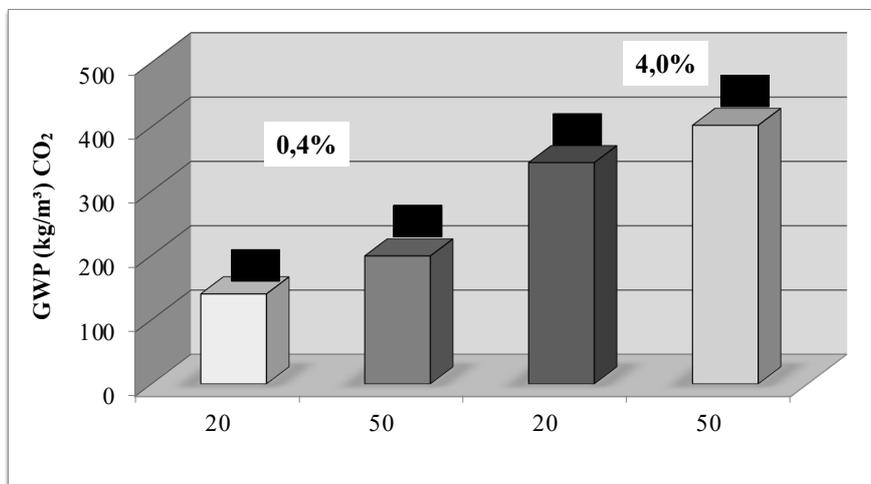
Emissões gasosas e energia consumida

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.*

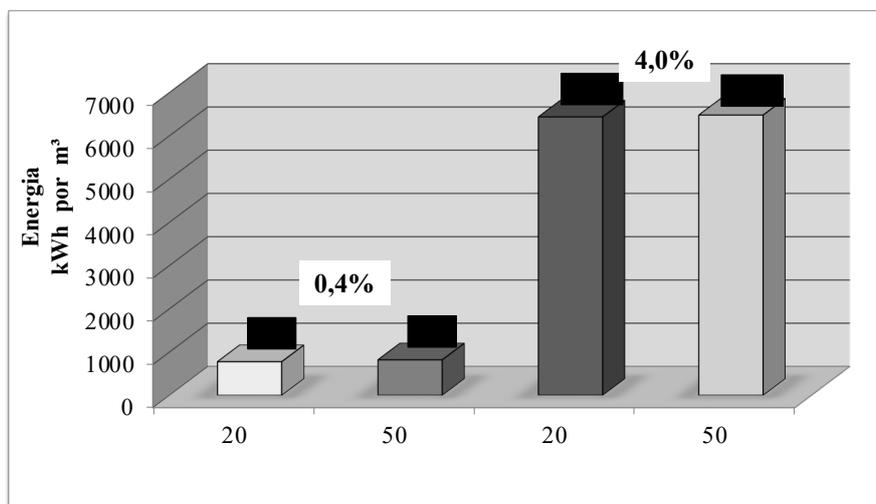
128

1 m³ de concreto estrutural com CP III 40



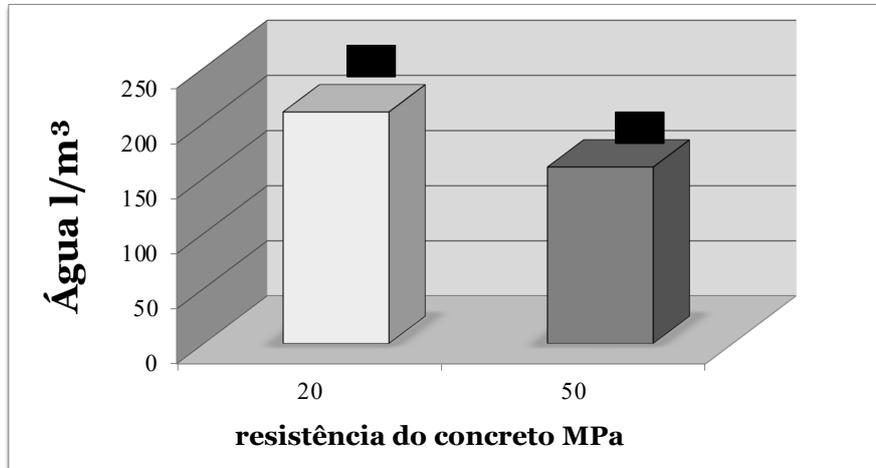
129

1 m³ de concreto estrutural com CP III 40



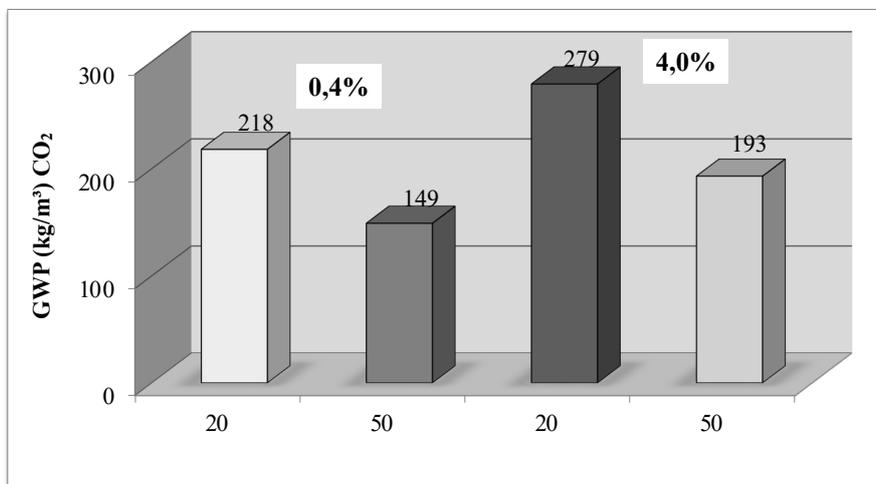
130

1 m³ de concreto estrutural com qualquer cimento



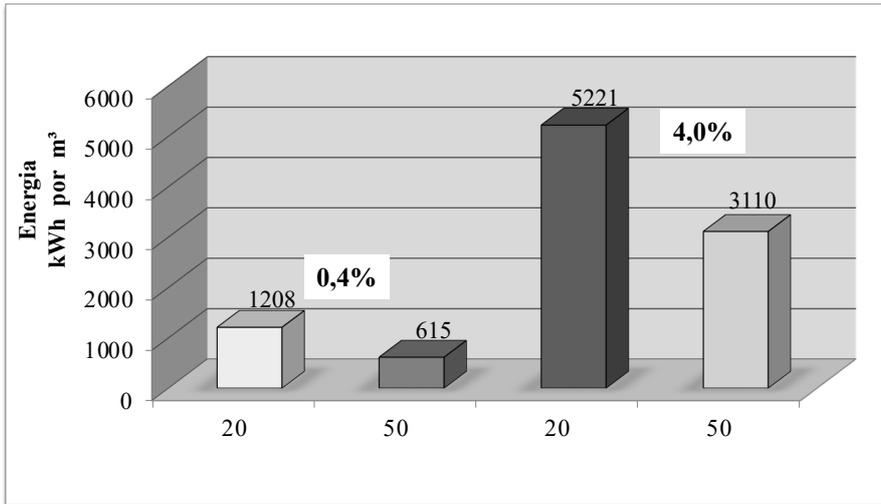
131

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



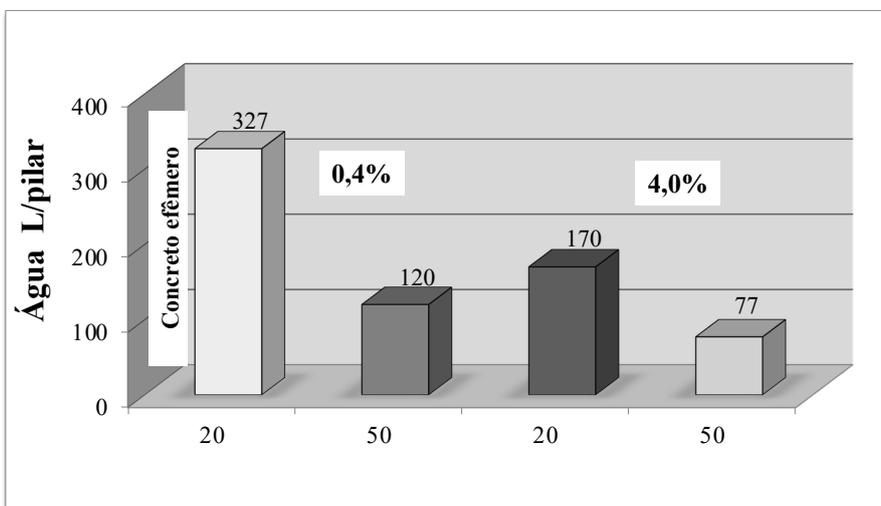
132

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



133

