



CONCRETE SHOW

2010

SEMINÁRIOS



Associação
Brasileira de
Cimento Portland

PAREDES DE CONCRETO

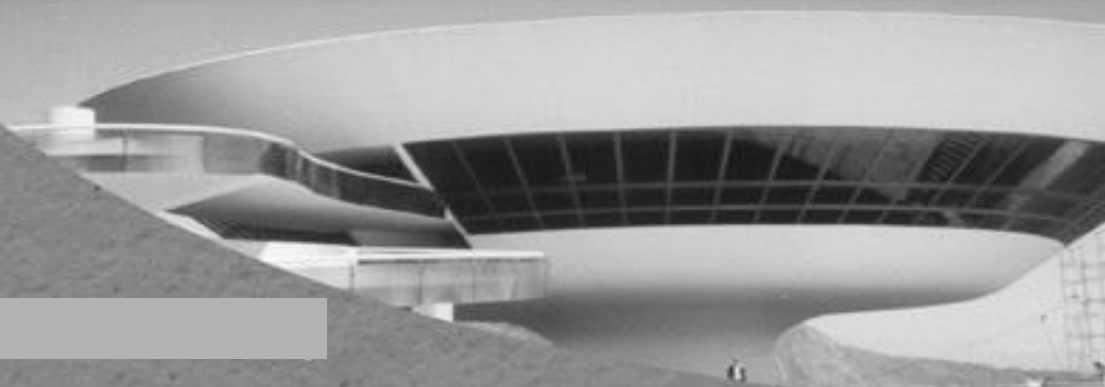
como estamos fazendo

Transamérica Expo Center

Auditório 5

Av. Dr. Mário Villas Boas Rodrigues, 387
Santo Amaro - São Paulo/SP

26 de agosto de 2010



Concreto sem Problemas Patológicos

Paulo Helene
PhD Engenharia

DOCUMENTOS

NORMA
BRASILEIRA

ABNT NBR
15823-1

Primeira edição
13.04.2010

Válida a partir de
13.05.2010

Concreto auto-adensável
Parte 1: Classificação, controle e aceitação no estado fresco

Self compacting concrete
Part 1: Classification, control and acceptance in the fresh state

ICS 91.100.30

ISBN 978-85-07-02033-2

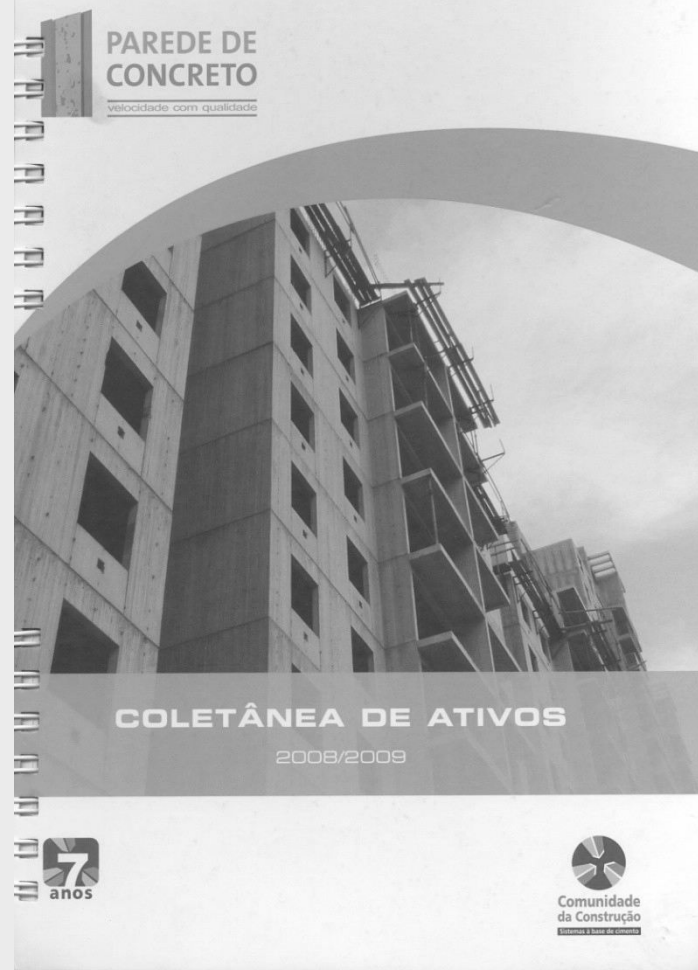


ASSOCIAÇÃO
BRASILEIRA
DE NORMAS
TÉCNICAS

Número de referência
ABNT NBR 15823-1:2010
11 páginas

PhD ENGENHARIA LTDA.

© ABNT 2010



Associação
Brasileira de
Cimento Portland

Preconceitos

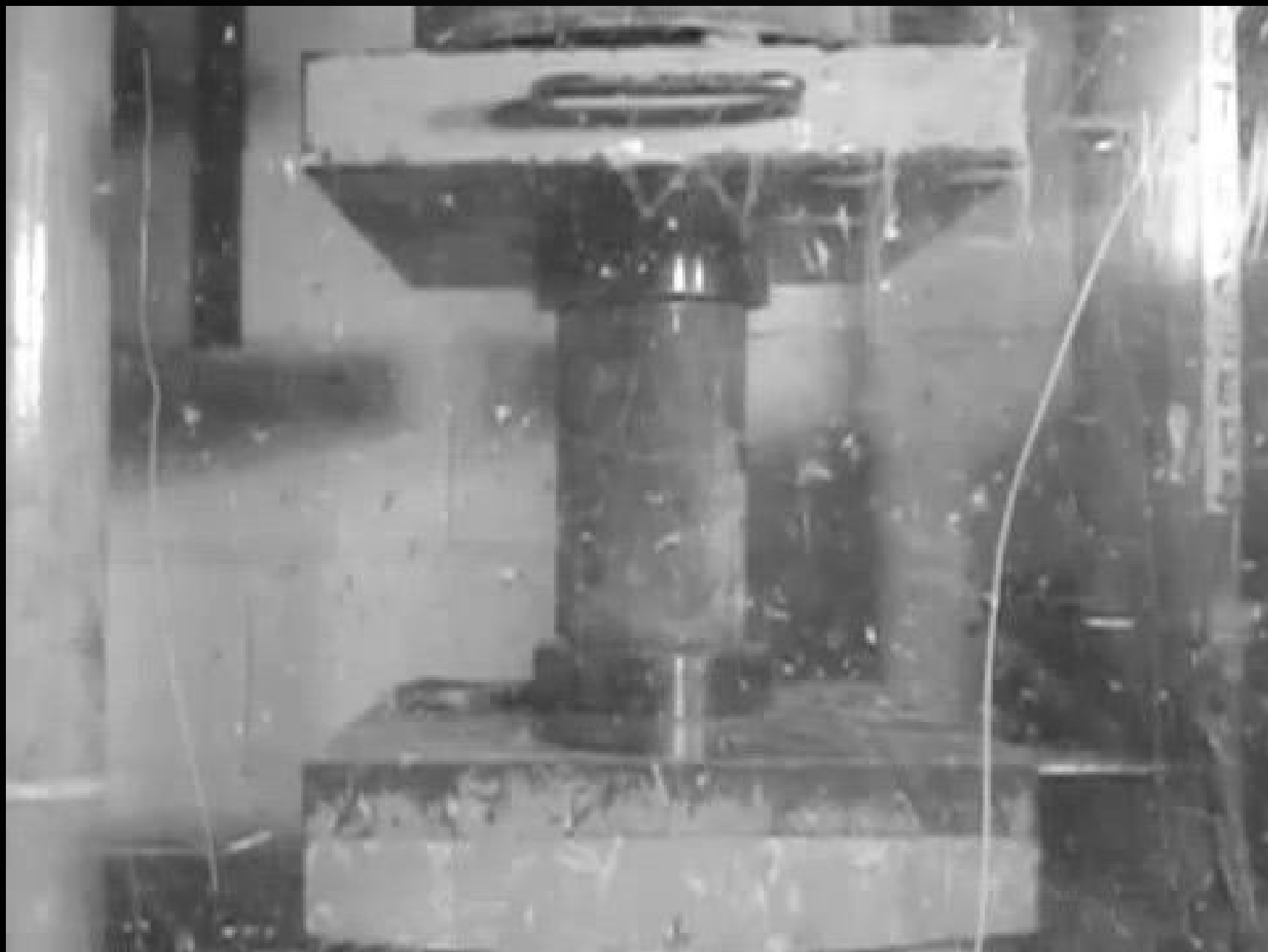
→ *Grande Dicionário Sacconi:*

“opinião adotada de forma apressada, sem o devido exame crítico, baseada em experiência pessoal ou imposta pelo meio, tomada sem maior ponderação ou conhecimento real dos fatos...”

