



Concretos Reforçado com Fibras: Aplicações, Benefícios e Requisitos para Produção de elementos pré-fabricados

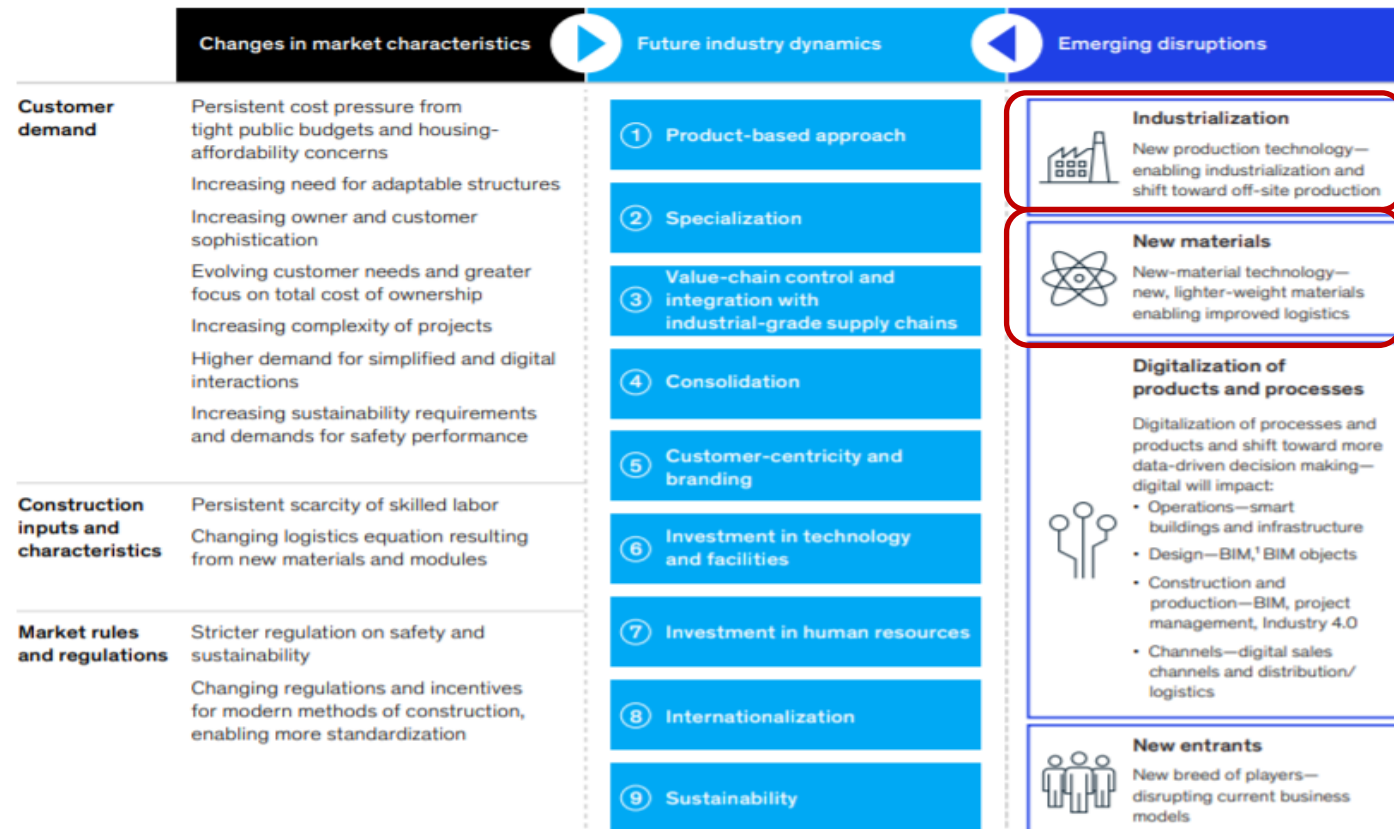
Ligia Oliva Doniak



DESAFIOS PARA A CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

Exhibit A

Changing characteristics and emerging disruptions will drive change in the industry and transform ways of working.



Inovação nos materiais básicos de Construção :
Cimento e Aço

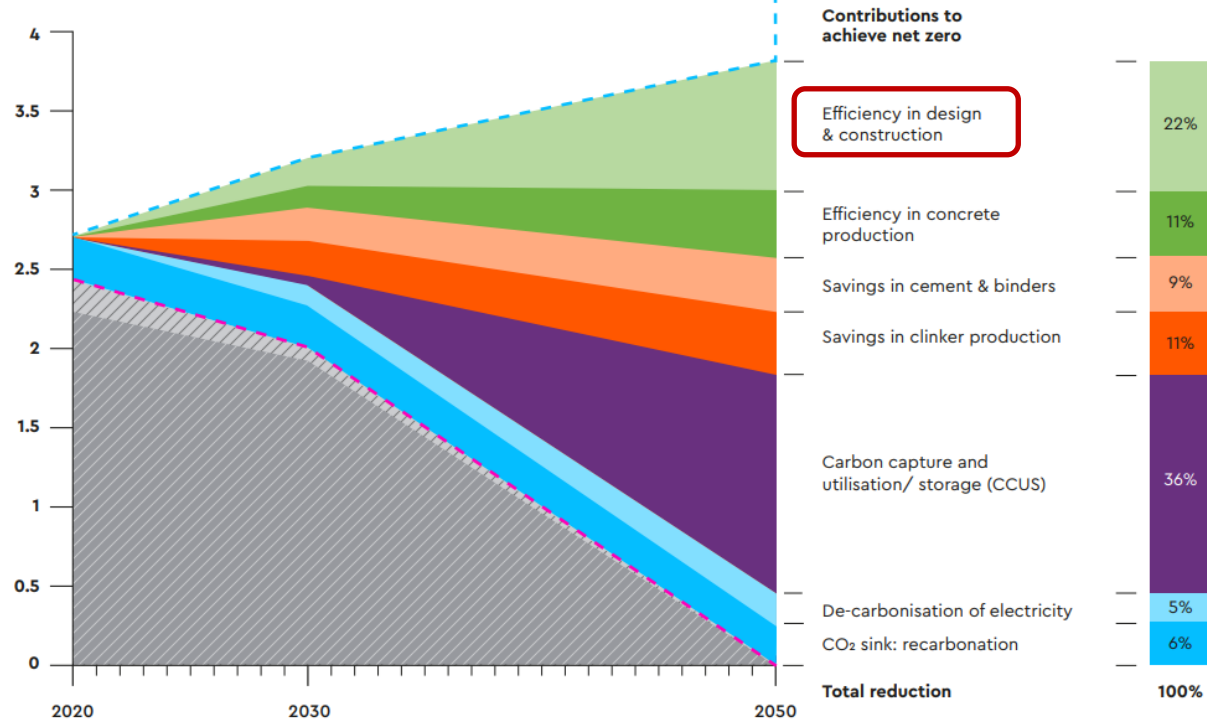
Uso de Concretos Especiais:

- **UHPC – Ultra High Performance Concrete**
- **Concreto Auto Adensável**
- **CRF**

A partir de novos materiais e novas possibilidades – Construção Modular 3D e 2D

DESAFIOS PARA A CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

Societies need for concrete (in the absence of any action) is forecast to result in 3.8Gt CO₂ in 2050.



