



**CONCRETE SHOW**

2010

SEMINÁRIOS



Associação  
Brasileira de  
Cimento Portland

## PAREDES DE CONCRETO

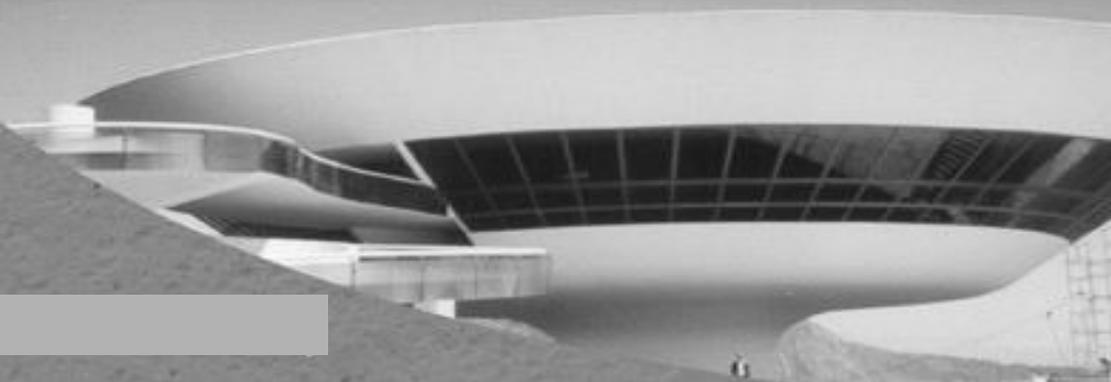
*como estamos fazendo*

**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

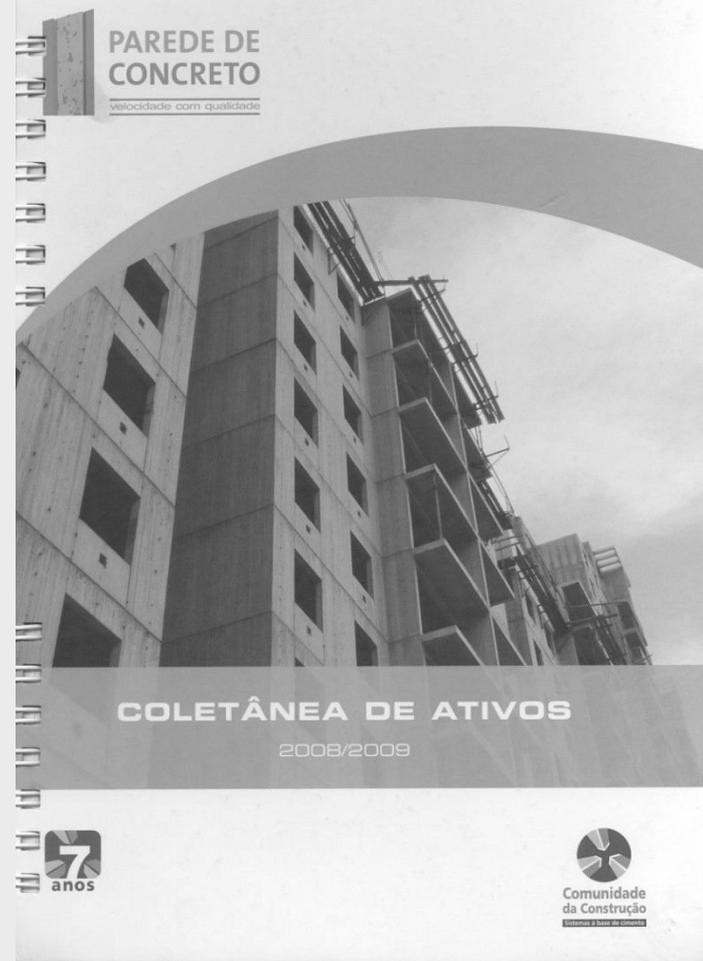
ISBN 978-85-07-02033-2



PhD ENGENHARIA LTDA.

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

© ABNT 2010



# Preconceitos

→ *Grande Dicionário Sacconi:*

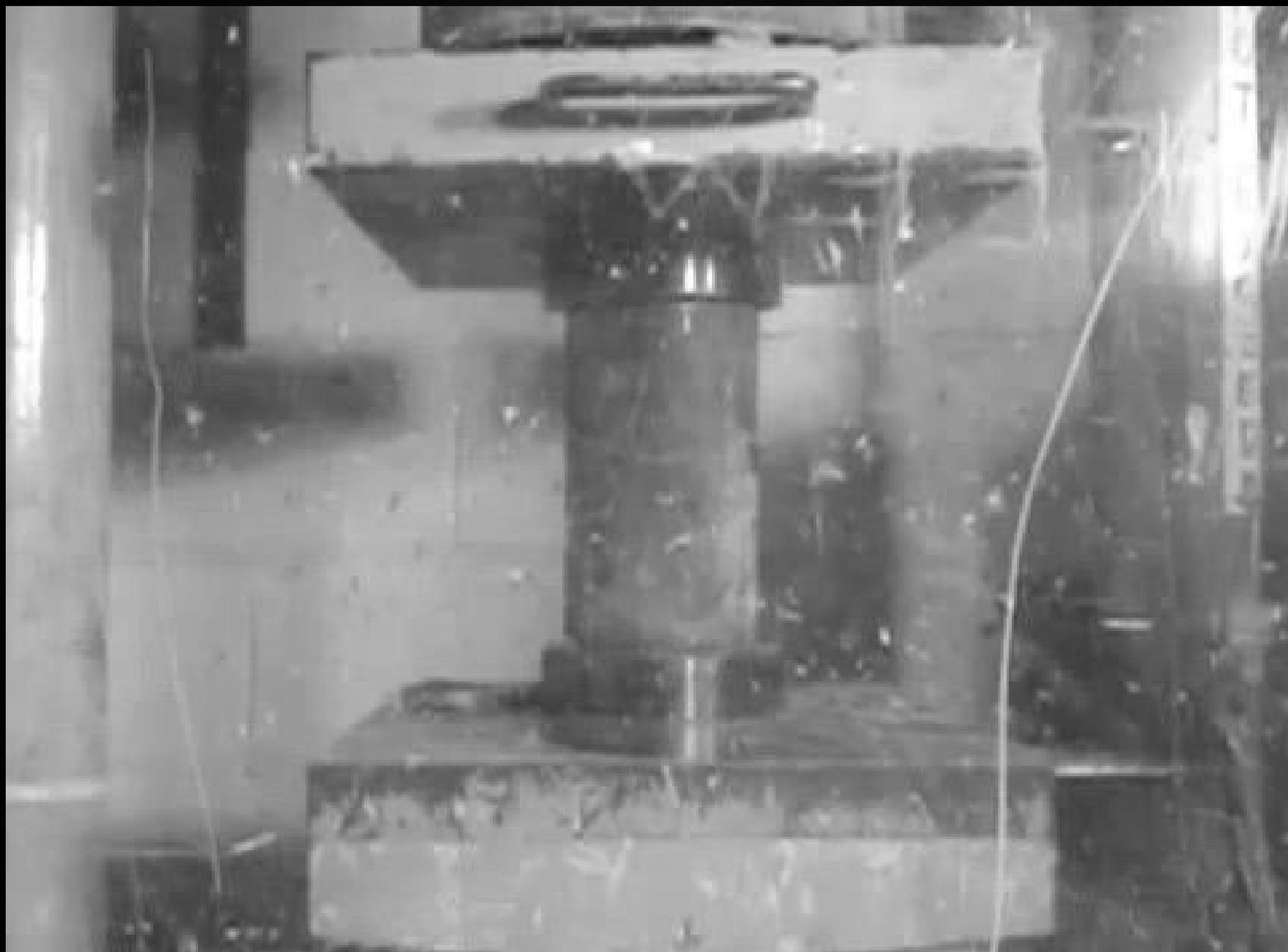
*“opinião adotada de forma apressada, sem o devido exame crítico, baseada em experiência pessoal ou imposta pelo meio, tomada sem maior ponderação ou conhecimento real dos fatos...”*

