



**PhD**  
Engenharia

# Concreto e sustentabilidade: desafios e oportunidades



**ABESC**  
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA  
DAS EMPRESAS DE  
SERVIÇOS DE CONCRETAGEM

**Paulo Helene**  
*Presidente IBRACON*  
*Diretor PhD Engenharia*

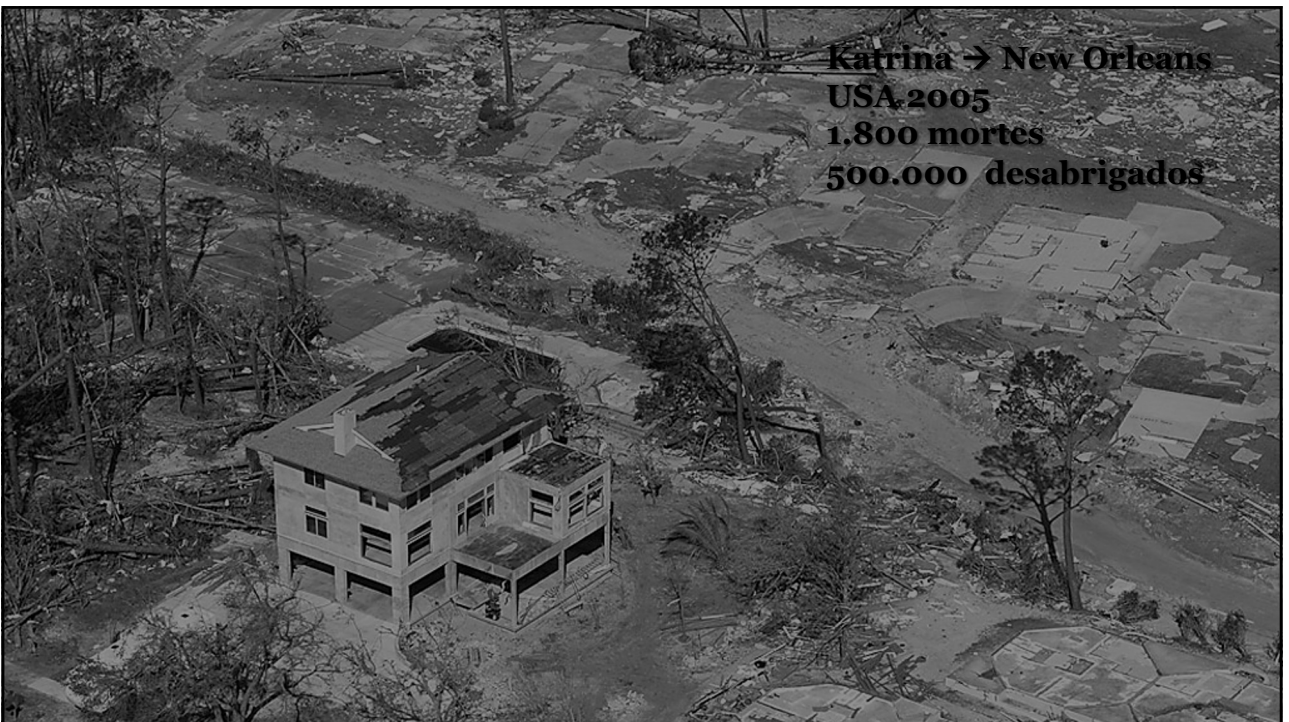
1



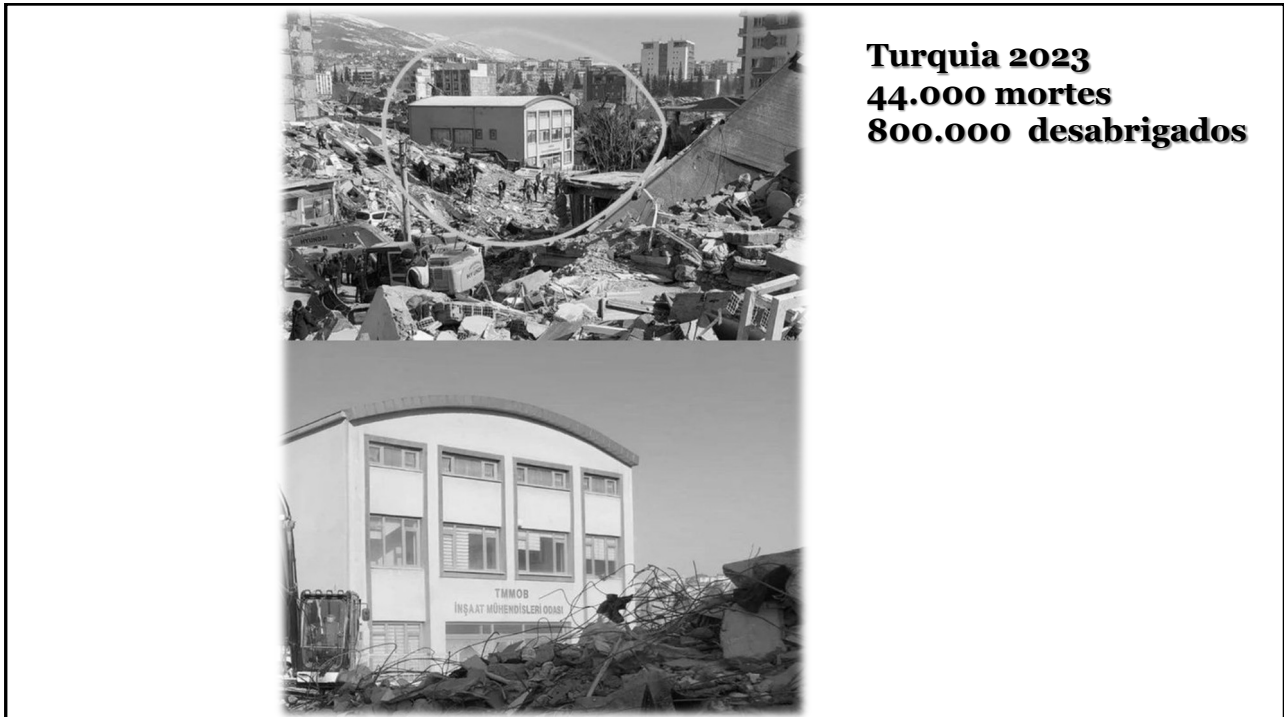
2



3



4



**Turquia 2023**  
**44.000 mortes**  
**800.000 desabrigados**

5

**g1** RIO GRANDE DO SUL 

## Relatório aponta que 10 mil imóveis foram afetados por enchentes no RS; em Muçum, um terço dos prédios foram atingidos

Houve edificações que ficaram sob mais de 6 metros de água. Documento produzido pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) da UFRGS, em parceria com a Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura (Sema) do Rio Grande do Sul, usou imagens de satélite para monitorar cidades afetadas.

Por g1 RS  
 20/09/2023 10h24 · Atualizado há uma semana

6

**ChatGPT**

Consulta ao Chat GPT:

*Como as construções do Rio Grande do Sul serão reconstruídas depois das enchentes?*

*Resposta: A reconstrução de áreas afetadas por enchentes no Rio Grande do Sul, incluem a adoção de **medidas de engenharia para tornar as construções mais resistentes a futuras enchentes.***