	Solutions
Low carbon technologies currently available	
Stage A	Light weight structures
	Low carbon concrete
	FRP reinforcements and tendons
	Fiber reinforced concrete
Precast construction	
Stage B	FRP reinforcements and tendons
	Coated and non-ferrous rebars
	Resilient structures
	Accelerated execution
Stage C and D	Precast using unbonded tendons (easy dismantlement)
	Reuse and recycle
	Monitoring of members
Low carbon technologies need to be developed	
Stage A	Low carbon boilers for curing
	Lean construction
Stage B	CO ₂ absorption by concrete
Stage C and D	Remanufacturing
	Standardization for remanufacturing and reuse
	Assessment of dismantled members

DESAFIOS PARA A CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

Segundo o caderno de dados setoriais da ABCIC (FGV-IBRE) de 2026:

- **78%** das empresas de pré-fabricado utilizavam **concreto autoadensável** em sua produção.
- E das 78% das empresas citadas, **o total de CAD produzido é de 64%**.
- **56%** das empresas de pré-fabricado estão em fase de estudos sobre a implantação de **UHPC** e 14% já estão em fase de implantação

TIPOS DE FIBRA

FIBRAS POLIMÉRICAS: CONTROLE DE RETRAÇÃO PLÁSTICA, REDUÇÃO DE FISSURAÇÃO, NÃO ESTRUTURAL

FIBRAS DE POLIPROPILENO: CONTROLE DE RETRAÇÃO PLÁSTICA, REDUÇÃO DE FISSURAS INICIAIS, BAIXO CUSTO, GERALMENTE NÃO ESTRUTURAL

FIBRAS DE VIDRO: BOA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO, NÃO CORROSIVAS, BOA DURABILIDADE (QUANDO AR)

FIBRAS NATURAIS: SUSTENTÁVEIS E DE BAIXO CUSTO, GERALMENTE NÃO ESTRUTURAL

FIBRAS DE AÇO: ALTO MÓDULO DE ELASTICIDADE, ALTA RESISTÊNCIA MECÂNICA, EXCELENTE TRANSFERÊNCIA DE TENSÃO. ESTRUTURAL

TIPOS DE FIBRA

Tipo de fibra	Função principal	Uso típico
Aço	Estrutural	Pisos, túneis, UHPC
Polimérica (macro)	Tenacidade	Pisos, pré-fab
Polipropileno (micro)	Fissura inicial	Lajes, concreto comum
Vidro	Leveza/arquitetura	Fachadas
Sintética	Durabilidade	Ambientes agressivos
Natural	Sustentabilidade	Não estrutural

EVOLUÇÃO DOS MATERIAS – HPC/UHPC

Propriedade	Concreto Convencional	HPC	UHPC
fck (MPa)	25–50	60–100	150–200+
Módulo (GPa)	25–35	40–55	50–70
a/c	0.45–0.55	0.25–0.35	0.18–0.22
Permeabilidade	Alta	Muito baixa	Quase nula
Vida útil (anos)	50	75–100	100–150
Substituição de armadura passiva	Não	Parcial	Parcial/ total
Aplicações típicas		Pontes, vigas pré	Fachadas, pontes de grande vão

EVOLUÇÃO DOS MATERIAS – HPC/UHPC

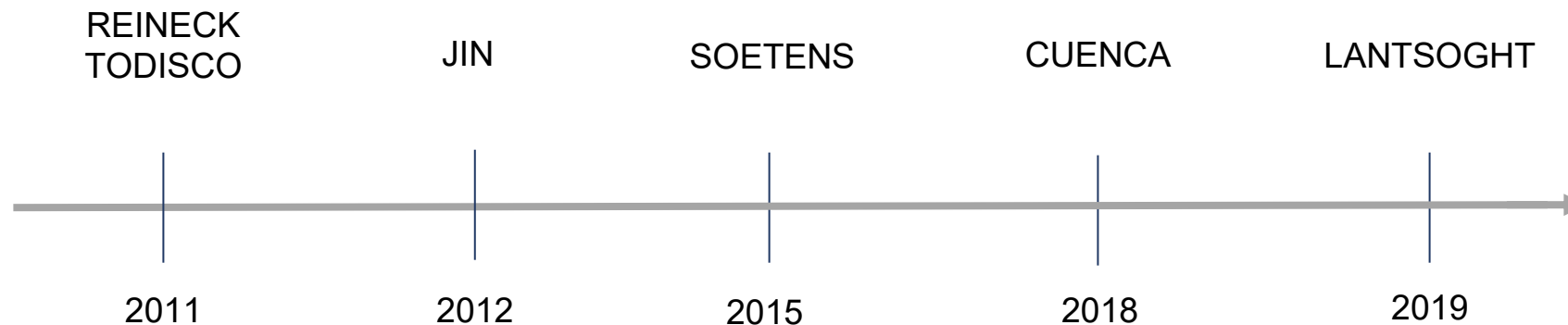
- O UHPC coberto pela norma é aquele que tem as seguintes propriedades mecânicas:
- ✓ - É UHPC que apresenta um comportamento de *hardening* por deformação na flexão;
 - ✓ - Resistência à compressão característica → f_{ck} entre 100 MPa e 250 MPa;
 - ✓ - Para aplicação estrutural → f_{ck} entre 150 MPa e 200 MPa;
 - ✓ - Resistência à tração característica f_{ctk} maior que 6,0 MPa;
 - ✓ - Comportamento suficientemente dúctil;
- A densidade do concreto deve estar entre 2300 kg/m³ e 2800 kg/m³.