→ Alguns equívocos que atrasam o desenvolvimento das estruturas de concreto

HSC > 50MPa

**Concreto de
Alta Resistência
EXPLODE !**



REALIDADE

HSC > 50MPa

**pode explodir o corpo de
prova no ensaio, mas
nunca o pilar, viga ou laje,
pois a ductilidade é um dos
critérios do Projeto
Estrutural**

HSC > 50MPa

**consome muito
cimento e não é
SUSTENTÁVEL**

REALIDADE

pode consumir mais
cimento por m^3 , mas a
quantidade de CO_2 , de
Energía e de H_2O diminui
com MPa mais alto

CO_2 / MPa

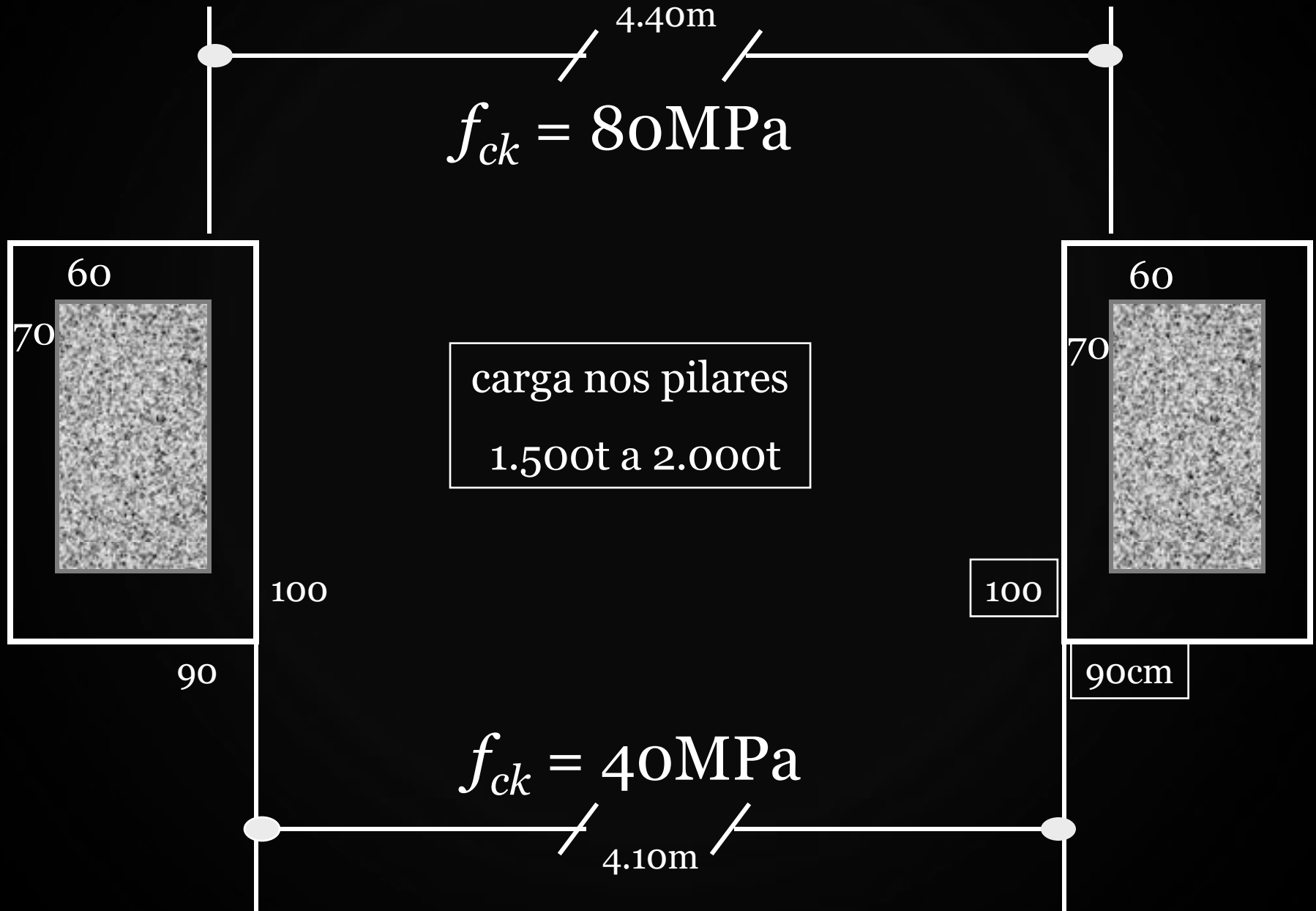
e-Tower



- Edifício e-Tower SP
- 42 andares
- Heliponto
- Piscina semi-olímpica
- Academia de ginástica
- 2 restaurantes
- Concreto colorido
- f_{ck} pilares = 80MPa



Projeto estrutural (*e-Tower*)







Economia de recursos naturais

Original:

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

seção transversal \rightarrow 90cm x 100cm

$$0,90\text{m}^2$$

HPC / HSC:

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

seção transversal \rightarrow 60cm x 70cm

$$0,42\text{m}^2$$

Economia de recursos naturais

- **70% menos areia**
- **70% menos brita**
- **53% menos concreto**
- **53% menos água**
- **20% menos cimento**