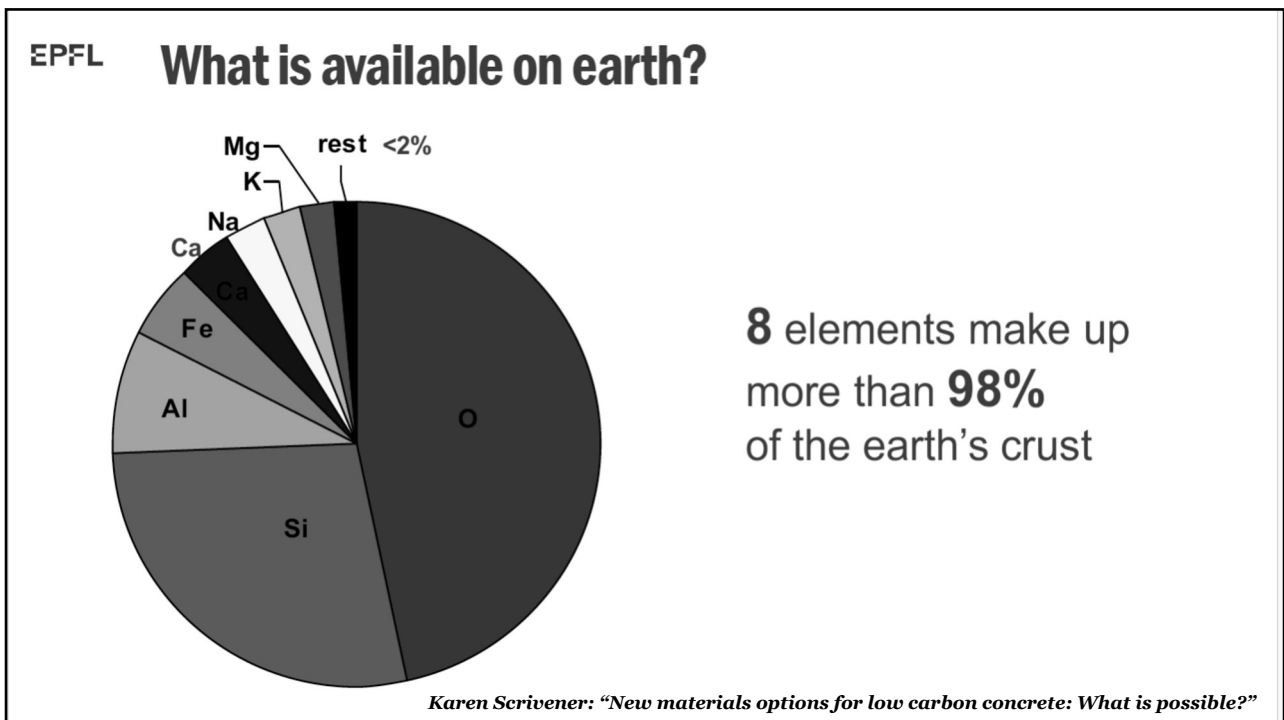
7



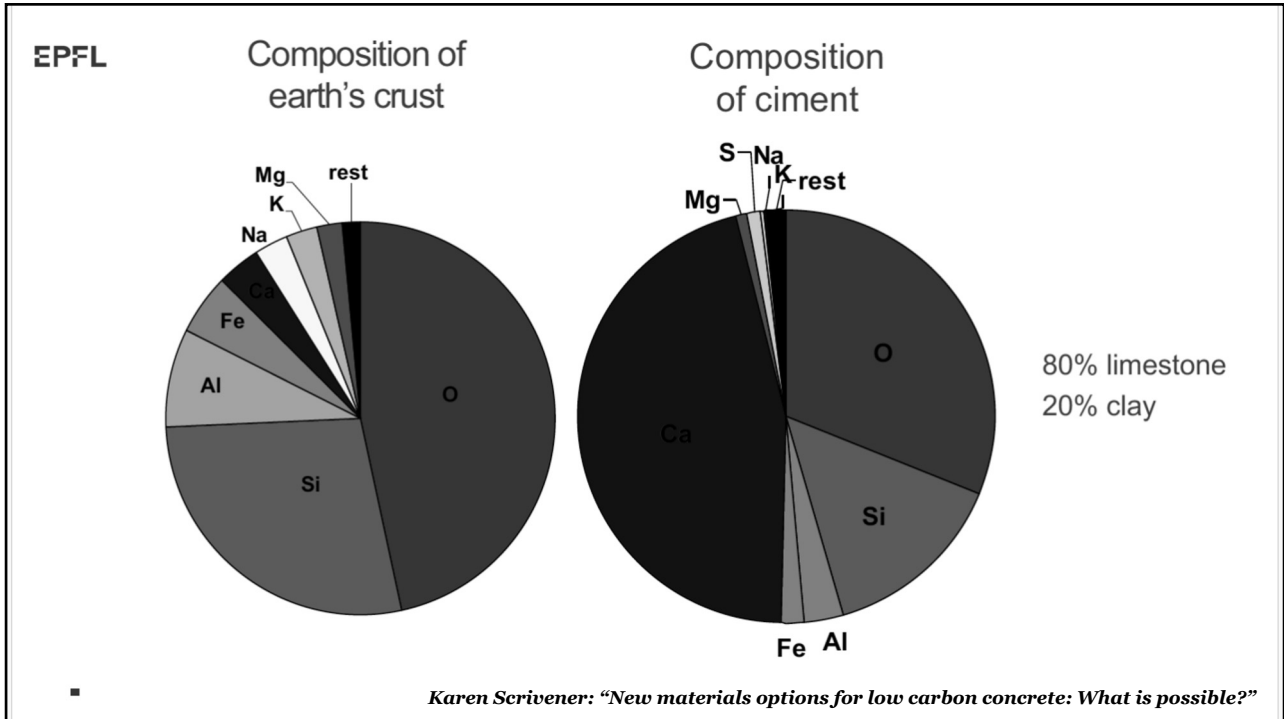
8



9



10



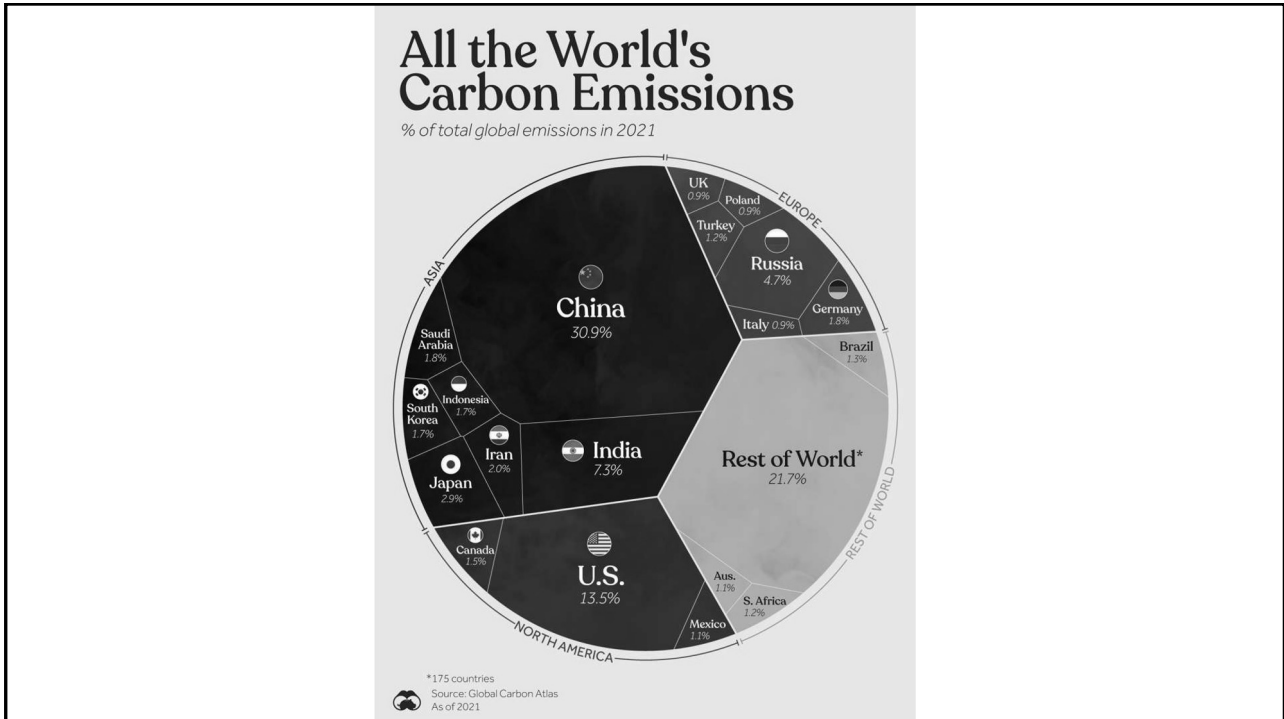
11

**“Portland” cement  
is an inevitable consequence of  
the chemistry and geology of the earth**

No alternative can be produced in quantities needed:

*Karen Scrivener: "New materials options for low carbon concrete: What is possible?"*

12



13

## DECLARAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE

### Declaração IBRACON sobre a Sustentabilidade do Concreto

A sustentabilidade é um valor fundamental para a sociedade atual e também para o IBRACON.

O IBRACON tem visão holística e foco na necessidade de desenvolvimento de informações, documentos e ferramentas a serem utilizados pela cadeia produtiva do concreto e pela sociedade em geral para alcançar metas de sustentabilidade.