EVOLUÇÃO DOS MATERIAS – HPC/UHPC

- **Elementos mais esbeltos e de menor altura**
- **Maior vida útil e redução dos custos de manutenção**
- **Menor impacto no transporte e na logística**
- **Promove uma nova geração de construção acelerada**
- **Reduz o impacto sobre os usuários e o tráfego durante as obras**
- **Favorece a inovação em elementos arquitetônicos e estruturais**
- **Amplia a participação do mercado de pré-fabricação**

APRESENTAÇÃO BASE DE DADOS

- Concreto protendido com fibra tem um alto interesse econômico e sustentável;
- É necessário conhecer bem seu desempenho e mecanismos de ruptura;
- Base de dados anteriores em resistência a cortante;



APRESENTAÇÃO BASE DE DADOS

DATA COLLECTION FILE: TEST

- Informação geral
- Propriedades seção transversal
- Carregamento e geometria
- Fibras e agregados
- Protensão
- Força Axial
- Resistência do concreto
- Ensaio

DATA COLLECTION FILE: CONCRETE MIX DESIGN

- Informação Geral
- Traço
- Agregados
- Cimento
- Adição
- Pre-blended mix
- Água
- Aditivos
- Relação A/C
- Fibra

DATA EVALUATION FILE

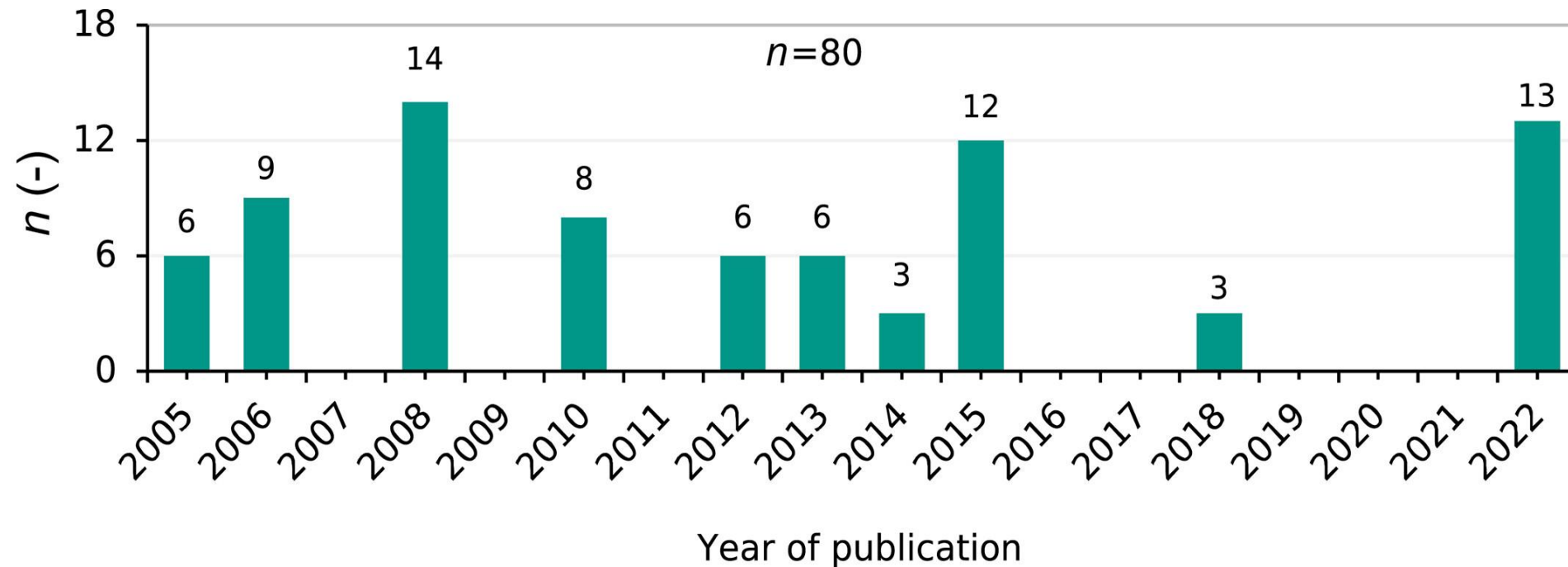
- EUROCODE (draft)
- MODEL CODE 2010
- MODEL CODE 2010 (SMCFT)
- MODEL CODE 2020
- CODIGO ESPANHOL