HSC > 50MPa

**EXPLODE frente
a incêndio**
(explosive spalling)

Corpo de Prova no forno



Eurotunnel 1996, 2006 e 2008





Edifício JOELMA
Estrutura de Concreto Armado

26 andares
10 garagens
+ 15 escritórios

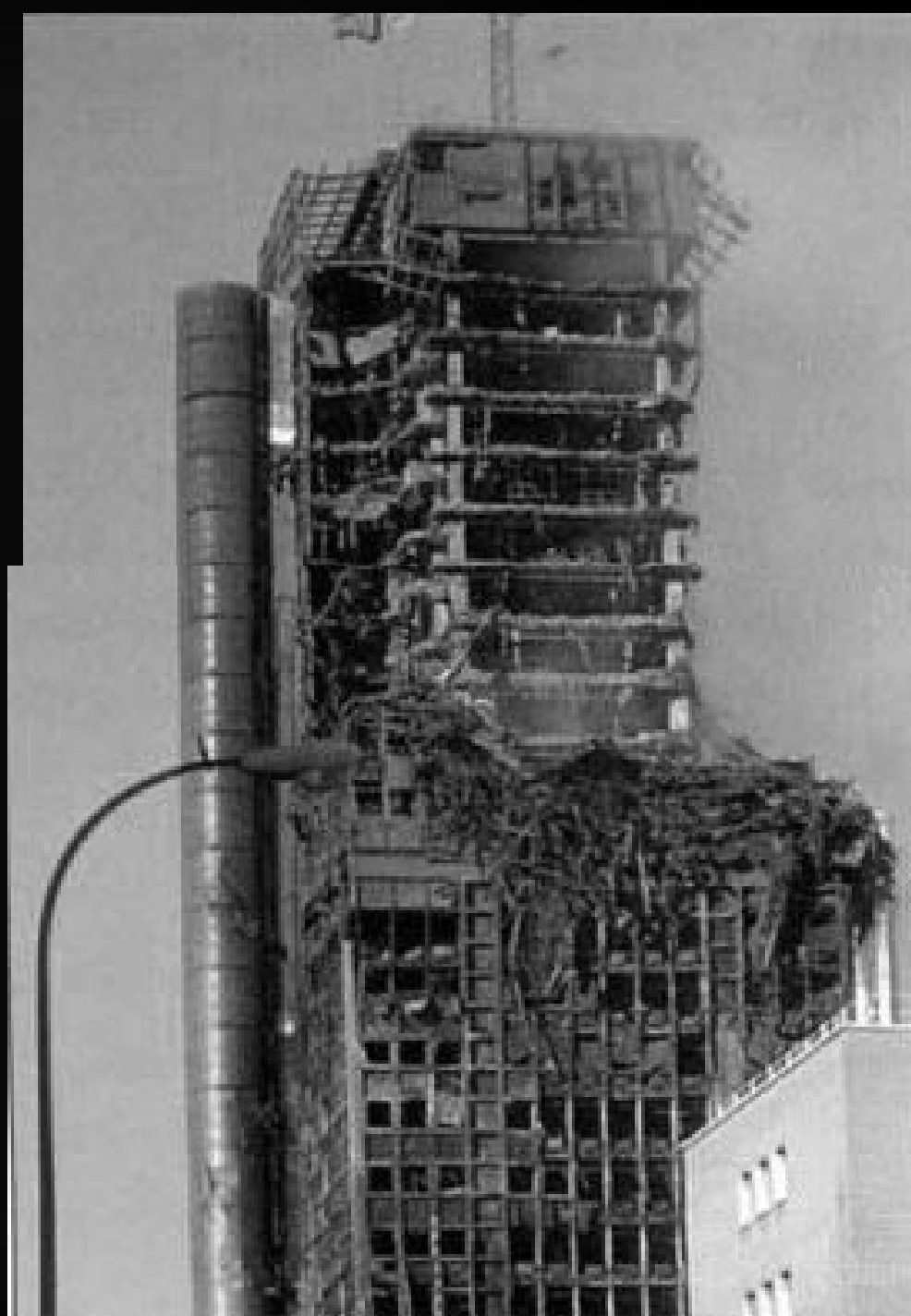
Construção: 1971

Incêndio: 1 Fevereiro 1974

duração: 6h30min
390min

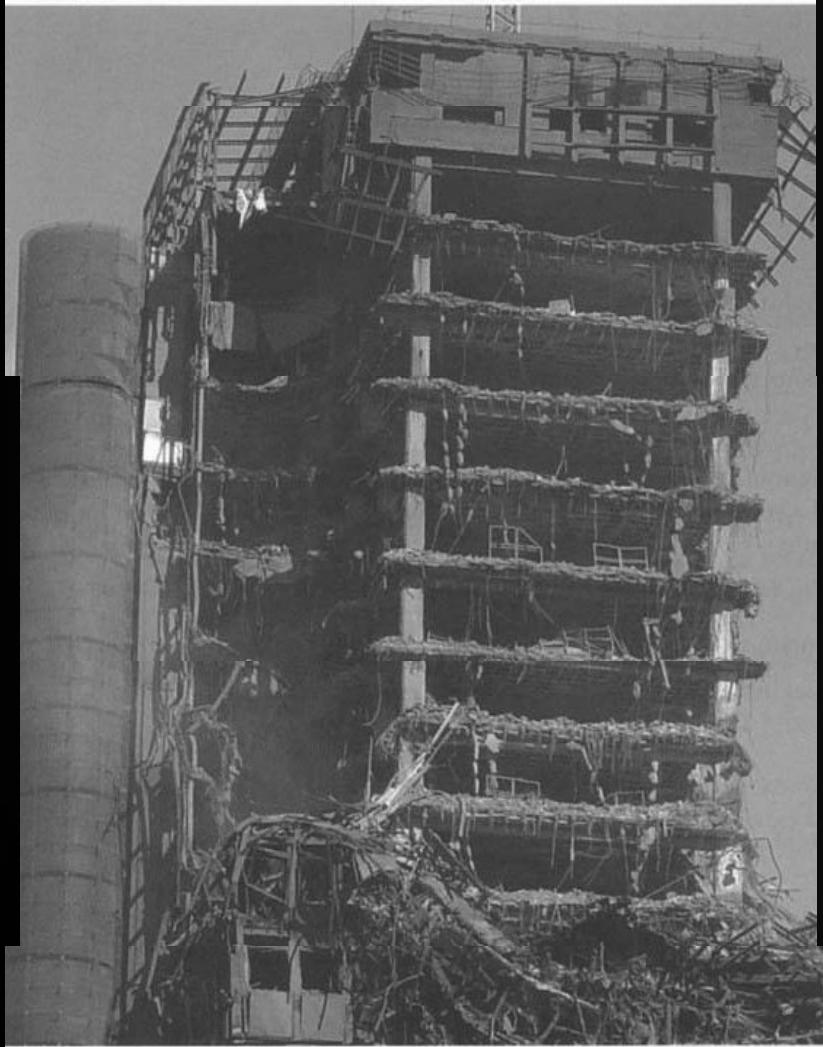
Perfeitas condições
Nada colapsou

Edificio WINDSOR
Madrid
España
2005



Edifício WINDSOR

Estrutura mista aço-concreto



37 andares
5 garagens
+ 31 escritórios

Construção: 1991

Incêndio: 12 Fevereiro 2005

Duração: 16h
960min

→ somente as partes de
aço colapsaram
→ totalmente demolido

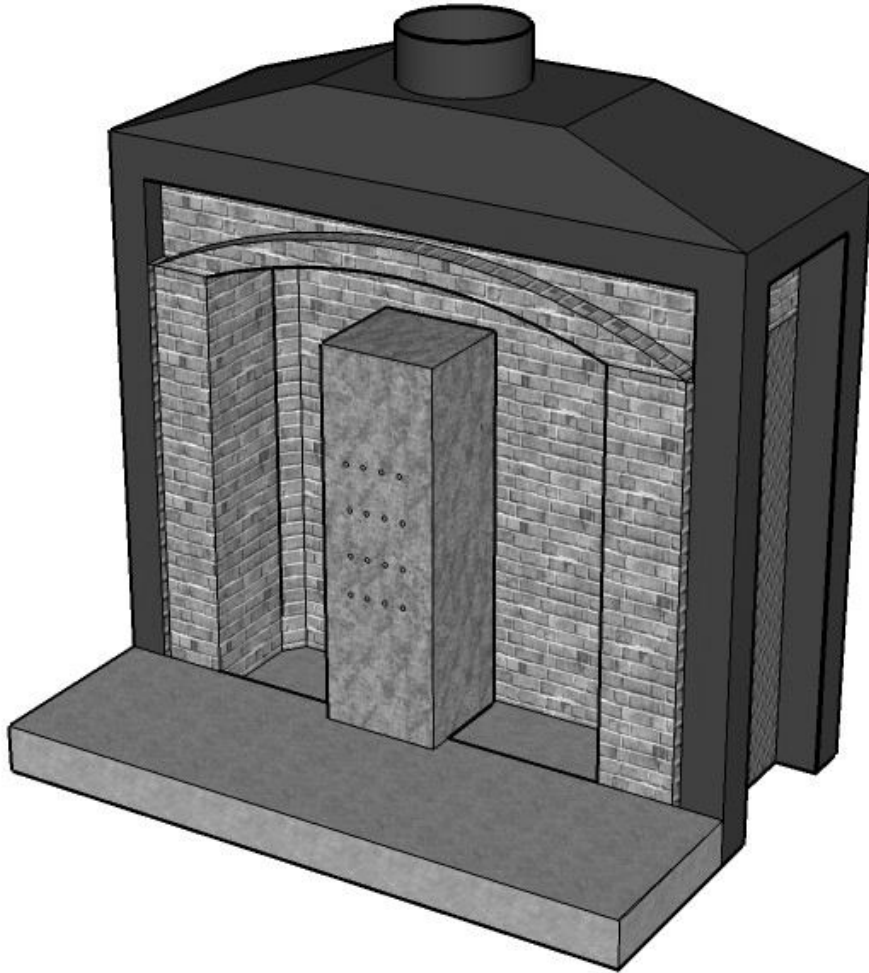
pilar similar aos da obra
mantido em ambiente externo

8anos

140MPa

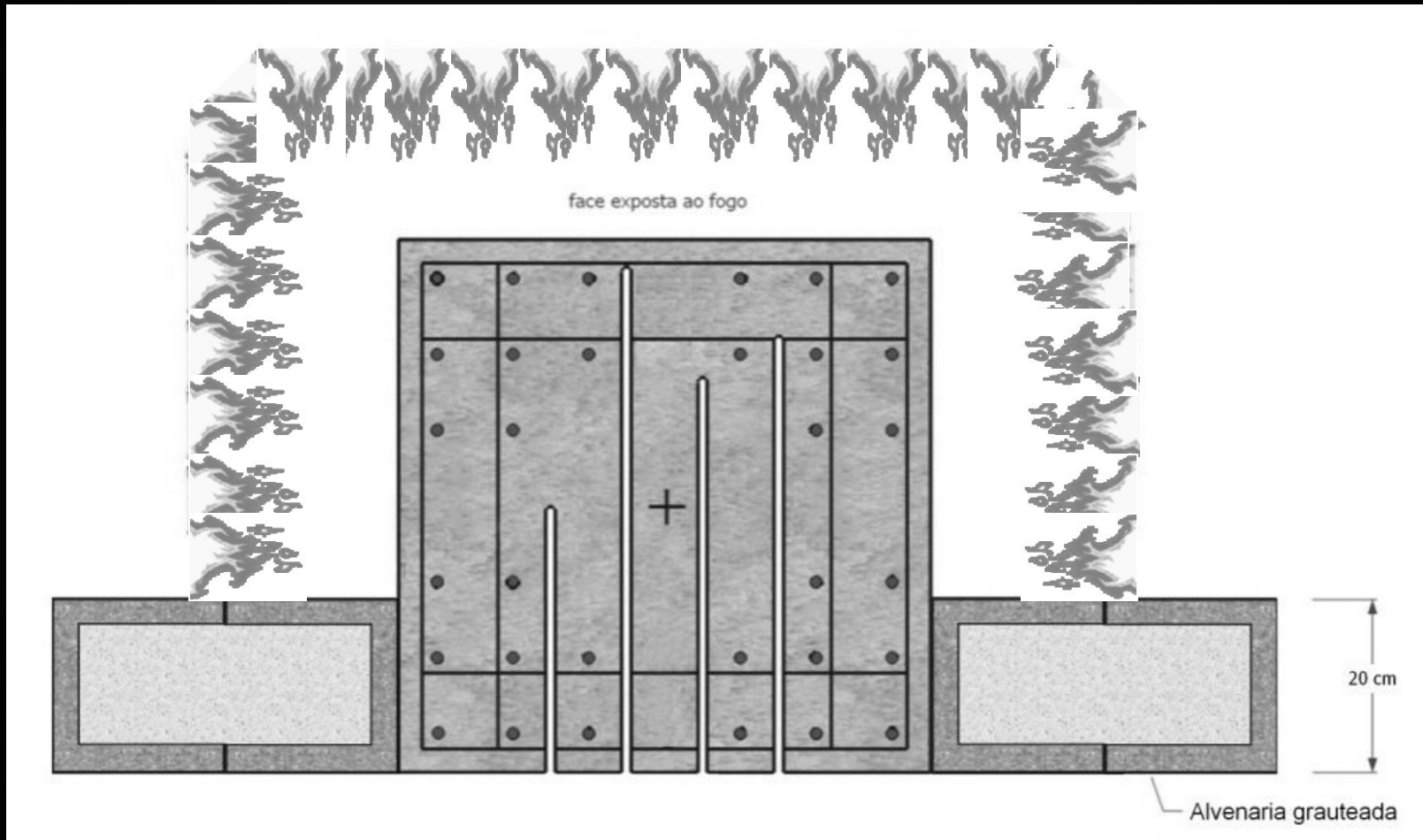


Laboratório (forno)