O IBRACON é uma associação sem fins lucrativos, declarada de Interesse Público Estadual e Federal, cuja missão é criar, divulgar e defender o correto conhecimento sobre materiais, projeto, construção, uso e manutenção de atividades que promovam o desempenho social, econômico e ambiental da cadeia produtiva do concreto, visando a neutralização do carbono, alinhada com os conceitos atuais e consagrados identificados pelas siglas ODS e ESG.

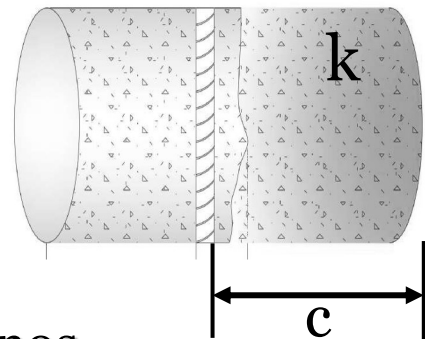
O conhecimento desenvolvido e compartilhado pelo IBRACON (livros, congressos, FEIBRACON, cursos, concursos, seminários, práticas recomendadas, revista científica e revista técnica) é inteiramente resultado do trabalho de voluntários dedicados à inovação e desenvolvimento das estruturas de concreto.

Este CT, inicialmente, atuou disseminando conhecimento, tecnologia e as melhores práticas para a reciclagem e usos de resíduos de construção e demolição, em face da implementação da Resolução CONAMA 307, que requeria que os geradores dessem uma destinação adequada aos resíduos de seus processos industriais. Neste período, foram realizadas nove edições do Seminário "Desenvolvimento Sustentável e Reciclagem na Construção Civil", que trouxeram ao Brasil um legado importante de práticas realizadas na Europa e nos Estados Unidos no campo das pesquisas, normalizações e po-

14

**Durabilidade – Vida Útil de Projeto VUP**

$$t = \frac{c^2}{k^2}$$



$t$  = vida útil de projeto em anos

$c$  = cobrimento da armadura em mm

$k$  = coeficiente de difusão em mm/ $\sqrt{\text{ano}}$

15

**Durabilidade – Vida Útil de Projeto VUP**

cobrimento 20mm para 25mm  $\rightarrow$   
30  $\rightarrow$  48 anos !!

**VUP**  
**1,6X**

$f_{ck}$  20MPa para 50MPa  $\rightarrow$   
30  $\rightarrow$  270 anos !!