**→ 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 Energia e de  $H_2O$  diminui com MPa mais alto

$CO_2 / MPa$

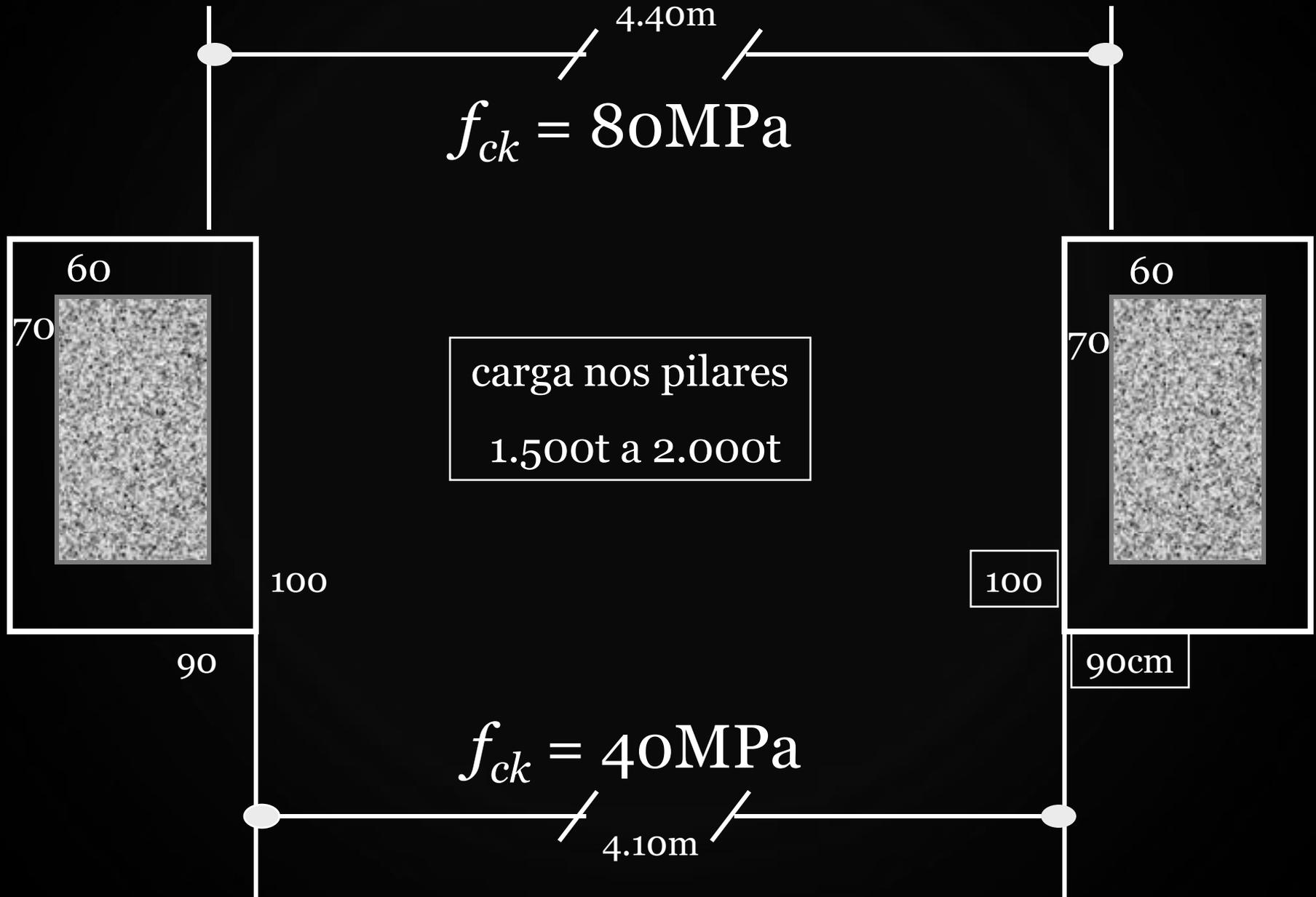
*e-Tower*



- 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**

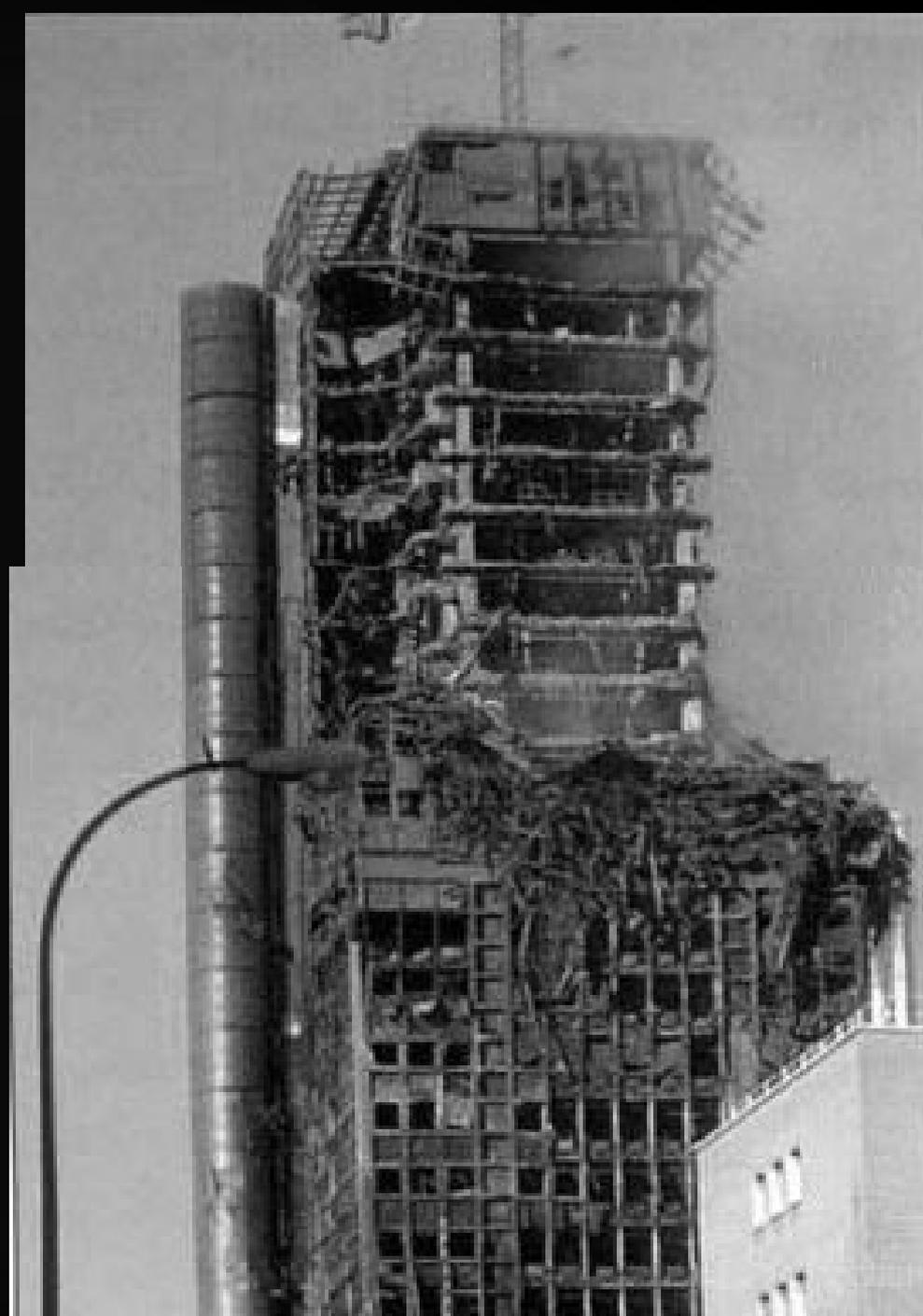
**Construção: 1971**

**Incêndio: 1 Fevereiro 1974**

*duração: 6h30min*  
*390min*

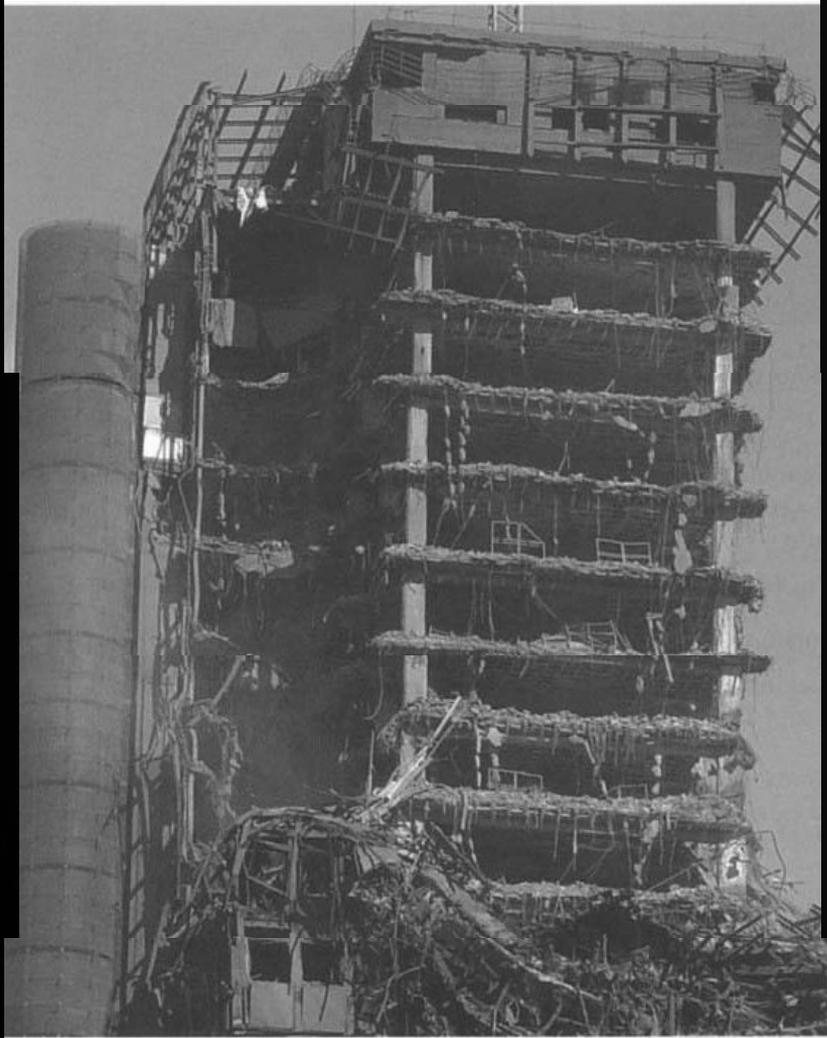
*Perfeitas condições*  
*Nada colapsou*