- ✓ **sem carga**
- ✓ **3 lados (faces)**
- ✓ **ISO 834**
- ✓ **180 min (3h)**

Condições de ensaio (3 lados)



ISO 834 standard fire

Integridade depois de 3h (180min)



REALIDADE

**HSC > 50MPa
pode explodir o corpo de
prova no ensaio, mas
nunca o pilar, viga ou laje
desde que armados com
um critério adequado de
Projeto Estrutural**

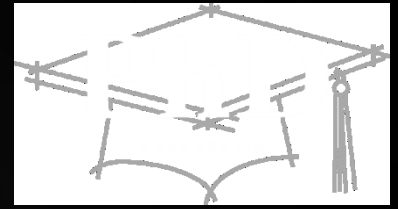
SCC ou CAA

quando utilizado em paredes e lajes, acarreta muitos problemas patológicos (retrai, fissura, vaza, estoura a forma, não tem acabamento superficial)

Concreto autoadensável:

- ✓ capacidade de preencher todos os espaços no interior da forma (*filling ability*)
- ✓ capacidade de passar através de pequenas aberturas como espaçamento entre barras de aço (*passing ability*)
- ✓ capacidade de permanecer uniforme e coeso durante o processo de transporte e lançamento (*segregation resistance*)

Propriedades NBR 15823-1:2010



1. Fluidez:

- a) SF1, 550-650mm
- b) SF2, 660-750mm**
- c) SF3, 760-850mm



2. Viscosidade:

- a) VS1 / VF1, **Slump T500 \leq 2s e V-funnel \leq 8s**
- b) VS2 / VF2, **Slump T500 $>$ 2s e V-funnel 9 – 25s**



Propriedades NBR 15823-1:2010

3. Habilidade passante:

a) PA 1, $L\text{-box} \geq 0,80$ com 2 bars

b) PA2, $L\text{-box} \geq 0,80$ com 3 bars



4. Resistência à segregação:

a) SR1, ≤ 20 (%)

b) SR2, ≤ 15 (%)



Classes de espalhamento (slump-flow)

Classe de espalhamento	Espalhamento mm	Aplicação	Exemplo
<i>SF1</i>	550 a 650	Estruturas não armadas ou com baixa taxa de armadura e embutidos, cuja concretagem é realizada a partir do ponto mais alto com deslocamento livre	Lajes
		Concreto auto-adensável bombeado	Revestimento de túneis
		Estruturas que exigem uma curta distância de espalhamento horizontal do concreto auto-adensável	Estacas e certas fundações profundas
<i>SF2</i>	660 a 750	Adequada para a maioria das aplicações correntes	Paredes, vigas, pilares e outras
<i>SF3</i>	760 a 850	Estruturas com alta densidade de armadura e/ou de forma arquitetônica complexa, com uso de concreto com agregado graúdo de pequenas dimensões (menor que 12,5mm)	Pilares-parede
			Paredes-diafragma
			Pilares

Fonte: ABNT NBR 15823-1:2010

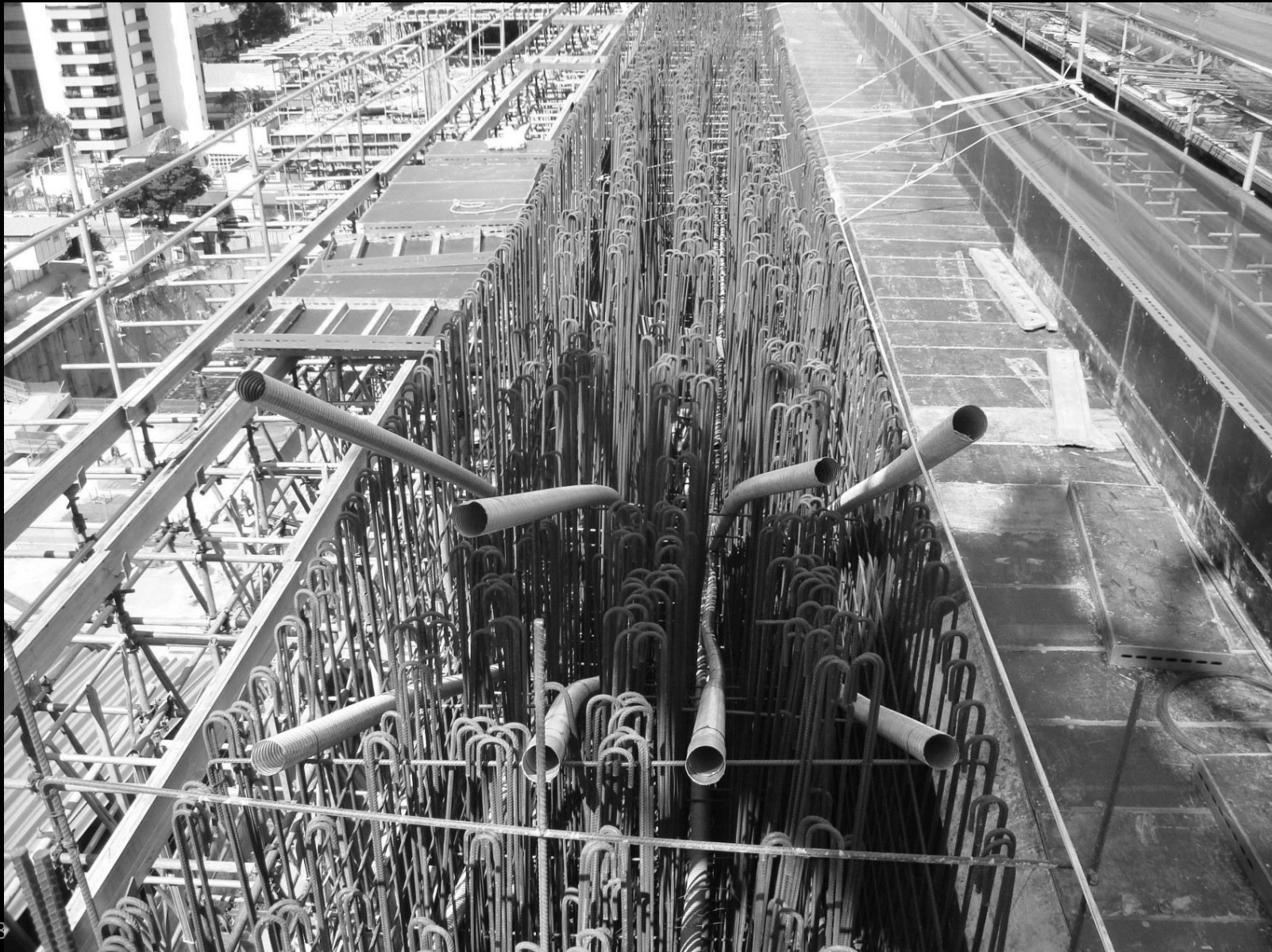
Classes de espalhamento (slump-flow)

Classe de espalhamento	Espalhamento mm	Aplicação	Exemplo
<i>SF1</i>	550 a 650	Estruturas não armadas ou com baixa taxa de armadura e embutidos, cuja concretagem é realizada a partir do ponto mais alto com deslocamento livre	Lajes
		Concreto auto-adensável bombeado	Revestimento de túneis
		Estruturas que exigem uma curta distância de espalhamento horizontal do concreto auto-adensável	Estacas e certas fundações profundas
<i>SF2</i>	660 a 750	Adequada para a maioria das aplicações correntes	Paredes, vigas, pilares e outras
<i>SF3</i>	760 a 850	Estruturas com alta densidade de armadura e/ou de forma arquitetônica complexa, com uso de concreto com agregado graúdo de pequenas dimensões (menor que 12,5mm)	Pilares-parede
			Paredes-diafragma
			Pilares