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



134



135

e-Tower

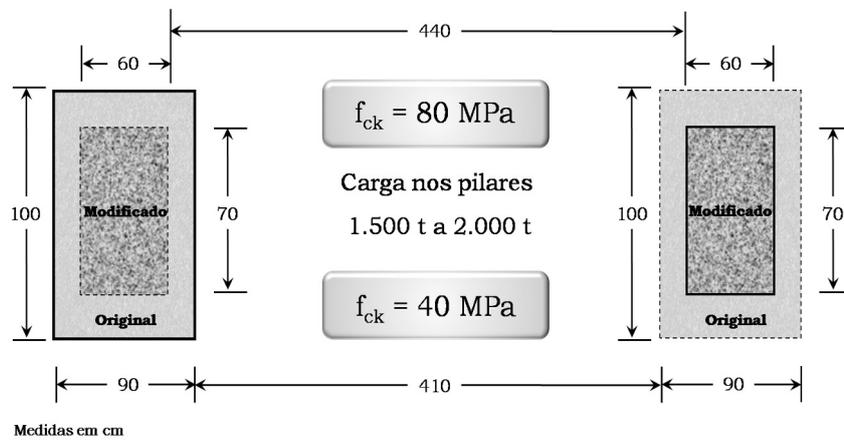
- Edifício e-Tower SP
- 42 andares
- heliponto
- piscina semi-olímpica
- academia de ginástica
- 2 restaurantes
- concreto colorido
- f_{ck} columnas = 80 MPa





136

Projeto estrutural (e-Tower)



137



138

Controle



139



140

Economia de Recursos Naturais

Original:

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

seção transversal → 90cm x 100cm

0,90m²

HPC / HSC:

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

seção transversal → 60cm x 70cm

0,42m²

141

Sustentabilidade