**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***

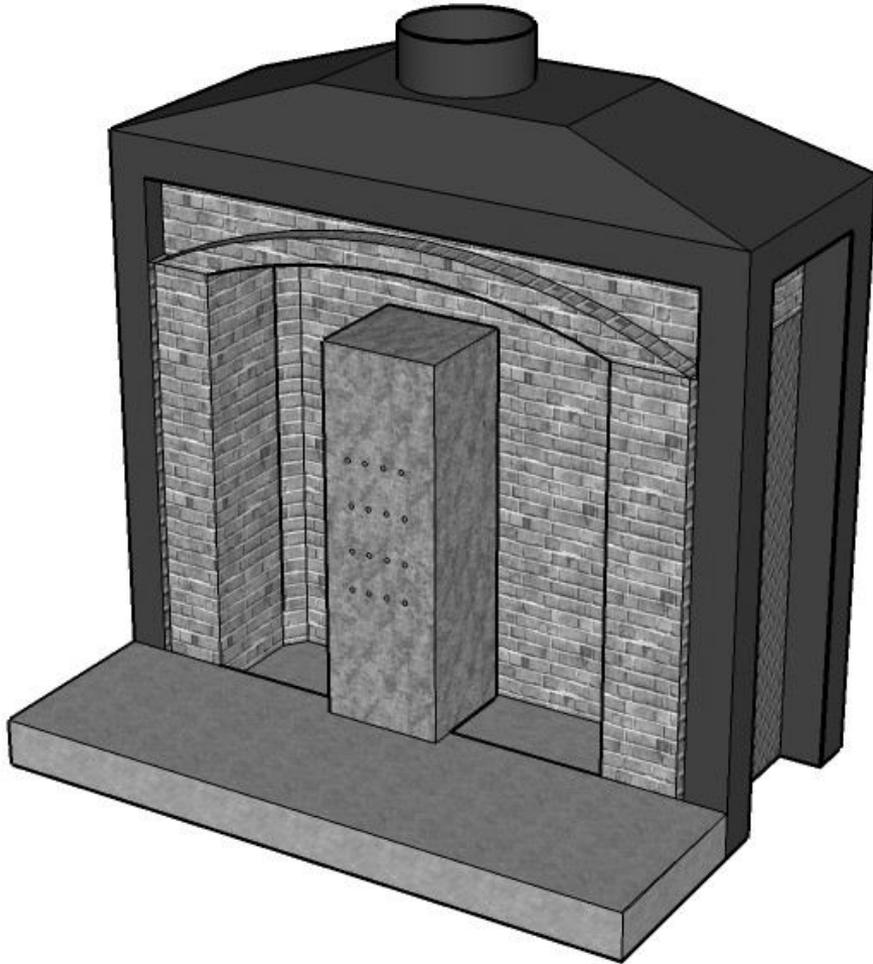
pilar similar aos da obra  
mantido em ambiente externo

**8anos**

**140MPa**

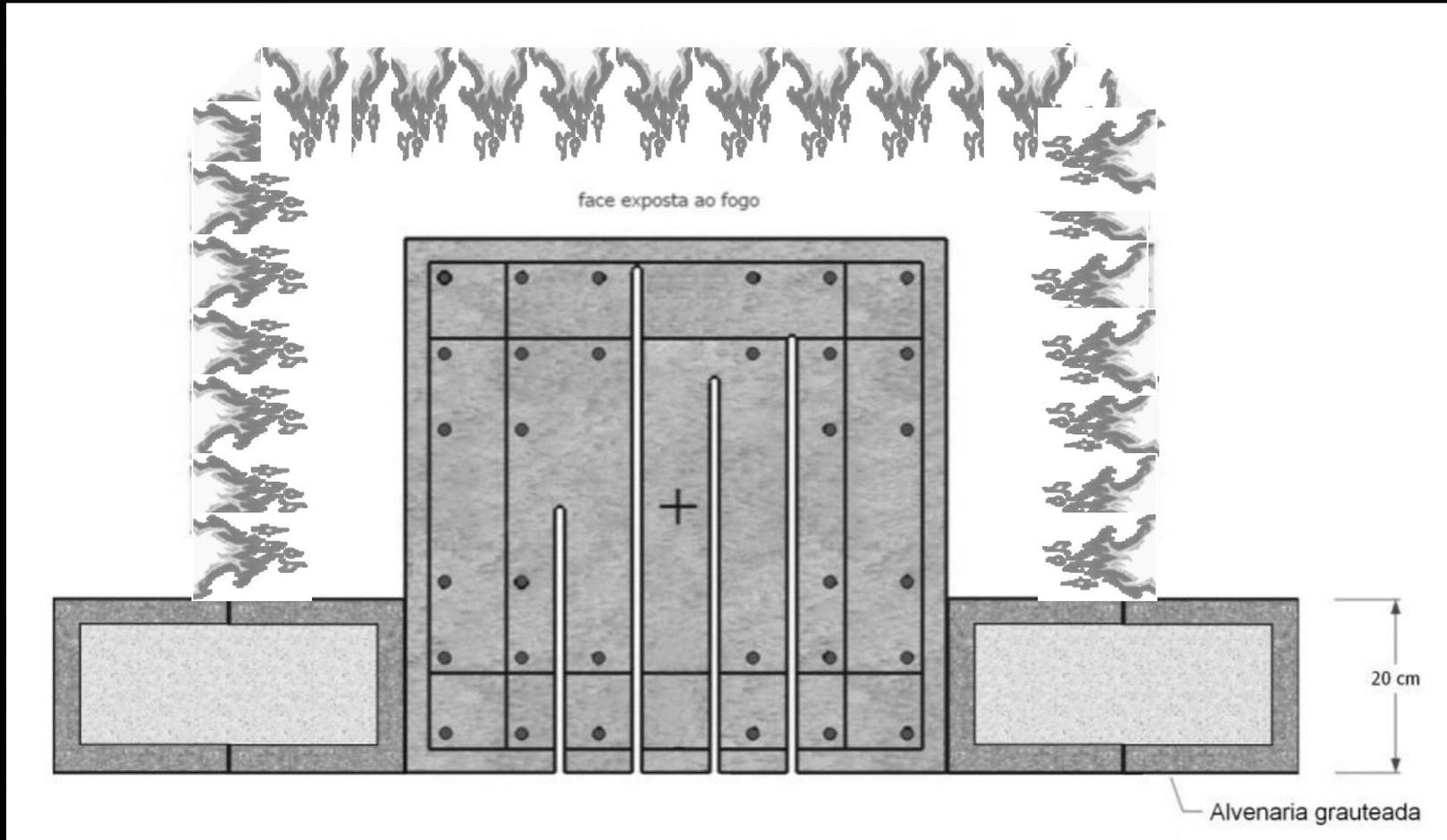


# Laboratório (forno)



- ✓ **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

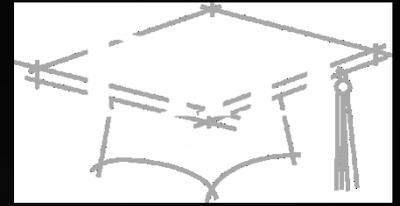
---

**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,  $\leq 20$  (%)

b) SR2,  $\leq 15$  (%)