doi.org/10.1002/suco.202201130

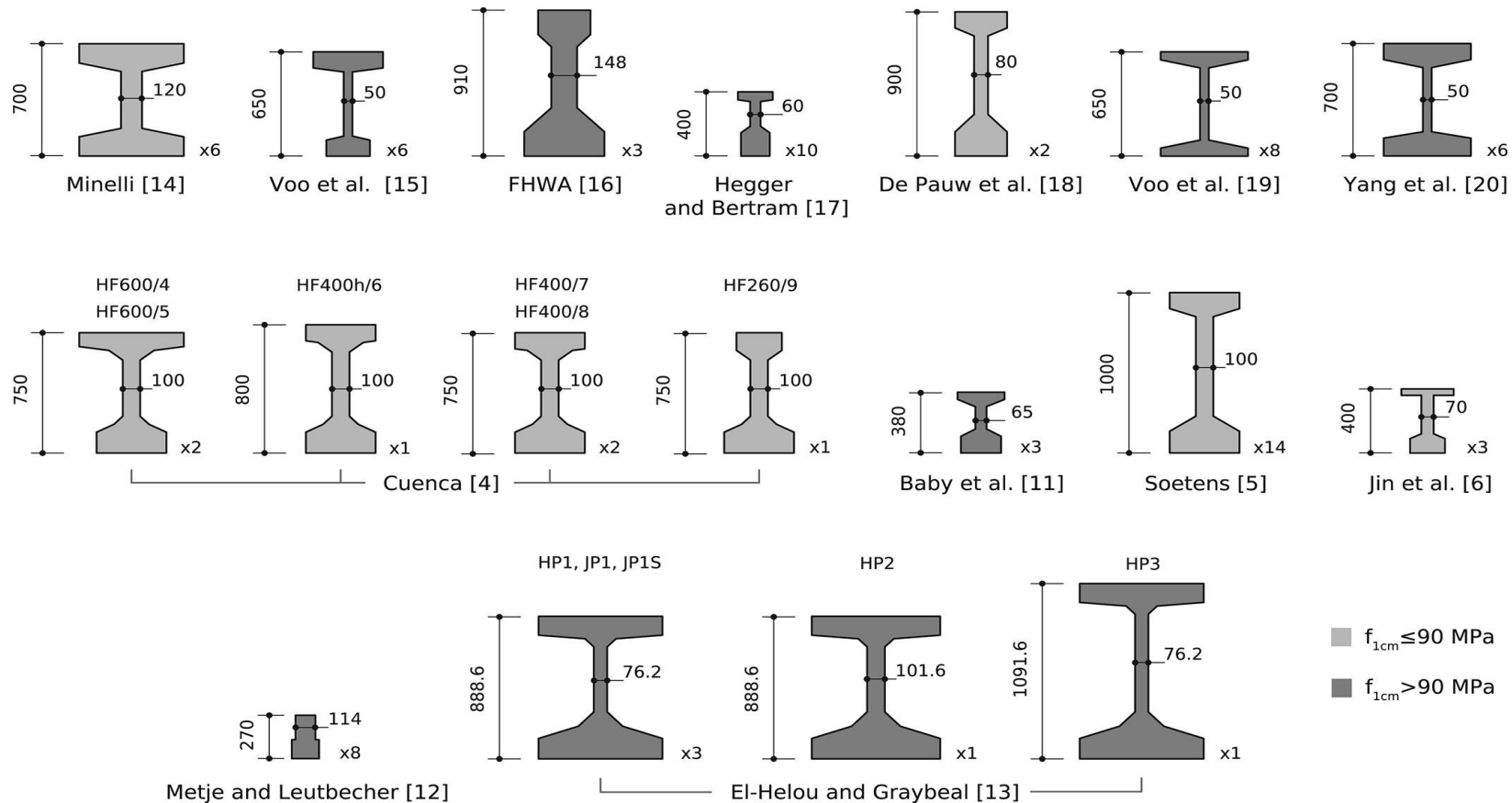
APRESENTAÇÃO BASE DE DADOS

Número de vigas ensaiadas pelo ano de publicação:



APRESENTAÇÃO BASE DE DADOS

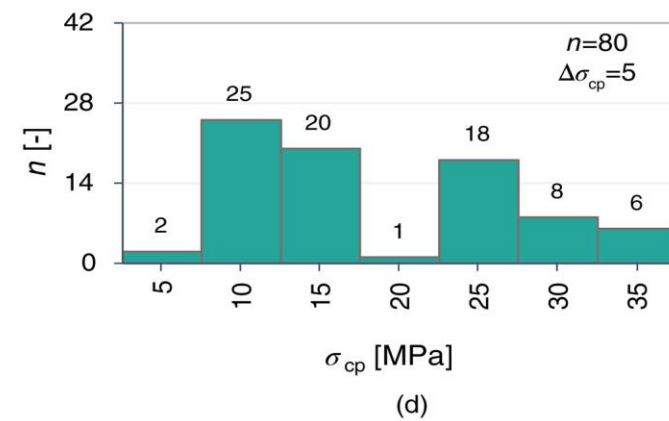
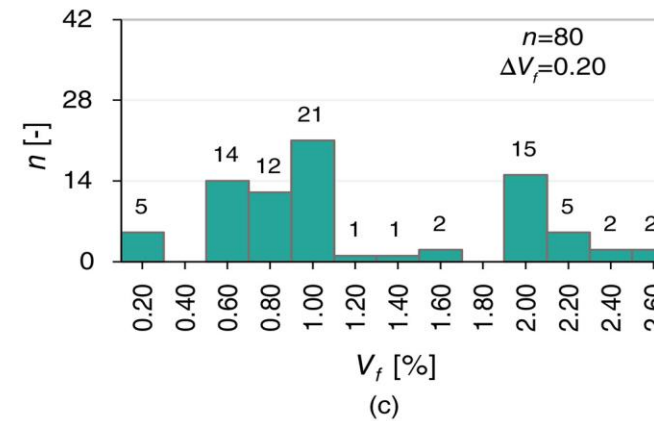
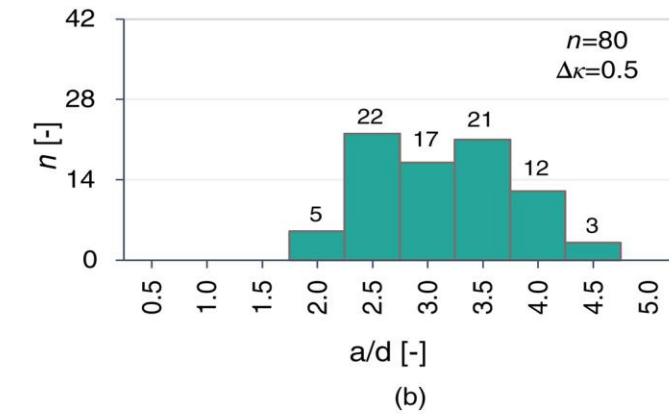
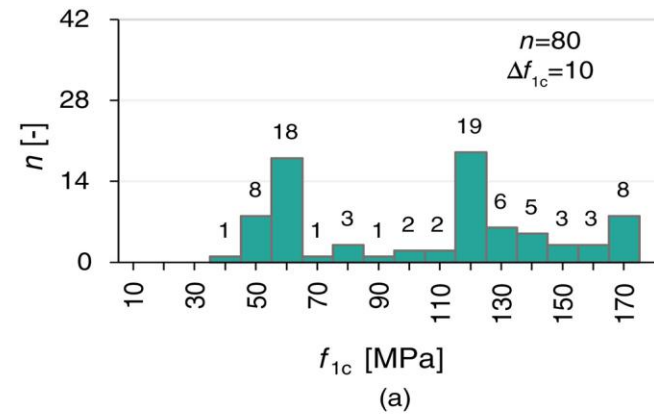
Seção Transversal e resistência das vigas ensaiadas:



ANÁLISE DA BASE DE DADOS

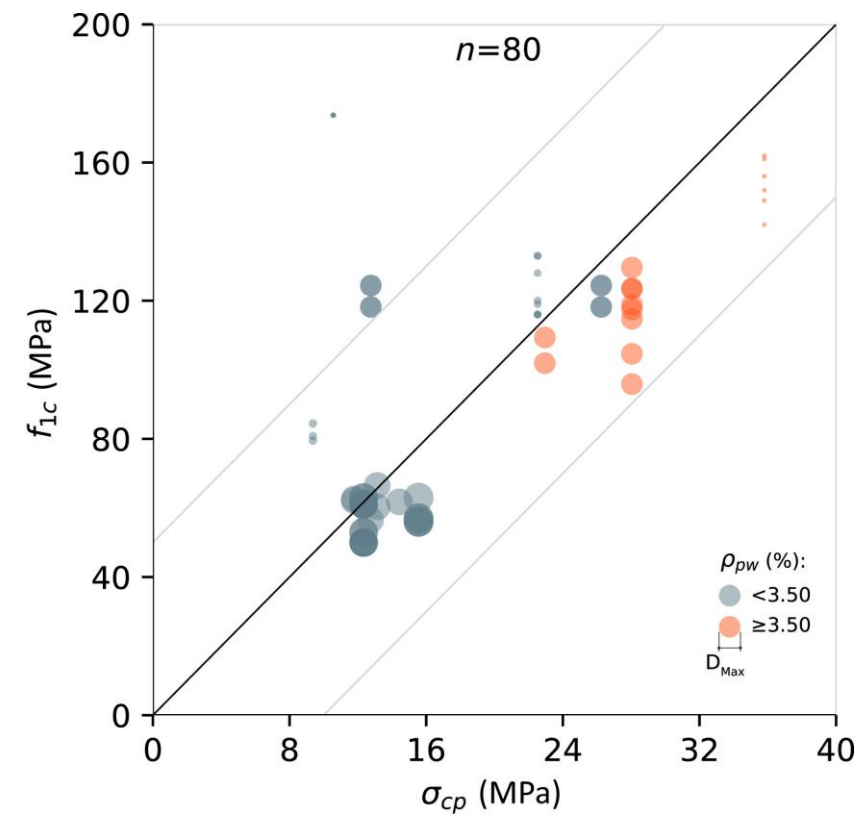
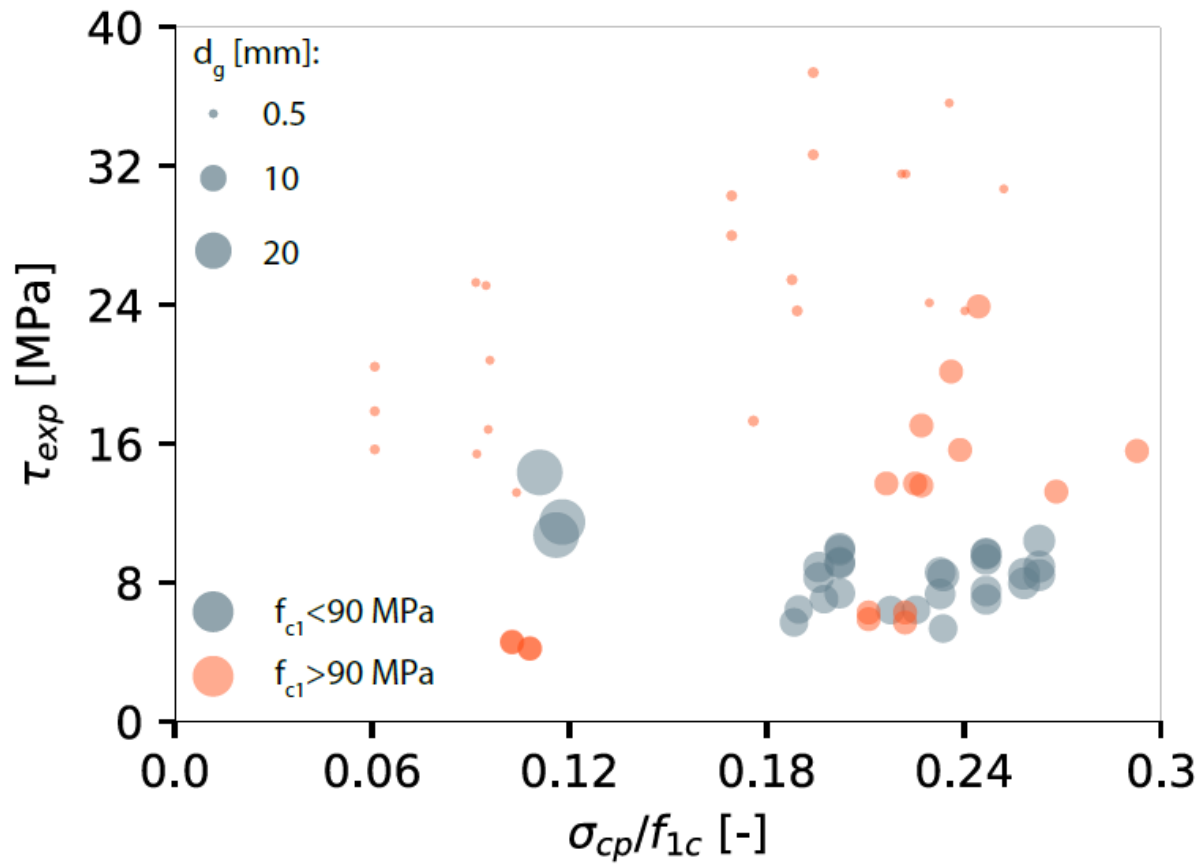
Parameter	Min value	Max value
f_{1c} (MPa)	42	175
h (mm)	270	1092
d (mm)	209	990
b_w (mm)	50	148
a/d (-)	1.75	4.50
σ_{cp} (MPa)	6.54	35.80
V_f (%)	0.30	2.50
ρ_{pw} (%)	1.00	7.59
D_{Max} (mm)	0.4	32.0
l_f/d_f (-)	48	157
σ_{fu} (MPa)	1225	3000

Intervalo dos parâmetros da base de dados



Número de vigas versus a. altura da viga b. esbelteza a cortante c. Resistencia a compressão do concreto d. tensão de compressão do concreto devido à protensão.