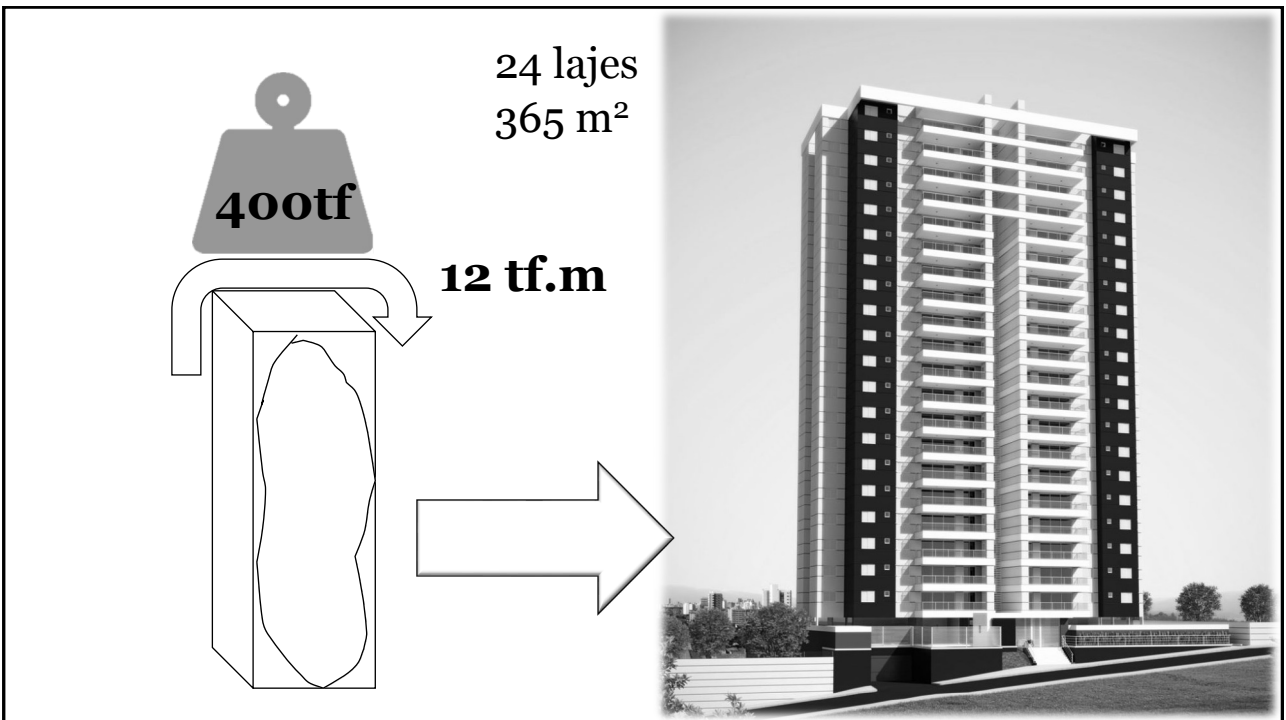
**9,0X**

16

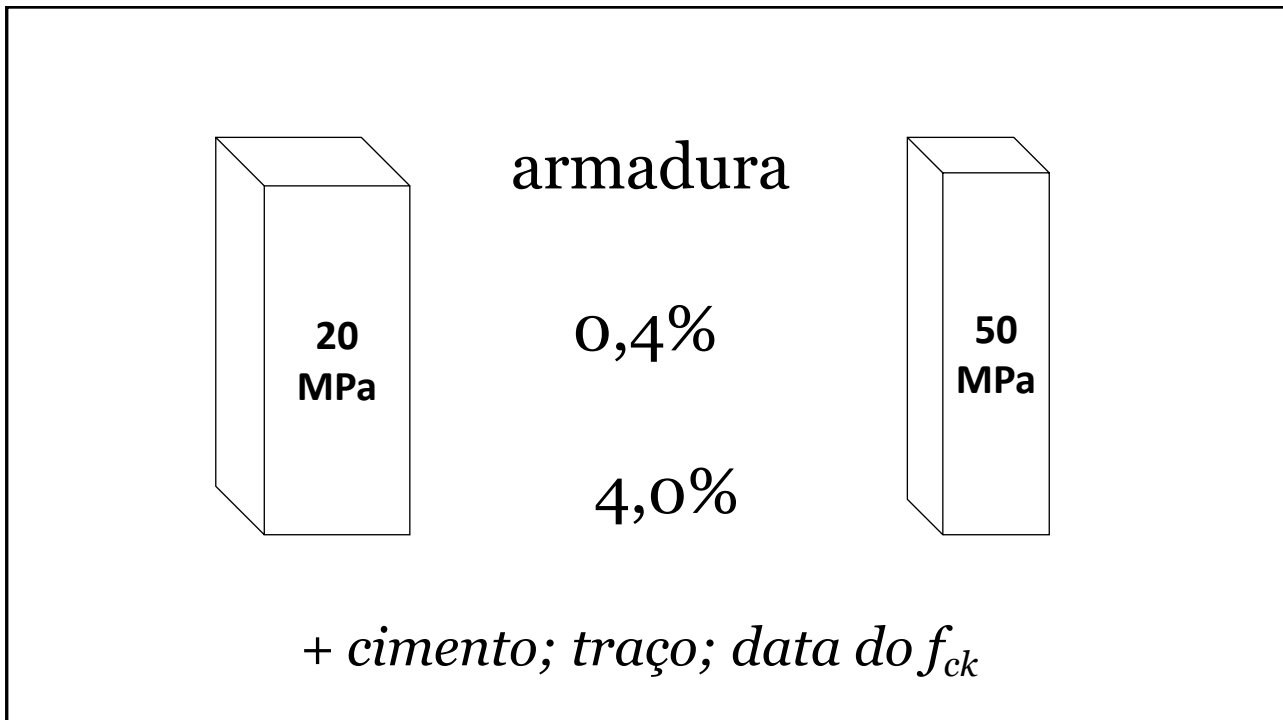




17



18



19

<b>Grupo</b>	<b>Classe de resistência</b>	<b>Dimensões (cm)</b>	<b>Taxa de armadura</b>	<b>Volume de concreto (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Consumo de aço (kg)</b>
NBR 6118:2023 28 dias	C20	69 x 69	0,41%	1,37	82
		49 x 49	4,02%	0,69	235
	C50	48 x 48	0,85%	0,66	65
		41 x 41	3,83%	0,48	160
<i>fib</i> MC 2020 Eurocode 2:2023 56 dias	C20	66 x 66	0,45%	1,25	80
		48 x 48	3,95%	0,66	233
	C50	45 x 45	0,97%	0,58	55
		40 x 40	3,85%	0,46	144