## 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

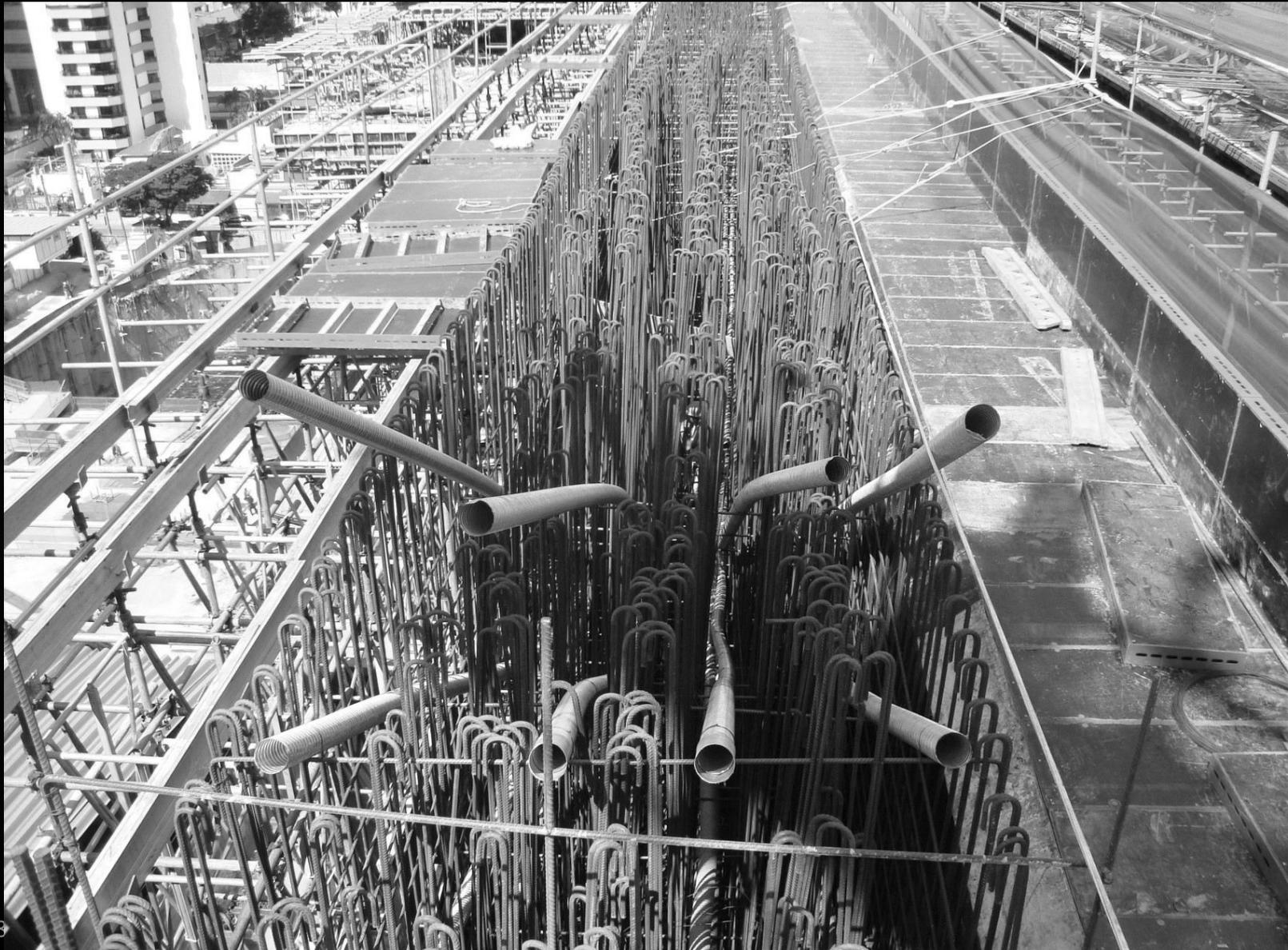
## Classes de espalhamento (slump-flow)

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
<b><i>SF2</i></b>	<b>660 a 750</b>	<b>Adequada para a maioria das aplicações correntes</b>	<b>Paredes, vigas, pilares e outras</b>
<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