ANÁLISE DA BASE DE DADOS



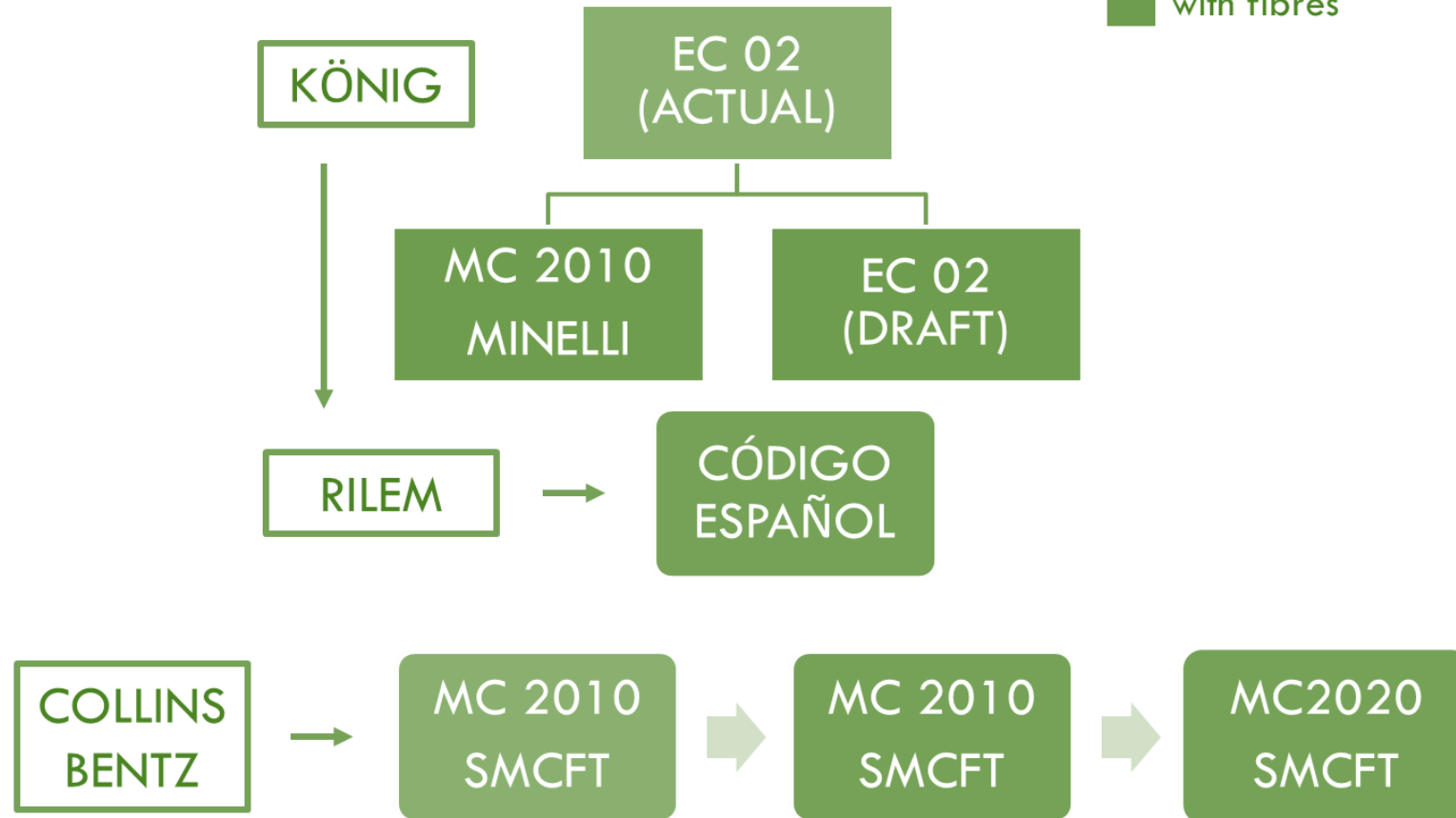
FORMULAÇÕES

FORMULA AND ORIGINS

Shear formulations:

■ without fibres

■ with fibres



FORMULAÇÕES

EUROCODE (DRAFT):

$$V_{Rd,cf} = \left(\eta \frac{0.6}{\gamma_c} \left(100 \rho f_{ck} \frac{d_{dg}}{d} \right)^{\frac{1}{3}} + f_{Ftud} \geq \eta \tau_{Rdc,min} + f_{Ftud} \right) b_w d$$

- $f_{Ftud} = f_{Ftu, \text{rígido}} = f_{R3}/3$
- $f_{ck} < 100 \text{ MPa}$

MODEL CODE 2010 (MINELLI):

$$V_{Rd,c} = \left(\frac{0.18}{\gamma_c} k \left(100 \rho \left(1 + 7.5 \frac{f_{Ftuk}}{f_{ctk}} \right) f_{ck} \right)^{\frac{1}{3}} + 0.15 \sigma_{cp} \right) b_w d$$

- $f_{Ftuk} = f_{Ftu, \text{rígido}} = f_{R3}/3$
- $f_{ck} < 120 \text{ MPa}$

CÓDIGO ESPANHOL:

$$V_{Fd} = 0.7 \cdot k \cdot \tau_{fd} \cdot b \cdot d$$

$$V_{cd} = \left(\frac{0.18}{\gamma_c} k \left(100 \rho f_{ck} \right)^{\frac{1}{3}} + 0.15 \sigma_{cp} \right) b_w d$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2$$

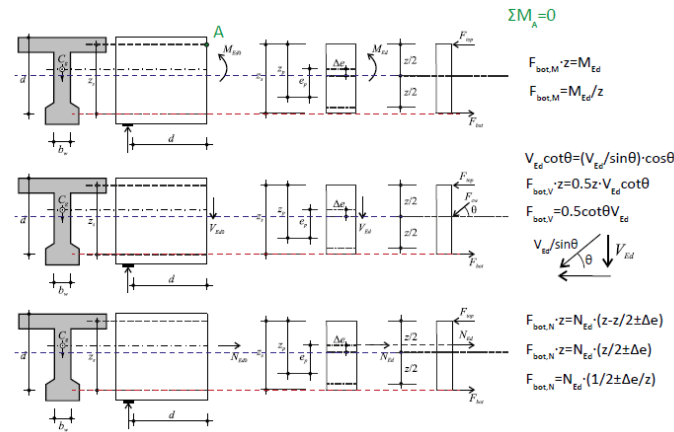
$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2$$

$$\tau_{fd} = 0.5, 0.33 \cdot f_{R3}$$

- $f_{ck} < 90 \text{ MPa}$

MODEL CODE 2010 (SMCFT):

$$V_{Rd,F} = \frac{1}{\gamma_F} \left(k_v \sqrt{f_{ck}} + k_f f_{Ftuk} \cot \theta \right) b_w z$$



MODEL CODE 2020:

$$V_{Rd,F} = \frac{1}{\gamma_F} \left(k_v \sqrt{f_{ck}} + k_f f_{Ftuk} \cot \theta \right) b_w z$$