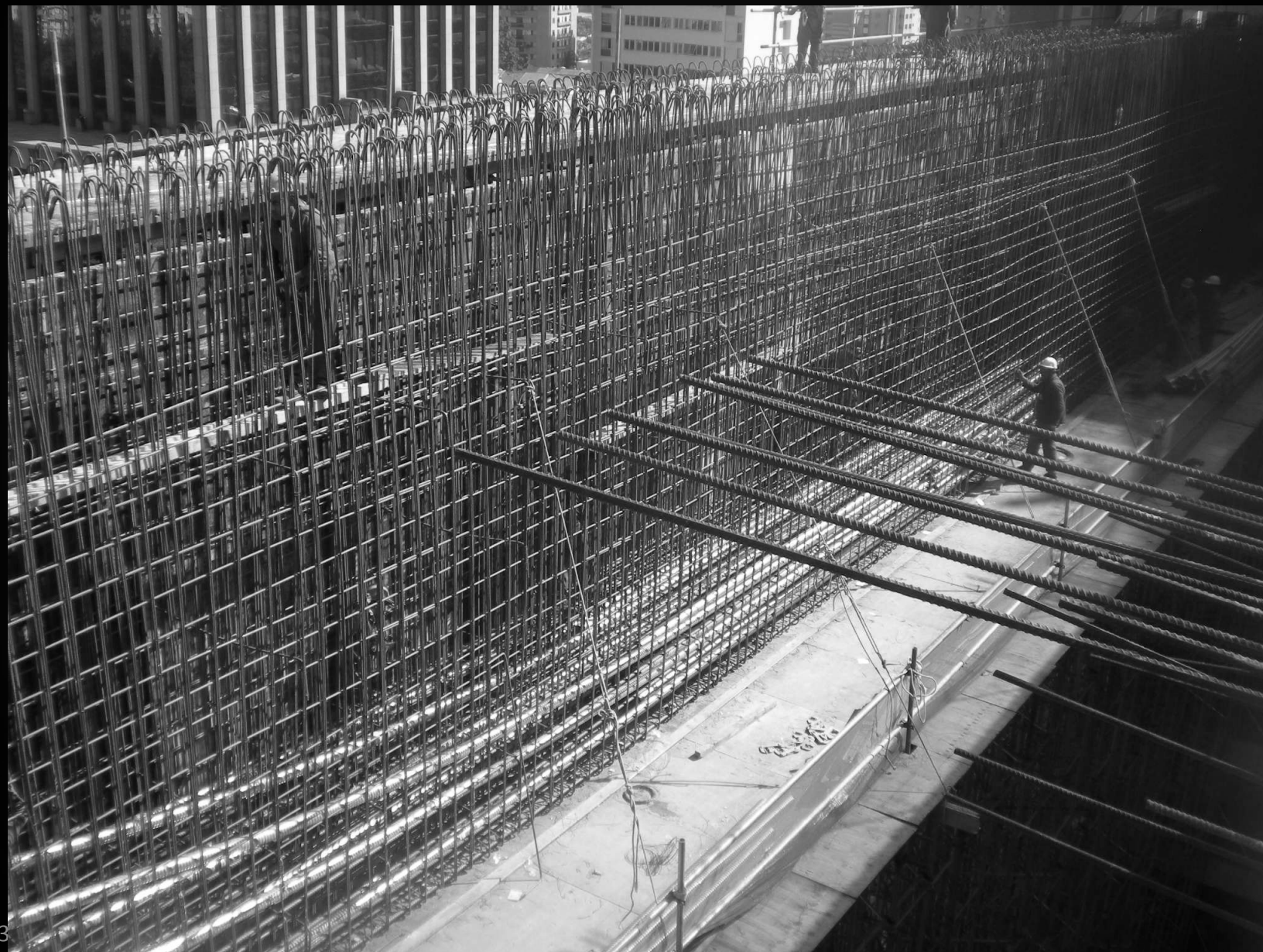
Fonte: ABNT NBR 15823-1:2010



concreto autoadensável



concreto autoadensável



concreto autoadensável

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



Paredes → Obra TRISUL - Sorocaba

Propriedades	Requerido
<i>slump flow</i>	660 a 750mm
manutenção do <i>slump</i>	< 30min
ar aprisionado	< 4%
massa específica	< 2.400kg/m ³
exsudação	< 2%
segregação dinâmica	aspecto visual
segregação estática	≤ 15% para SR2
$f_{c,14h}$	> 3,6MPa
f_{ck}	> 35MPa
$f_{cm,28}$	> 41,6
retração de secagem	< 40.10 ⁻⁵
módulo de elasticidade $E_{c,28}$	25GPa
resistência à tração	> 3MPa
AAR nao reativo (NBR 15577)	petrografia & barra

Estudo de Dosagem

Cimento

Areia natural

Areia artificial

Brita

Adições

Aditivos

Lab e Campo

Metodologia de dosagem:

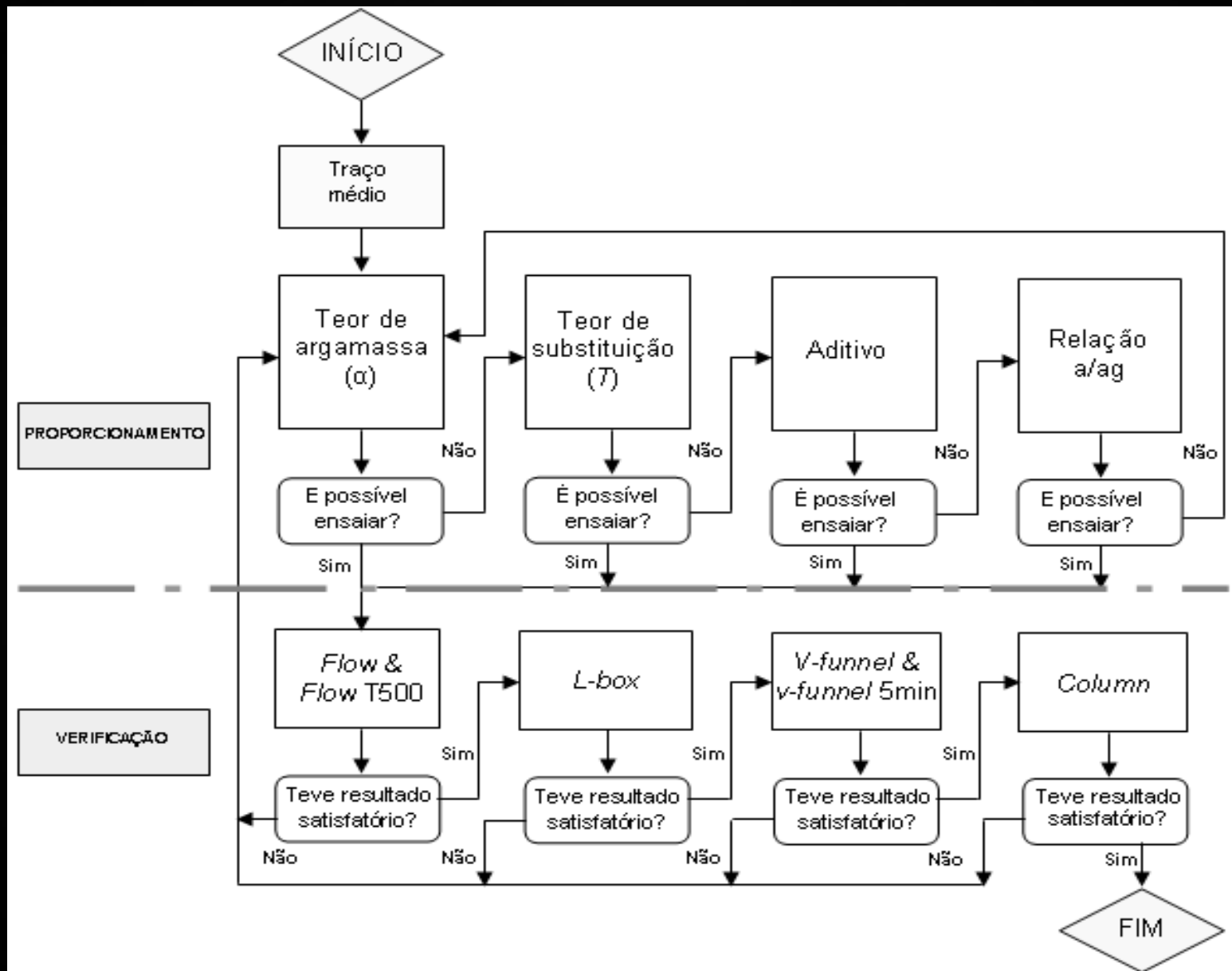
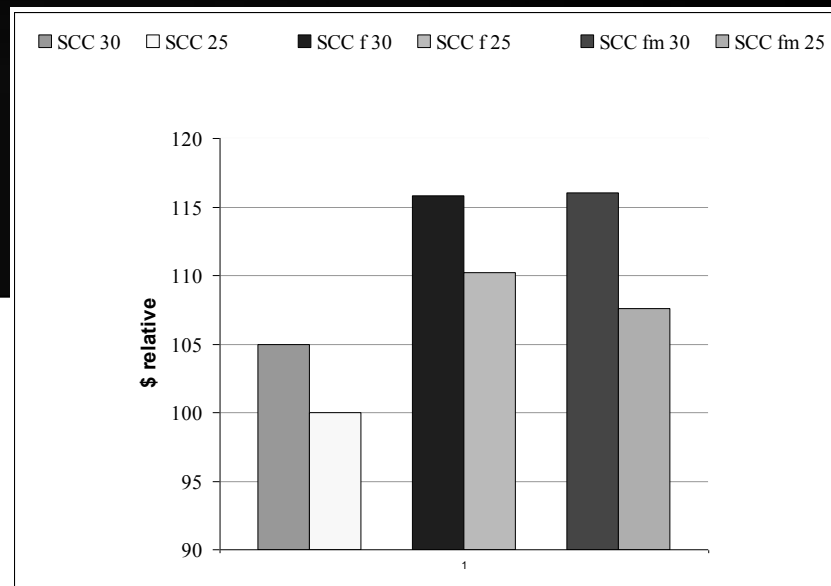
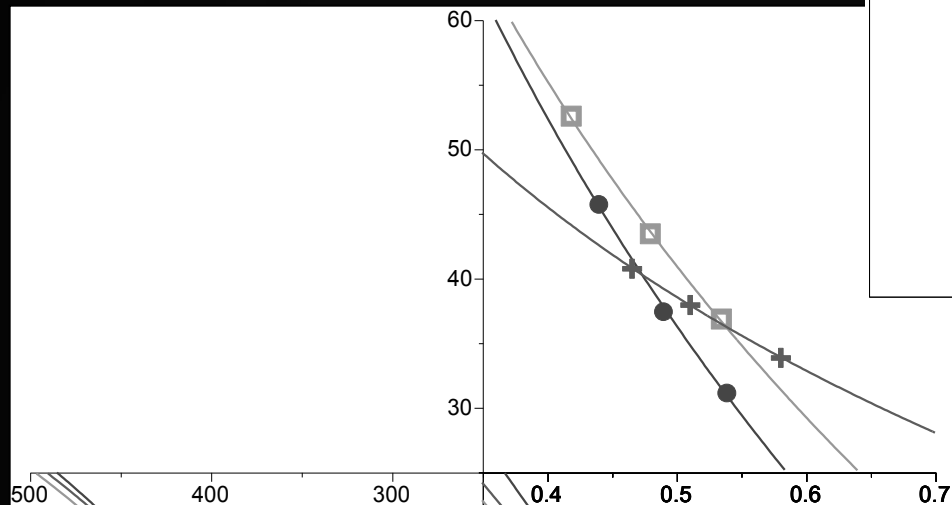