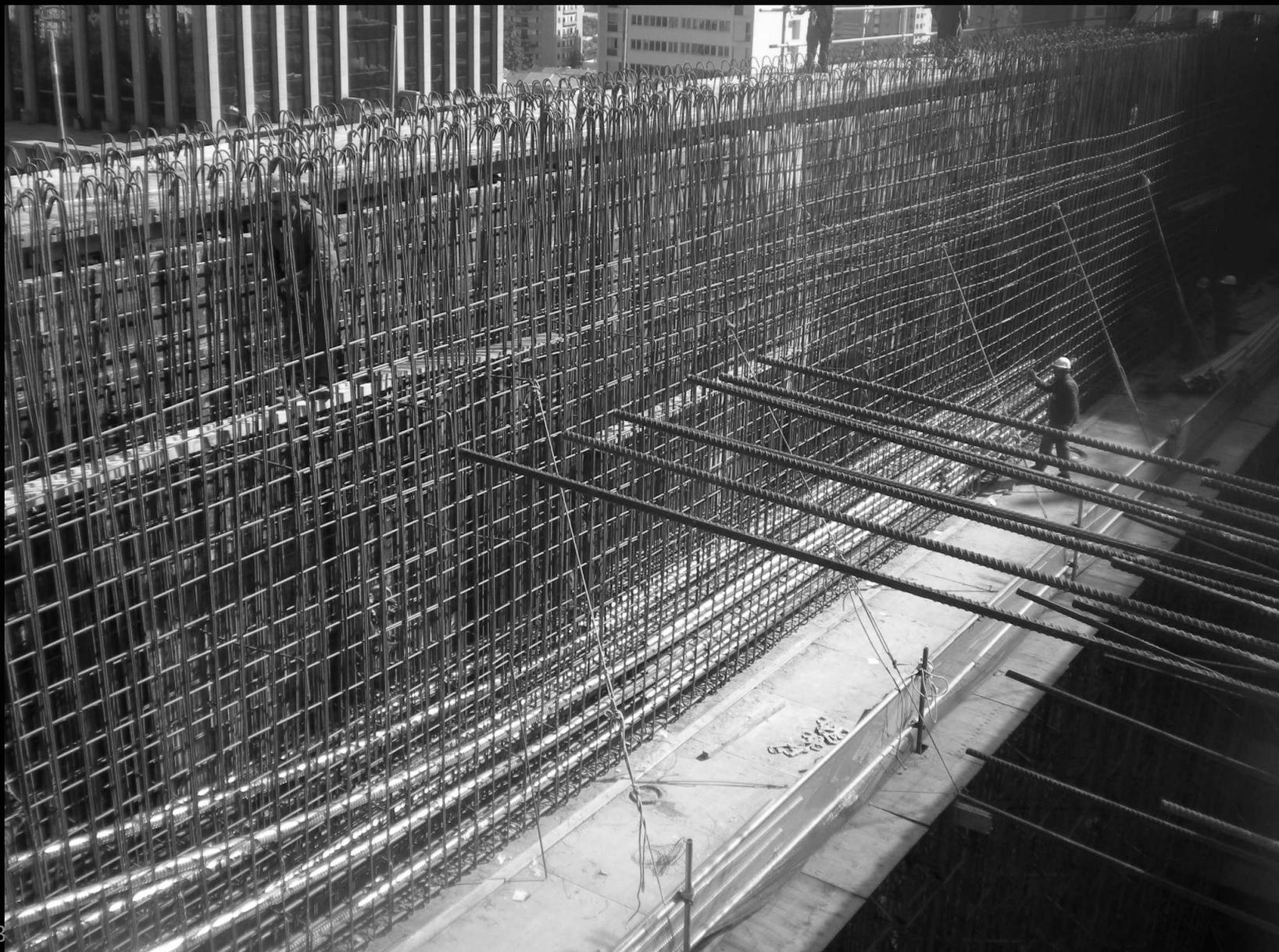
Fonte: ABNT NBR 15823-1:2010



# 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 <sup>3</sup>
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 <sup>-5</sup>
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