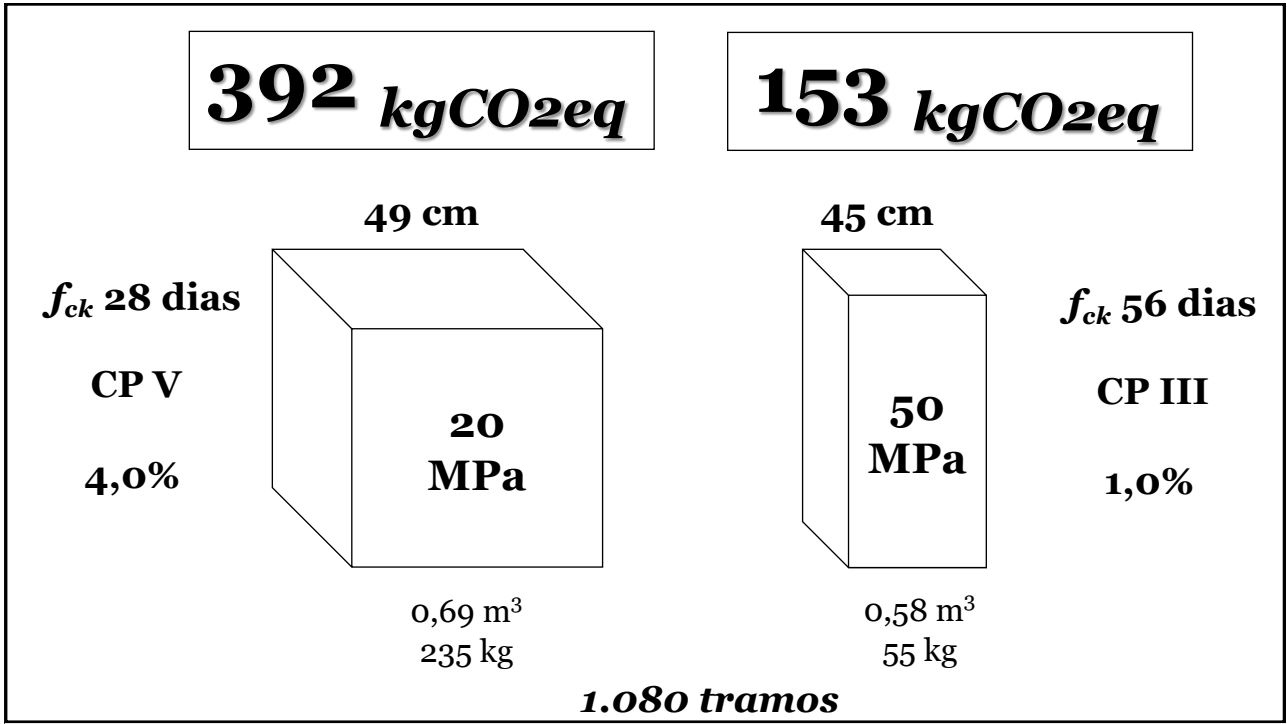
20

Grupo	Classe de resistência	Dimensões (cm)	Taxa de armadura	Volume de concreto (m <sup>3</sup> )	Consumo de aço (kg)
NBR 6118:2023 28 dias	C20	69 x 69	0,41%	1,37	82
		49 x 49	4,02%	0,69	235
	C50	48 x 48	0,85%	0,66	65
		41 x 41	3,83%	0,48	160
<i>fib</i> MC 2020 Eurocode 2:2023 56 dias	C20	66 x 66	0,45%	1,25	80
		48 x 48	3,95%	0,66	233
	C50	45 x 45	0,97%	0,58	55
		40 x 40	3,85%	0,46	144

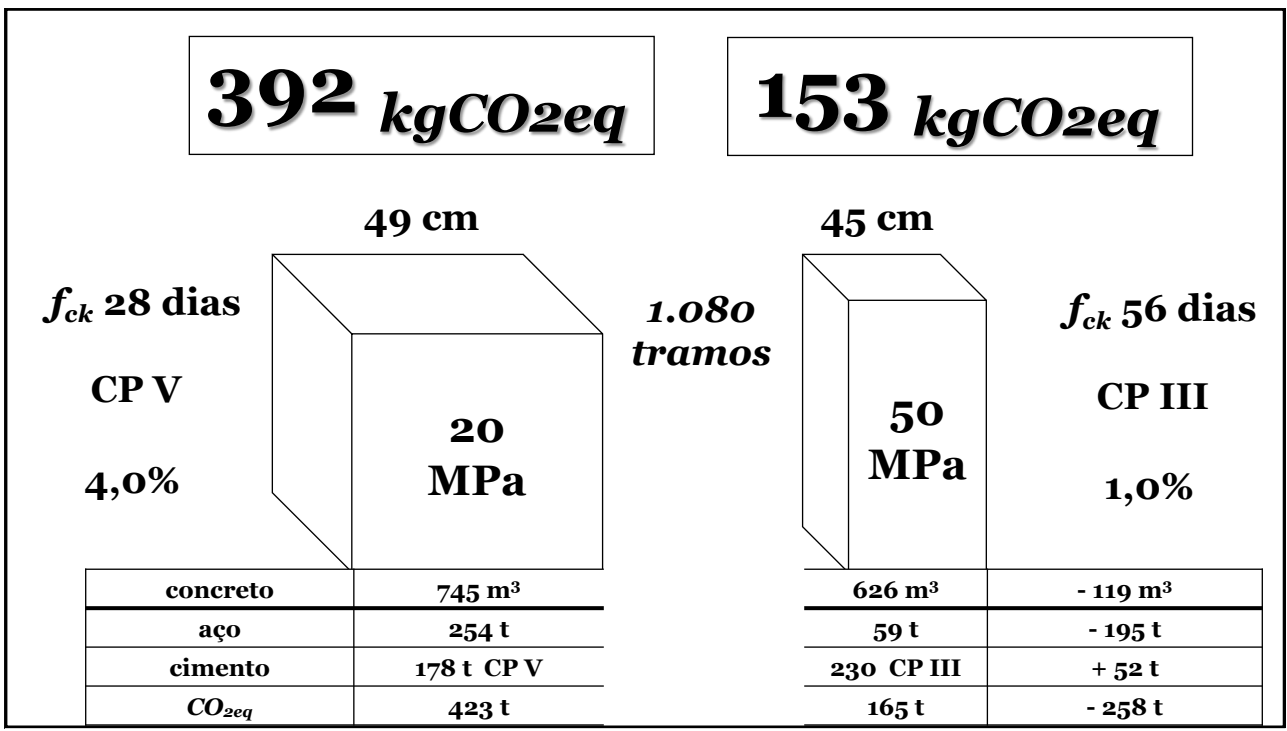
21

Grupo	$f_{ck}$	Dimensões (cm)	Taxa de armadura	Volume de concreto (m <sup>3</sup> )	Consumo de aço (kg)	Massa de cimento no pilar (kg)	Emissão de CO <sub>2</sub> por pilar (kg CO <sub>2eq</sub> )
NBR 6118:2023 28 dias	C20	69 x 69	0,41%	1,37	82	<b>364 kg CP III</b>	<b>227</b>
		69 x 69	0,41%	1,37	82	<b>328 kg CP V</b>	<b>367</b>
		49 x 49	4,02%	0,69	235	<b>184 kg CP III</b>	<b>322</b>
		49 x 49	4,02%	0,69	235	<b>165 kg CP V</b>	<b>392</b>
<i>fib</i> MC 2020 Eurocode 2:2023 56 dias	C50	45 x 45	0,97%	0,58	55	<b>246 kg CP III</b>	<b>153</b>
		45 x 45	0,97%	0,58	55	<b>230 kg CP V</b>	<b>254</b>
		40 x 40	3,85%	0,46	144	<b>195 kg CP III</b>	<b>228</b>
		40 x 40	3,85%	0,46	144	<b>182 kg CP V</b>	<b>309</b>