Diagrama de dosagem:

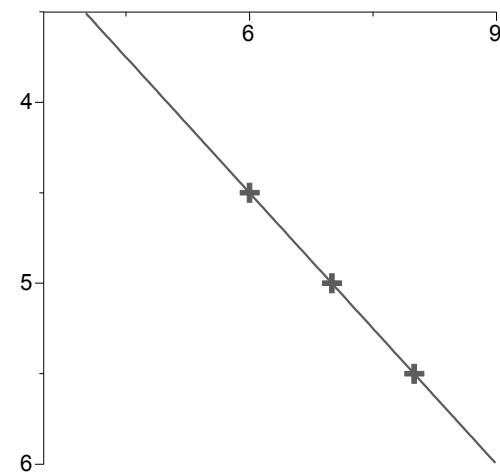


f_{c28} (MPa)



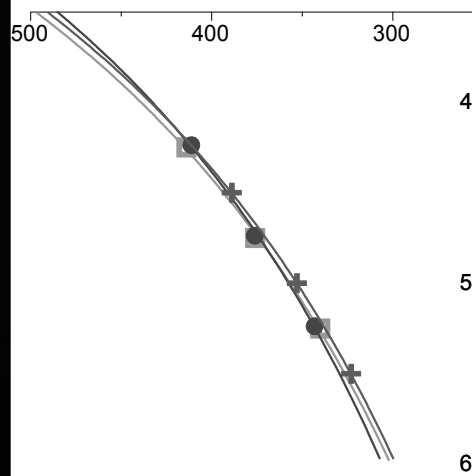
w/b (kg/kg)

T (kg/kg)



m (kg/kg)

C (kg) (cem+met)



m (kg/kg)









Estudo de Dosagem no Laboratório do Fornecedor de Concreto:







Estudos Prévios de Campo no Canteiro de Obras











Slump flow test





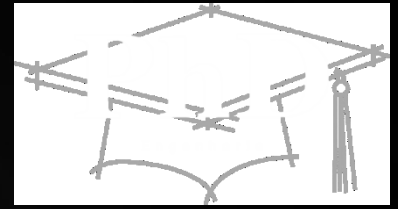


Traço de materiais secos por m³ de concreto:

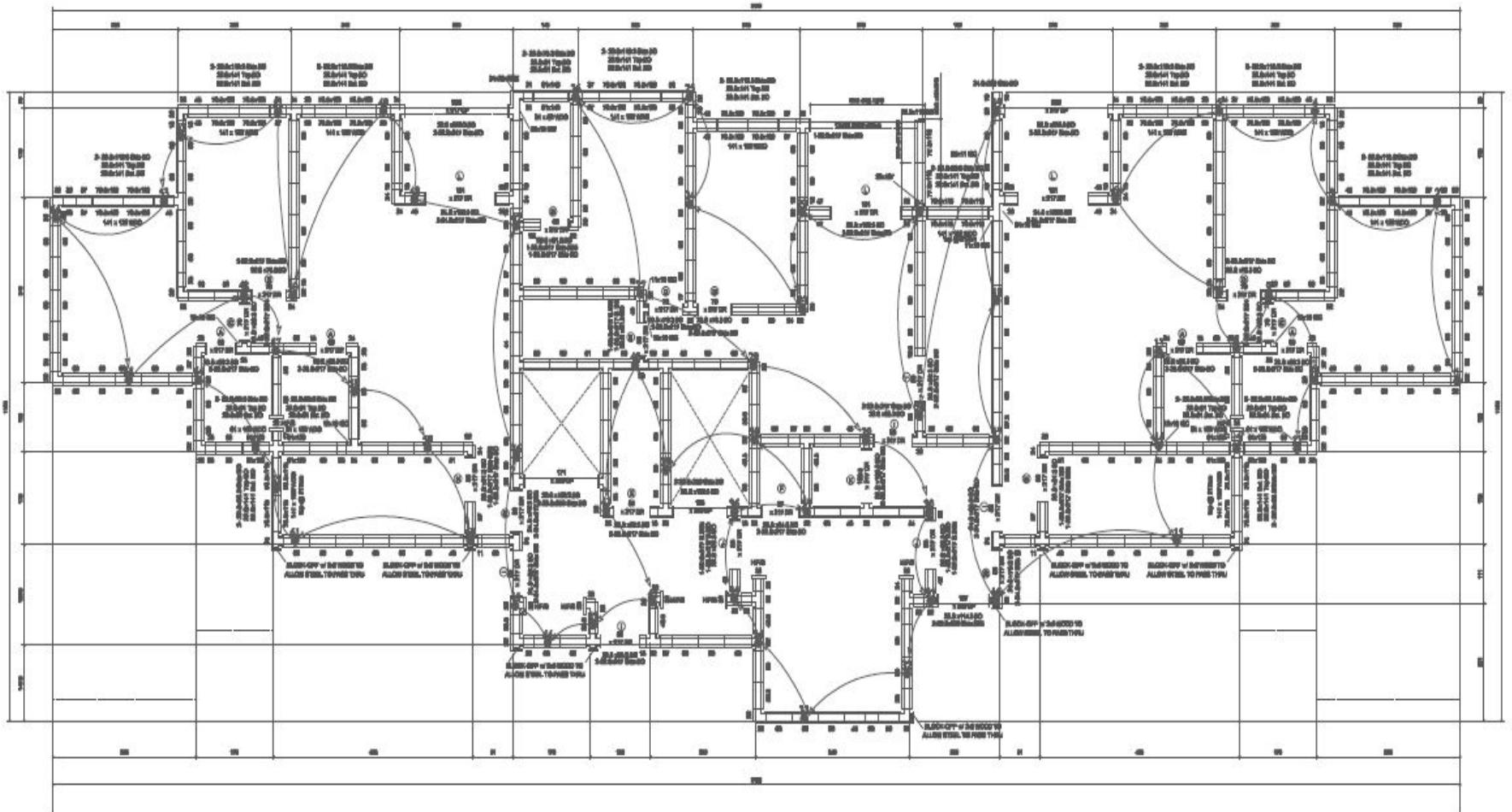
<i>Cimento</i>	<i>= 335kg</i>
<i>Metacaulim HP</i>	<i>= 30kg</i>
<i>Brita zero</i>	<i>= 855kg</i>
<i>Areia natural</i>	<i>= 587kg</i>
<i>Areia industrializada</i>	<i>= 330kg</i>
<i>Aditivo redutor de água</i>	<i>= 1,83kg</i>
<i>Superplastificante</i>	<i>= 3kg</i>
<i>Fibra de Polipropileno</i>	<i>= 0,6kg</i>
<i>Água Total</i>	<i>= 175kg</i>