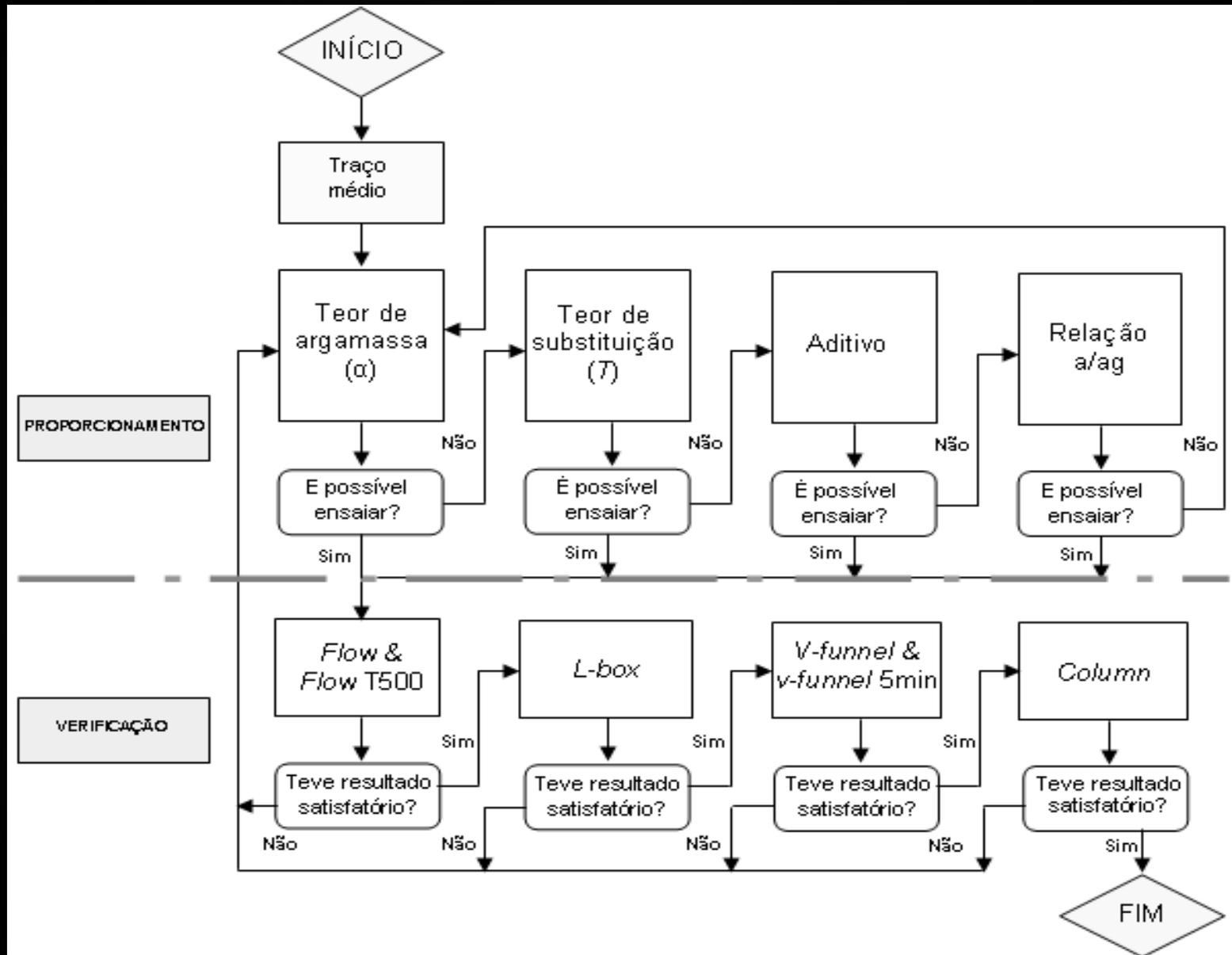
Brita

Adições

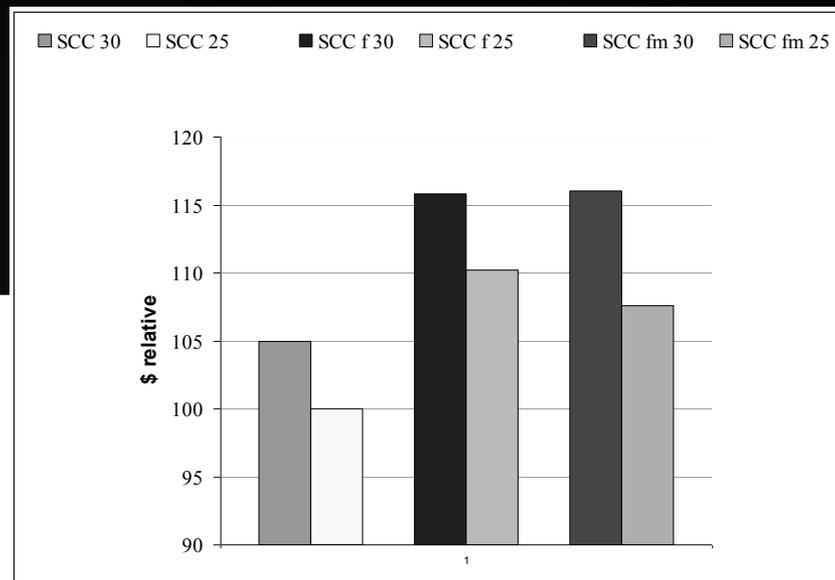
Aditivos

Lab e Campo

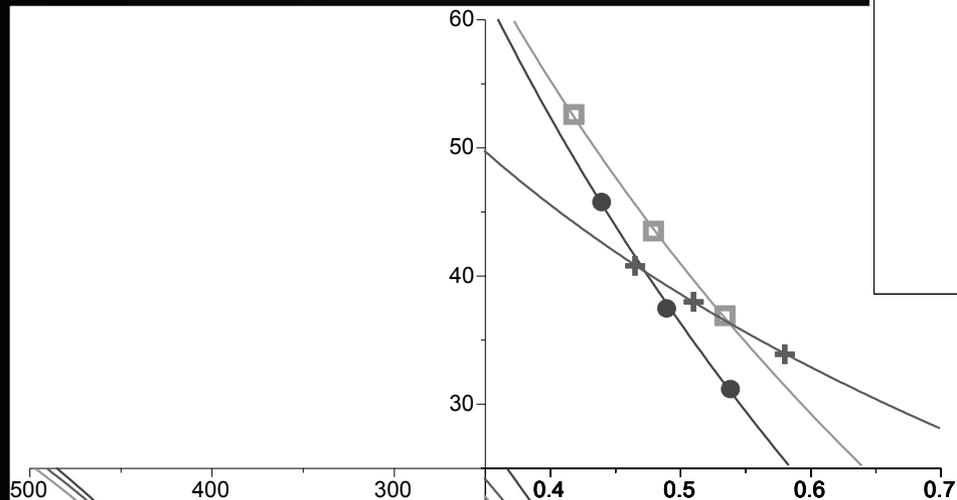
# Metodologia de dosagem:



# Diagrama de dosagem:

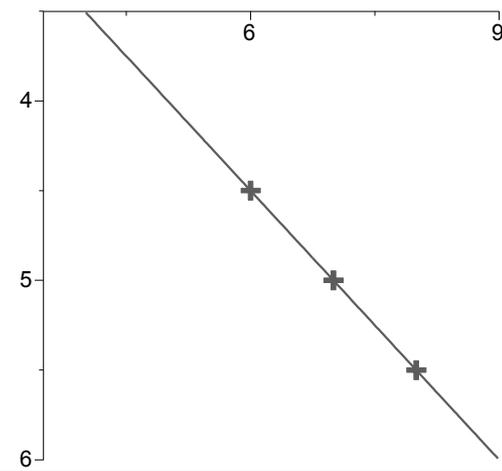


$f_{c28}$  (MPa)



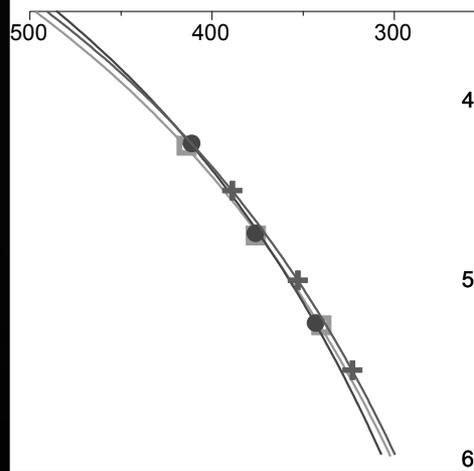
w/b (kg/kg)

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





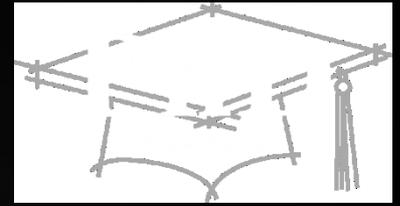