- $k_v = \frac{0.4}{(1+1500\varepsilon_x + \xi)} \cdot \frac{1300}{1000 + k_{dg}z}$
- $\xi = (20 - 14000\varepsilon_x) \frac{K_s f_{Ftuk}}{f_{ck}}$
- $f_{ck} < 100 \text{ MPa}$

$$k_v = \frac{0.4}{1+1500\varepsilon_x} \cdot \frac{1300}{1000 + k_{dg}z}$$

$$\theta = 29 + 7000\varepsilon_x$$

$$k_{dg} = \frac{32}{16 + d_g} \geq 0.75$$

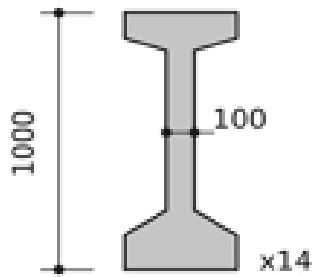
$$f_{Ftud} = f_{Ftu, \text{rígido}} = f_{R3}/3$$

$$f_{ck} < 120 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_x = \frac{\left(\frac{M_{Ed}}{Z} + V_{Ed} + N_{Ed} \left(\frac{z_p - e_p}{z} \right) \right)}{2 \left(\frac{Z_s}{Z} E_s A_s + \frac{Z_p}{Z} E_p A_p \right)}$$

RESULTADOS

DADOS DO ENSAIO



Soetens [5]

1-2,5-20 A

$V_{test} = 7556 \text{ kN}$

$a/d = 2,5$

$\rho_l = 1,8\%$

$\sigma_{cp} = 12,34 \text{ MPa}$

$f_{R3} = 4,09 \text{ MPa}$

$f_{1c} = 50 \text{ MPa}$

$V_{load} = 154 \text{ kN}$

EUROCODE (DRAFT):

$$V_{Rd,cf} = \left(\eta \frac{0.6}{\gamma_c} \left(100 \rho f_{ck} \frac{d_{dg}}{d} \right)^{\frac{1}{3}} + f_{Ftud} \geq \eta \tau_{Rdc,min} + f_{Ftud} \right) b_w d = 368,13 \text{ kN}$$

MODEL CODE 2010 (MINELLI):

$$V_{Rd,c} = \left(\frac{0.18}{\gamma_c} k \left(100 \rho \left(1 + 7.5 \frac{f_{Ftuk}}{f_{ctk}} \right) f_{ck} \right)^{\frac{1}{3}} + 0.15 \sigma_{cp} \right) b_w d = 167,36 \text{ kN}$$

MODEL CODE 2010 (SMCFT):

$$V_{Rd,F} = \frac{1}{\gamma_F} \left(k_v \sqrt{f_{ck}} + k_f f_{Ftuk} \cot \theta \right) b_w z = 319,3 \text{ kN}$$

MODEL CODE 2020:

$$V_{Rd,F} = \frac{1}{\gamma_F} \left(k_v \sqrt{f_{ck}} + k_f f_{Ftuk} \cot \theta \right) b_w z = 270 \text{ kN}$$

CÓDIGO ESPANHOL:

$$V_{Fd} = 0,7 \cdot k \cdot \tau_{fd} \cdot b \cdot d$$

$$V_{cd} = \left(\frac{0.18}{\gamma_c} k (100 \rho f_{ck})^{\frac{1}{3}} + 0.15 \sigma_{cp} \right) b_w d$$