OBRA

Trisul



Forma do Pavimento Tipo:











EXECUÇÃO



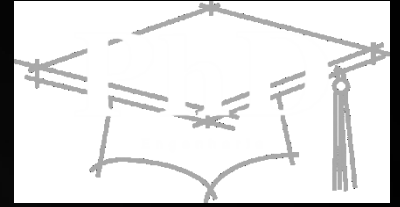








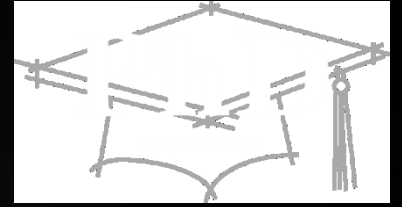




Descimbramento:

Formas painéis retiradas com 14h e com concreto de $f_{c,14h} > 3,6\text{MPa}$

Escoramento das lajes a 50% mantido por 11 dias



Detalhes Construtivos da Concretagem







Vazamento de concreto

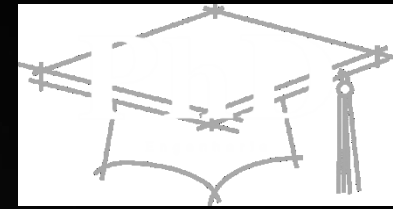




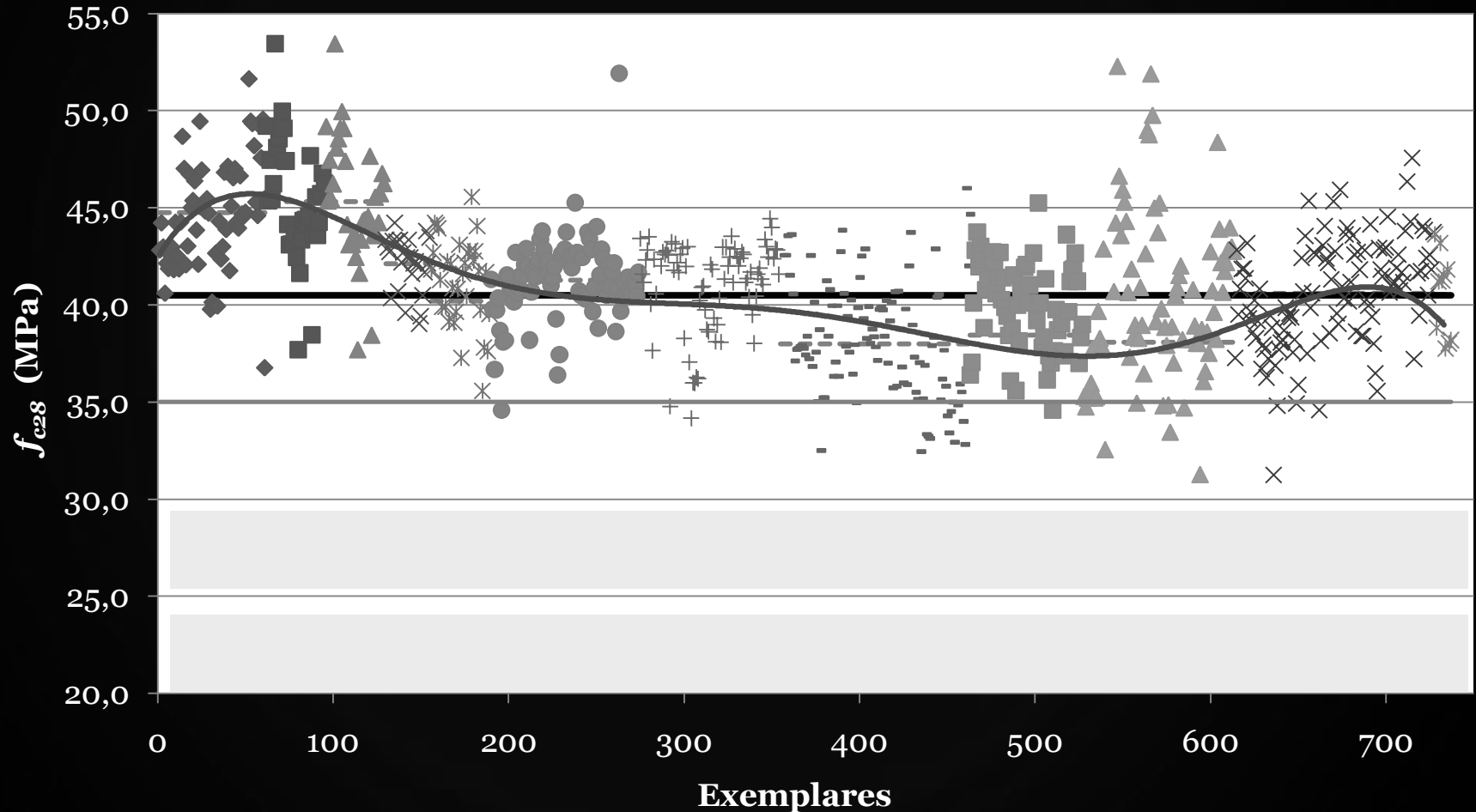
**Junta “fria” de
concretagem**

Análise Estatística dos resultados obtidos:

- Dispersão
- Média Móvel
- Desvio Padrão



Carta de controle de qualidade da produção do concreto com base em resultados individuais (f_{c28})