## *Traço de materiais secos por m<sup>3</sup> de concreto:*

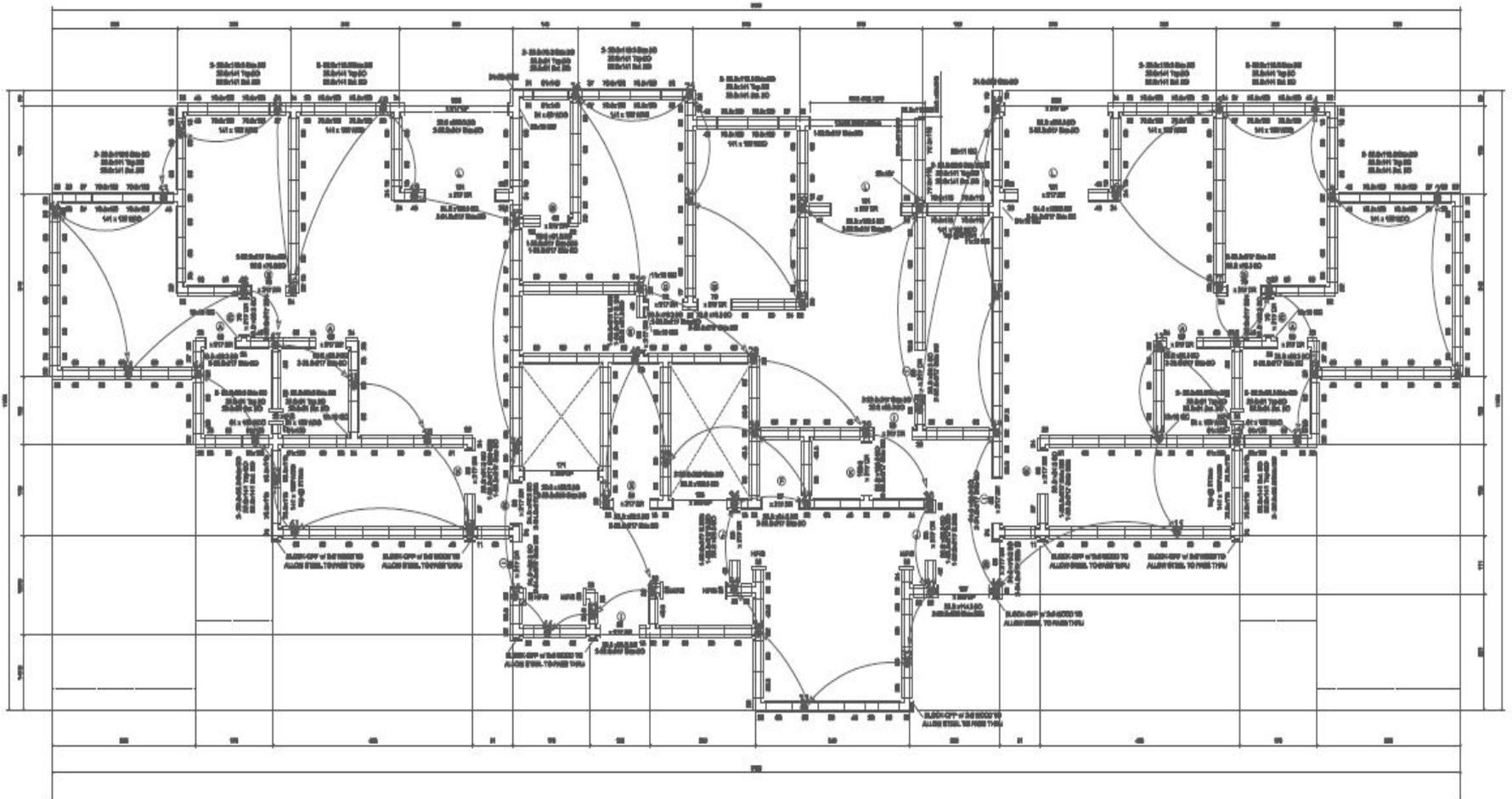
<i>Cimento</i>	<i>= 335kg</i>
<i>Metacaulim HP</i>	<i>= 30kg</i>
<i>Brita zero</i>	<i>= 855kg</i>
<i>Areia natural</i>	<i>= 587kg</i>
<i>Areia industrializada</i>	<i>= 330kg</i>
<i>Aditivo redutor de água</i>	<i>= 1,83kg</i>
<i>Superplastificante</i>	<i>= 3kg</i>
<i>Fibra de Polipropileno</i>	<i>= 0,6kg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