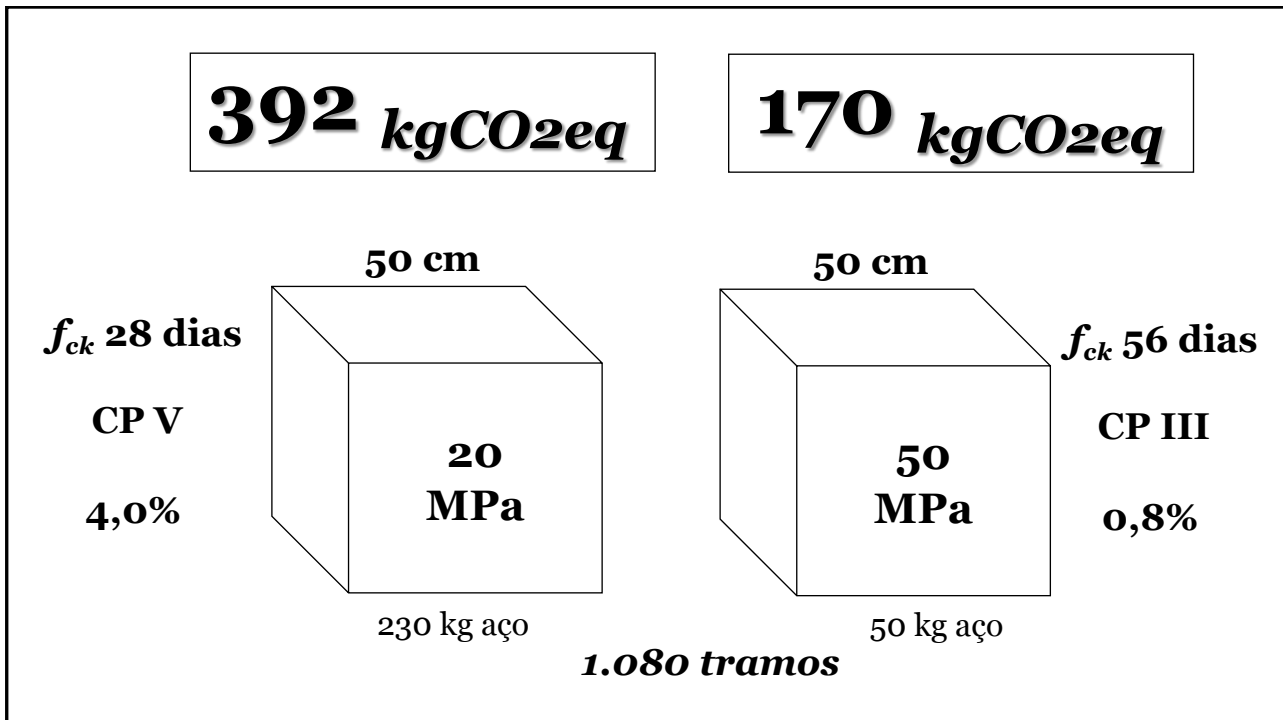
22



23



24



25

<b>→ no m<sup>3</sup> do concreto fresco</b>	<b>→ na peça acabada, na estrutura</b>
<b>C 20 melhor C 50</b>	<b>C 50 melhor C 20</b>
<b>kgCO<sub>2</sub>eq / m<sup>3</sup></b>	<b>kgCO<sub>2</sub>eq / peça</b>

26

## Indicadores de Eficiência

1. Consumo de material por m<sup>2</sup> de área construída (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>)
2. Produtividade: m<sup>2</sup> de área construída por unidade de material m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>
3. Rendimento: consumo de cimento em kg por MPa, por m<sup>3</sup>
4. Consumo cimento em kg, por m<sup>3</sup>
5. Emissão carbono em kg CO<sub>2eq</sub> / m<sup>3</sup>
6. Pegada carbono em kg CO<sub>2eq</sub>/ MPa, por m<sup>3</sup>
7. Pegada de carbono em kg CO<sub>2eq</sub> / m<sup>2</sup> de área construída

27

## Indicadores de Eficiência

Considerando:

- ✓ Emissão CP V → 852 kg CO<sub>2eq</sub>/t
- ✓ Emissão CP III → 384 kg CO<sub>2eq</sub>/t
- ✓ CP V → 90% clínquer
- ✓ CP III → 30% clínquer
- ✓ Aço → 1.070 kg CO<sub>2eq</sub>/t

28

## Indicadores de Eficiência

<b>concreto</b>	$f_{ck} = 20$ MPa	$f_{ck} = 50$ MPa	
kg cimento CP V/m <sup>3</sup>	<b>240</b>	<b>343</b>	consumo
kg cimento CP III/m <sup>3</sup>	<b>267</b>	<b>367</b>	consumo

29

## Indicadores de Eficiência

concreto	$f_{ck} = 20$ MPa	$f_{ck} = 50$ MPa	
kg cimento CP V/m <sup>3</sup>	<b>240</b>	<b>343</b>	consumo
kg cimento CP III/m <sup>3</sup>	<b>267</b>	<b>367</b>	consumo
kg cimento CP V/MPa p/m <sup>3</sup>	<b>12,0</b>	<b>6,9</b>	rendimento
kg cimento CP III/MPa p/m <sup>3</sup>	<b>13,3</b>	<b>7,3</b>	rendimento

30

## Indicadores de Eficiência

concreto	$f_{ck} = 20 \text{ MPa}$	$f_{ck} = 50 \text{ MPa}$	
kg cimento CP V/m <sup>3</sup>	<b>240</b>	<b>343</b>	consumo
kg cimento CP III/m <sup>3</sup>	<b>267</b>	<b>367</b>	consumo
kg cimento CP V/MPa p/m <sup>3</sup>	<b>12,0</b>	<b>6,9</b>	rendimento
kg cimento CP III/MPa p/m <sup>3</sup>	<b>13,3</b>	<b>7,3</b>	rendimento