$$V_u = 337 \text{ kN}$$

V_{test}/V_{calc}

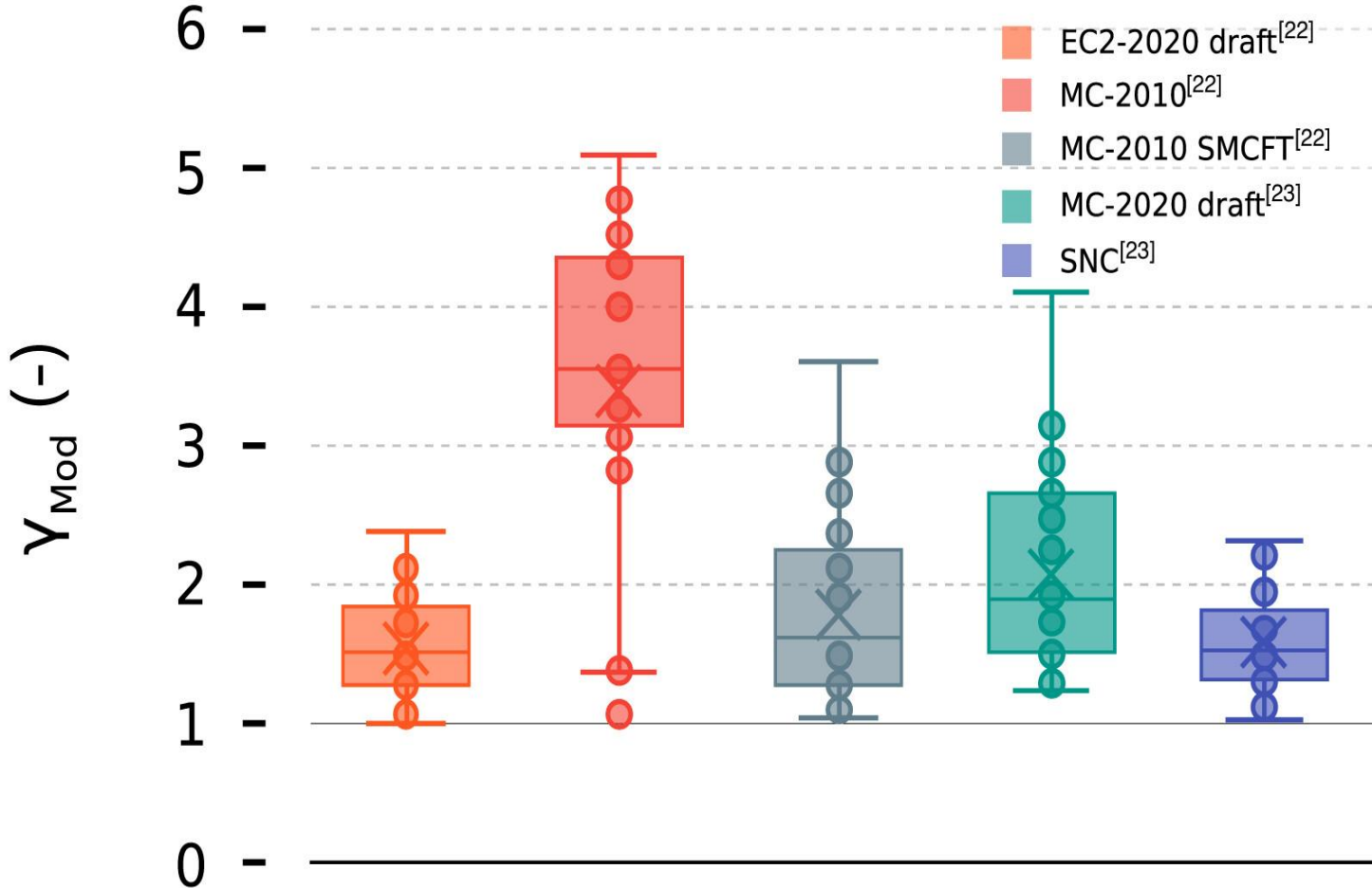
4,52

2,37

2,79

2,24

RESULTADOS



Statistical values for γ_{mod}	EC2	SNC	MC10	MC10 SMCFT	MC20 SMCFT
n	27	26	31	31	31
m	1.54	1.59	3.39	1.78	2.07
s	0.36	0.35	1.19	0.62	0.69
$v = s/m$	0.23	0.22	0.35	0.35	0.33
$\gamma_{mod} < 1$ (%)	0	0	0	0	0

AGRADECIMENTOS



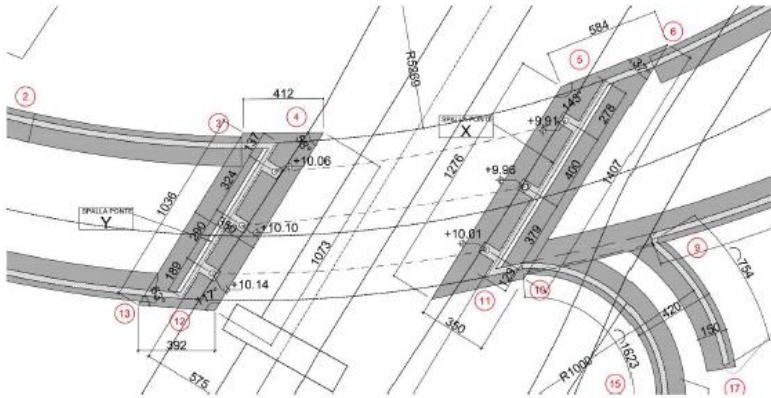
POLITÉCNICA

UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



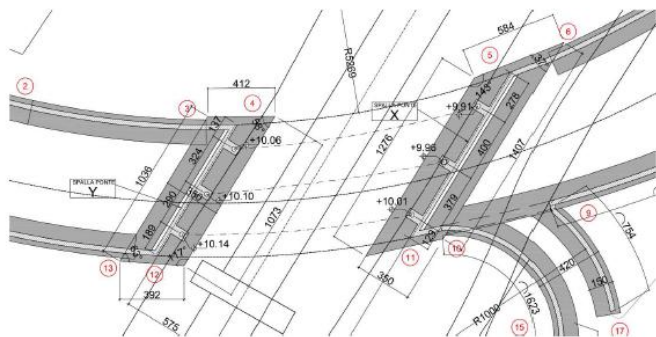
Colegio de Ingenieros
de Caminos,
Canales y Puertos





- Inclinada e curva (raio ≈ 57 m)
- Comprimento: $\approx 16,5$ m
- Largura: $\approx 8,5$ m
- Espessura total (altura da viga/tabuleiro): 0,6 m

Adaptado da palestra “Concreto Reforçado com fibras no Código Modelo fib 2020 e o que necessitamos para o futuro sustentável das estruturas de concreto” - Marco Di Prisco



Primeira ponte em P/R/SFRC construída na Itália

- **Altura livre de 1,1 m**, dimensionada para uma **cheia de recorrência de 200 anos**.

- Foram utilizados **dois tipos de concreto reforçado com fibras (FRC)**:

- um para o **tabuleiro**,
- outro para as **placas laterais**, visando **maior durabilidade** frente à **água da chuva e sais de degelo**.

- **Ensaio preliminares** comprovaram a **confiabilidade dos materiais escolhidos**.

- **Tempo total de construção**: aproximadamente **5 meses**.

- **Custo total**: cerca de **2.500 €/m²**, para um tabuleiro de **137 m²**.

- **Custo das fibras**: aproximadamente **60 €/m³**, correspondendo a cerca de **2,4% do custo global**.

Adaptado da palestra “Concreto Reforçado com fibras no Código Modelo fib 2020 e o que necessitamos para o futuro sustentável das estruturas de concreto” - Marco Di Prisco



- empresa DURA® Technology Sdn Bhd
- Vão de 100m
- Os componentes do projeto incluem 40 peças de UHPC,
- com peso variando entre 18 e 22 toneladas.

Fachadas



EDUARDO TORROJA – RAZON Y SER DE LOS TIPOS ESTRUCTURALES



“La mejor estructura no es la que resiste más, sino la que mejor se adapta a su función con el menor consumo de material.”

“Cada material tiene su propia manera de resistir, y la estructura debe adaptarse a ella.”

“El proceso constructivo influye decisivamente en la forma estructural.”

“No existen soluciones universales, sino problemas bien palteados .”

COMO SERÁ QUE TORROJA E TANTOS OUTROS ENGENHEIROS MAGNIFICOS QUE TEMOS NA HISTÓRIA DA ENGENHARIA PROJETARIAM ESTRUTURAS COM O USO DAS FIBRAS?

WEBINAR SERIES ABCIC



Agenda

Palestrantes

Investimento

FAQ

Inscriva-se

Agenda 2026

Três webinars online. Escolha o seu e garanta sua vaga.

11/03

ENCERRADO

Apresentação institucional da Abcic e do Selo de Excelência, com ênfase em Qualidade

Primeiro Webinar da série. Conheça a Abcic e o Selo de Excelência com foco em qualidade no pré-fabricado de concreto.

● Evento online

INSCRIÇÕES ENCERRADAS

06/05

Concreto Reforçado com Fibras e UHPC

Segundo Webinar. Temas técnicos sobre fibras e UHPC na construção industrializada de concreto.

● Evento online

Em breve

05/08

Sustentabilidade

Terceiro Webinar. Debate sobre sustentabilidade na construção industrializada de concreto.

● Evento online

Em breve

Grata pela atenção!

Contato:

lodoniak@gmail.com / tecnologia@abcic.org.br

www.linkedin.com/in/ligia-doniak