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

142

Sustentabilidade



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

143

Sustentabilidade

Conceito de rendimento:

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

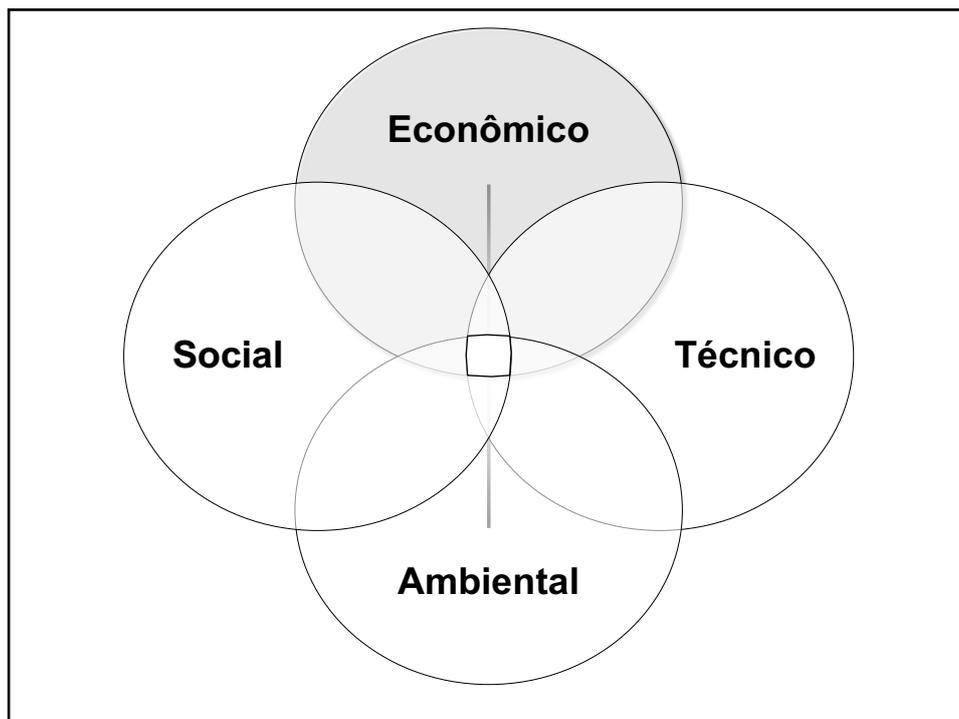
Considerando apenas o consumo de cimento, obtêm-se 0,25 MPa/kg (4kg/MPa) para $f_c = 120$ MPa e 0,15MPa/kg (6,7 kg/MPa) para $f_c = 40$ MPa.

144

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

145



146

OBRIGADO !



"do Laboratório de Pesquisa ao Canteiro de Obras"

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

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