31

## Indicadores de Eficiência

concreto	$f_{ck} = 20 \text{ MPa}$	$f_{ck} = 50 \text{ MPa}$	
kg cimento CP V/m <sup>3</sup>	<b>240</b>	<b>343</b>	consumo
kg cimento CP III/m <sup>3</sup>	<b>267</b>	<b>367</b>	consumo
kg cimento CP V/MPa p/m <sup>3</sup>	<b>12,0</b>	<b>6,9</b>	rendimento
kg cimento CP III/MPa p/m <sup>3</sup>	<b>13,3</b>	<b>7,3</b>	rendimento
kg $CO_{2eq}$ /m <sup>3</sup> p/CP V	<b>205</b>	<b>249</b>	emissão carbono
kg $CO_{2eq}$ /m <sup>3</sup> p/CP III	<b>103</b>	<b>141</b>	emissão carbono

32



## Indicadores de Eficiência

concreto	$f_{ck} = 20 \text{ MPa}$	$f_{ck} = 50 \text{ MPa}$	
kg cimento CP V/m <sup>3</sup>	<b>240</b>	<b>343</b>	consumo
kg cimento CP III/m <sup>3</sup>	<b>267</b>	<b>367</b>	consumo
kg cimento CP V/MPa p/m <sup>3</sup>	<b>12,0</b>	<b>6,9</b>	rendimento
kg cimento CP III/MPa p/m <sup>3</sup>	<b>13,3</b>	<b>7,3</b>	rendimento
kg $CO_{2eq}$ /m <sup>3</sup> p/CP V	<b>205</b>	<b>249</b>	emissão carbono
kg $CO_{2eq}$ /m <sup>3</sup> p/CP III	<b>103</b>	<b>141</b>	emissão carbono

33

## Indicadores de Eficiência

concreto	$f_{ck} = 20 \text{ MPa}$	$f_{ck} = 50 \text{ MPa}$	
kg cimento CP V/m <sup>3</sup>	<b>240</b>	<b>343</b>	consumo
kg cimento CP III/m <sup>3</sup>	<b>267</b>	<b>367</b>	consumo
kg cimento CP V/MPa p/m <sup>3</sup>	<b>12,0</b>	<b>6,9</b>	rendimento
kg cimento CP III/MPa p/m <sup>3</sup>	<b>13,3</b>	<b>7,3</b>	rendimento
kg $CO_{2eq}$ /m <sup>3</sup> p/CP V	<b>205</b>	<b>249</b>	emissão carbono
kg $CO_{2eq}$ /m <sup>3</sup> p/CP III	<b>103</b>	<b>141</b>	emissão carbono
kg $CO_{2eq}$ /MPa p/m <sup>3</sup> p/CP V	<b>10,1</b>	<b>5,0</b>	pegada carbono
kg $CO_{2eq}$ /MPa p/m <sup>3</sup> p/CP III	<b>5,2</b>	<b>2,8</b>	pegada carbono

34

## Indicadores de Eficiência

concreto	$f_{ck} = 20$ MPa	$f_{ck} = 50$ MPa	
kg cimento CP V/m <sup>3</sup>	<b>240</b>	<b>343</b>	consumo
kg cimento CP III/m <sup>3</sup>	<b>267</b>	<b>367</b>	consumo
kg cimento CP V/MPa p/m <sup>3</sup>	<b>12,0</b>	<b>6,9</b>	rendimento
kg cimento CP III/MPa p/m <sup>3</sup>	<b>13,3</b>	<b>7,3</b>	rendimento
kg $CO_{2eq}$ /m <sup>3</sup> p/CP V	<b>205</b>	<b>249</b>	emissão carbono
kg $CO_{2eq}$ /m <sup>3</sup> p/CP III	<b>103</b>	<b>141</b>	emissão carbono
kg $CO_{2eq}$ /MPa p/m <sup>3</sup> p/CP V	<b>10,1</b>	<b>5,0</b>	pegada carbono
kg $CO_{2eq}$ /MPa p/m <sup>3</sup> p/CP III	<b>5,2</b>	<b>2,8</b>	pegada carbono

35

## Indicadores de Eficiência

concreto	$f_{ck} = 20$ MPa	$f_{ck} = 50$ MPa	
kg cimento CP V/m <sup>3</sup>	<b>240</b>	<b>343</b>	consumo
kg cimento CP III/m <sup>3</sup>	<b>267</b>	<b>367</b>	consumo
kg cimento CP V/MPa p/m <sup>3</sup>	<b>12,0</b>	<b>6,9</b>	rendimento
kg cimento CP III/MPa p/m <sup>3</sup>	<b>13,3</b>	<b>7,3</b>	rendimento
kg $CO_{2eq}$ /m <sup>3</sup> p/CP V	<b>205</b>	<b>249</b>	emissão carbono
kg $CO_{2eq}$ /m <sup>3</sup> p/CP III	<b>103</b>	<b>141</b>	emissão carbono
kg $CO_{2eq}$ /MPa p/m <sup>3</sup> p/CP V	<b>10,1</b>	<b>5,0</b>	pegada carbono
kg $CO_{2eq}$ /MPa p/m <sup>3</sup> p/CP III	<b>5,2</b>	<b>2,8</b>	pegada carbono
<b>Durabilidade</b>			
Coefficiente carbonatação p/CP V	<b>4,1</b>	<b>1,4</b>	<b>VUPx9</b> mm $\sqrt{ano}$
Coefficiente carbonatação p/CP III	<b>4,3</b>	<b>1,5</b>	<b>VUPx8</b> mm $\sqrt{ano}$

36