◆ ago/09
+ fev/10

■ set/09
- mar/10

▲ out/09
■ abr/10

× nov/09
▲ mai/10

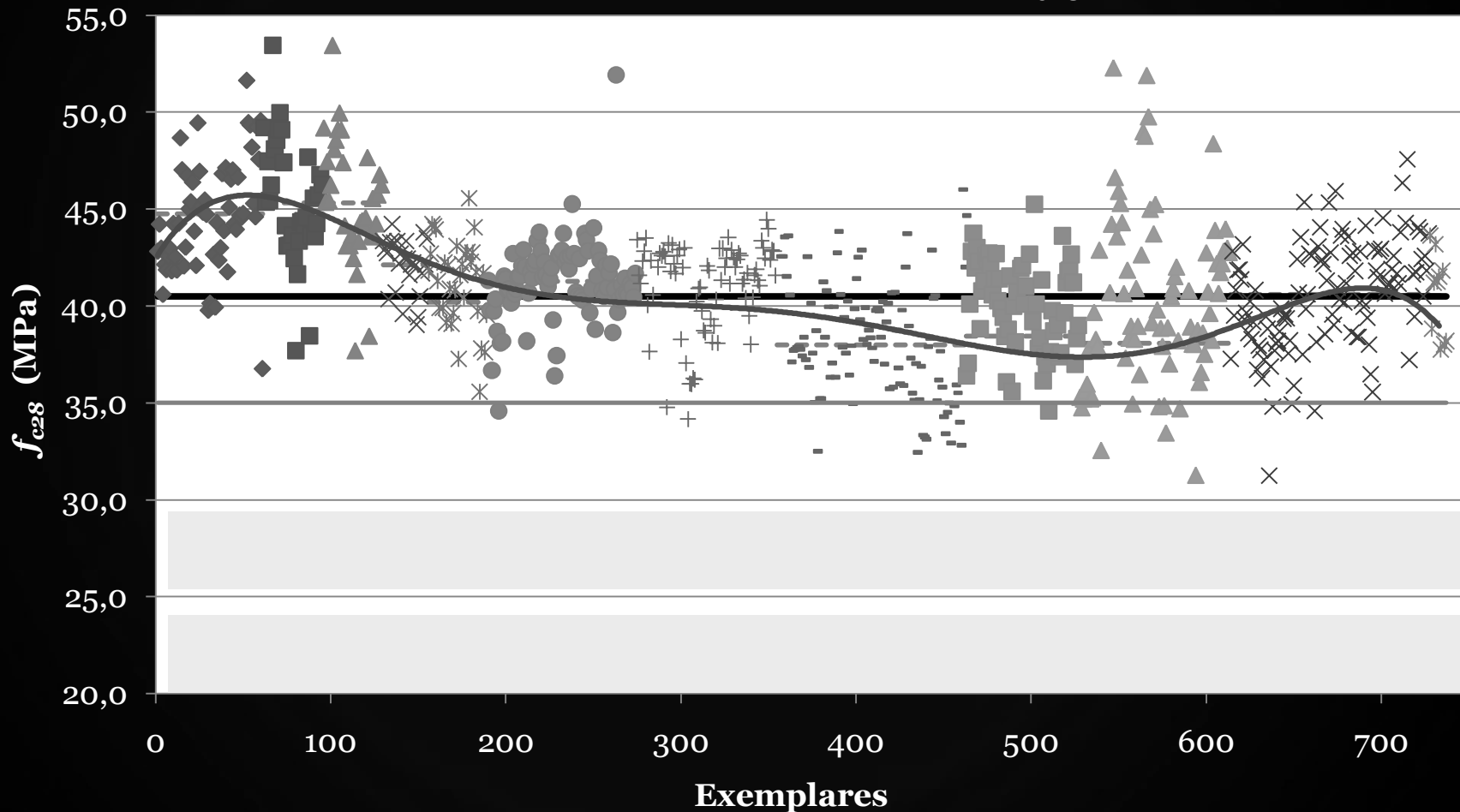
* dez/09
× jun/10

● jan/10
* jul/10

desvio padrão (produção e ensaio) $s_c = 2,3\text{MPa}$

$$f_{ck,est} = f_{cm} - 1.65 * s_c = 37\text{MPa}$$

Carta de controle de qualidade da produção do concreto com base em resultados individuais (f_{c28})



◆ ago/09
+ fev/10

■ set/09
- mar/10

▲ out/09
■ abr/10

× nov/09
▲ mai/10

* dez/09
× jun/10

● jan/10
* jul/10

Obra TRISUL - Sorocaba

Propriedades	Requerido	Obtido
<i>slump flow</i>	660 a 750mm	700mm
manutenção do <i>slump</i>	< 30min	< 40min
ar aprisionado	< 4%	< 3,7%
massa específica	< 2.400kg/m ³	< 2.300kg/m ³
exsudação	< 2%	< 1,5%
segregação dinâmica	aspecto visual	ok
segregação estática	≤ 15% para SR2	< 11%
$f_{c,14h}$	> 3,6MPa	7,7MPa(média)
f_{ck}	> 35MPa	37MPa
$f_{cm,28}$	> 41,6	40,5MPa
retração de secagem	< 40x10 ⁻⁵	< 40x10 ⁻⁵
módulo de elasticidade	25GPa	> 27GPa
resistência à tração	> 3MPa	3,1MPa
AAR nao reativo	petrografia & barra	ok

SHAPE

R\$ 7,90

SHAPE
YOUR
LIFE

DETONE
500
CALORIAS
LONGE DA
ACADEMIA!

EXCLUSIVO!

o batom que emagrece existe!

ACABE COM A FLACIDEZ
com o novíssimo treino Foam Roller

SUPERSEXY
O make certo para a cor dos seus olhos

ENXUGUE 4KG EM 1 MÊS
COMENDO DE TUDO!

nem parece dieta!

SHERON MENEZES

de corpão novo!

"Afinei 2 manequins e ganhei mais fôlego com a dança"

SUPERTESTE

E aí? Como anda a sua autoestima?

E MAIS

- Combine os alimentos certos e ganhe mais saúde
- 14 segredos para acabar com a prisão de ventre

Ano 2 - Nº 12 - Agosto 2010

ISSN 2175-5205



9 772175 520003 12



ato astral

SHAPE

R\$ 7,90

SHAPE
YOUR
FACE

DETONE
500
CALORIAS
LONGE DA
ACADEMIA!

EXCLUSIVO!

**o batom que
emagrece
existe!**

**SHERON
MENEZES**
**de corpão
novo!**

"Afinei 2 manequins
e ganhei mais fôlego
com a dança"

**ACABE COM
A FLACIDEZ**
com o novíssimo
treino Foam Roller

SUPERSEXY
O make certo para
a cor dos seus olhos

SUPERTESTE

**E aí? Como
anda a sua
autoestima?**

ENXUGUE nem parece
dieta!
4KG EM
1 MÊS
COMENDO DE TUDO!

E MAIS

- Combine os alimentos certos e ganhe mais saúde
- 14 segredos para acabar com a prisão de ventre

Ano 2 - Nº 12 - Agosto 2010

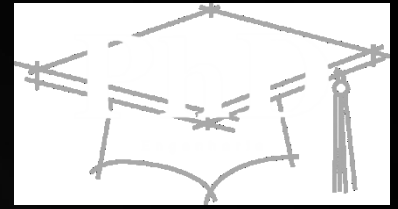
ISSN 2175-5205



9 772175 520003 12



ato astral



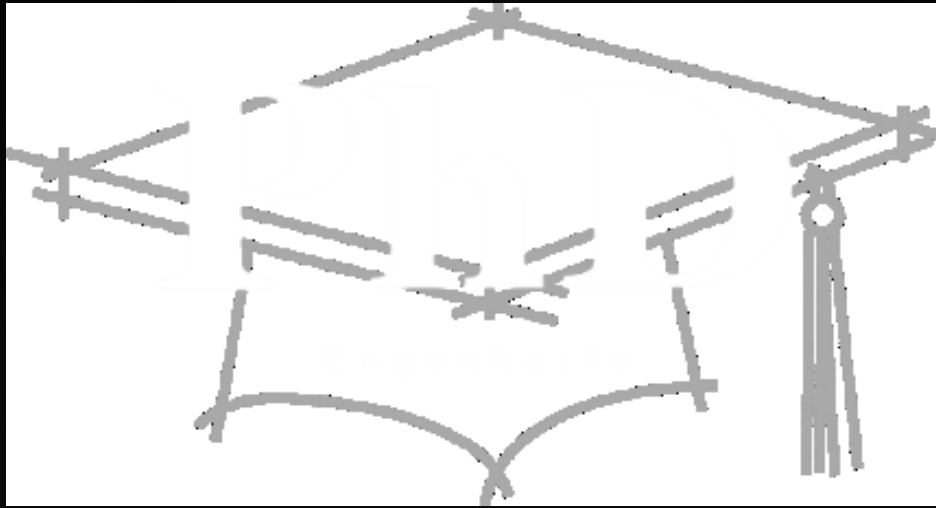
librio Nutricional, em São Paulo. E
uma característica muito individual,
ou seja, cada pessoa irá apresentar um
grau diferente de absorção.

Mas o próprio médico David Toomey reconhece que o batom sozinho não faz milagre. “Uma dieta saudável e exercício durante o uso do Burner Balm podem ajudar a conquistar resultados incríveis.”

submetida não e
cia ou sua segu
haver liberação p
linato e o chá ve
mostrando como
cias agem juntas
dia”, diz o endo
Mancini, da U
Paulo. Para em
desde que a saúd

Concreto Autoadensável para Paredes

- É possível não ter problemas**
- Necessita estudos prévios**
- Necessita gerenciar a qualidade**
- É um trabalho de equipe**
- Precisa conhecer e bem usar
normas e documentos existentes**

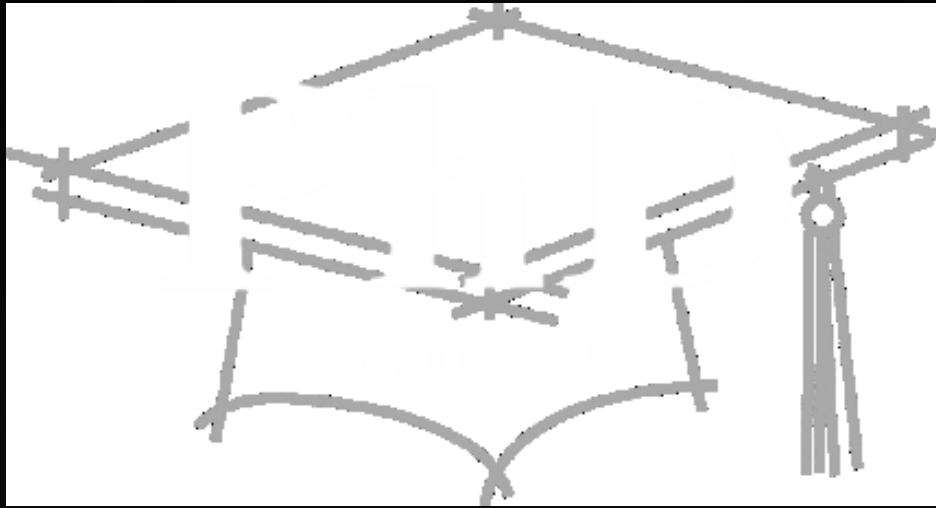


PhD Engenharia Ltda.

fone: 11-2501-4822

celular: 11-7881-4014

paulo.helene@poli.usp.br



OBRIGADO!

Ph.D. Engenharia Ltda

fev 1-2, 08 2

celular: 11-7881-4014

paulo.helene@poli.usp.br