OBRA

# Trisul



## Forma do Pavimento Tipo:











EXECUÇÃO



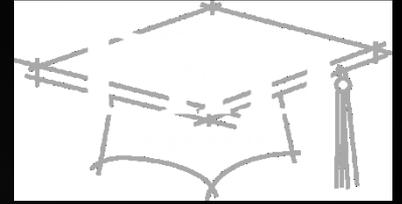








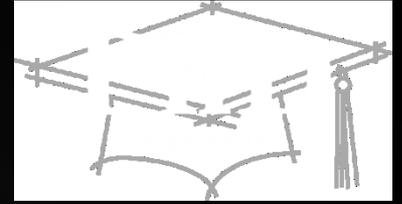




Descimbramento:

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

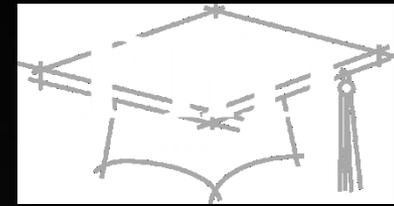




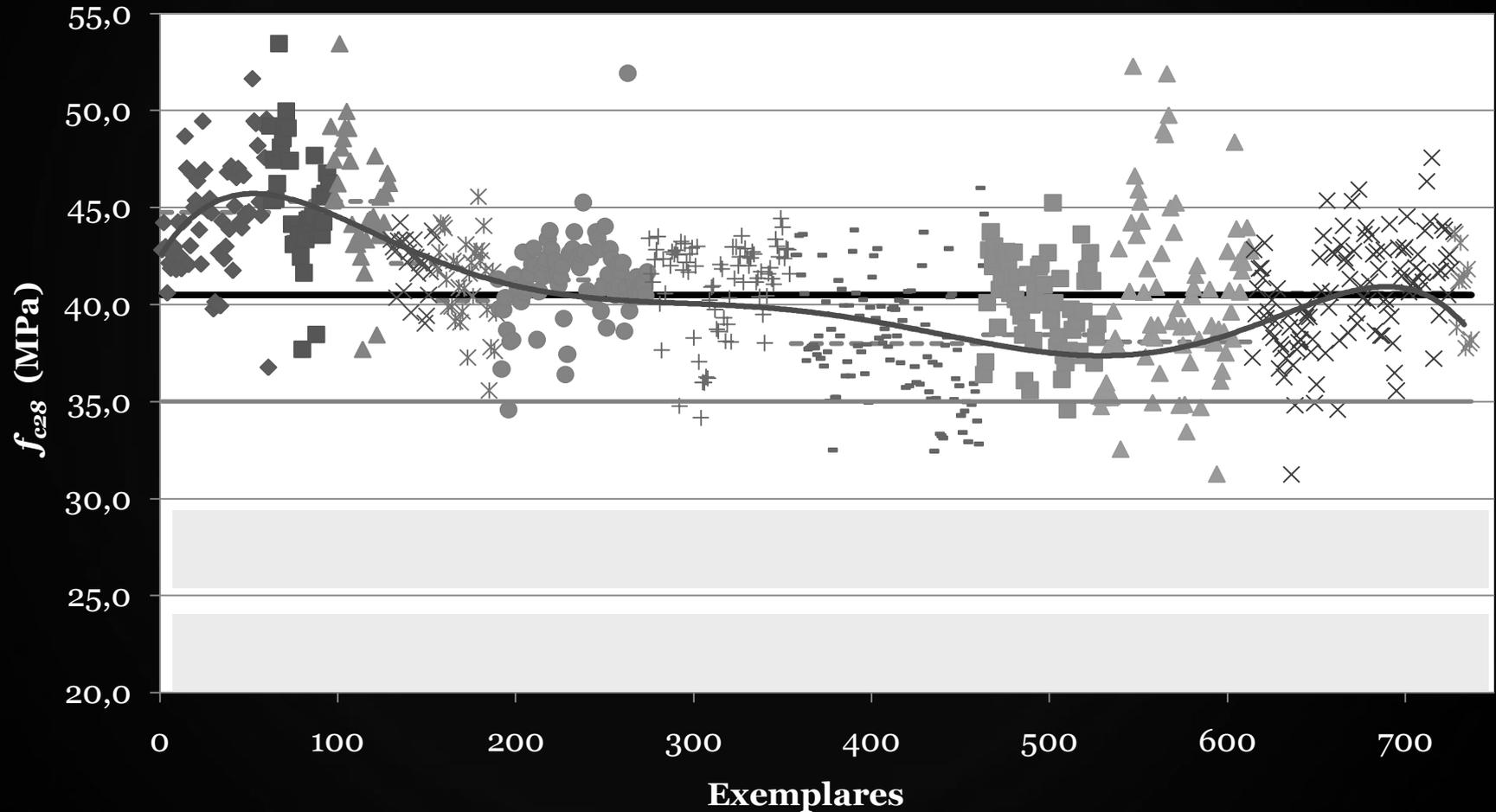
**Junta “fria” de  
concretagem**

## 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

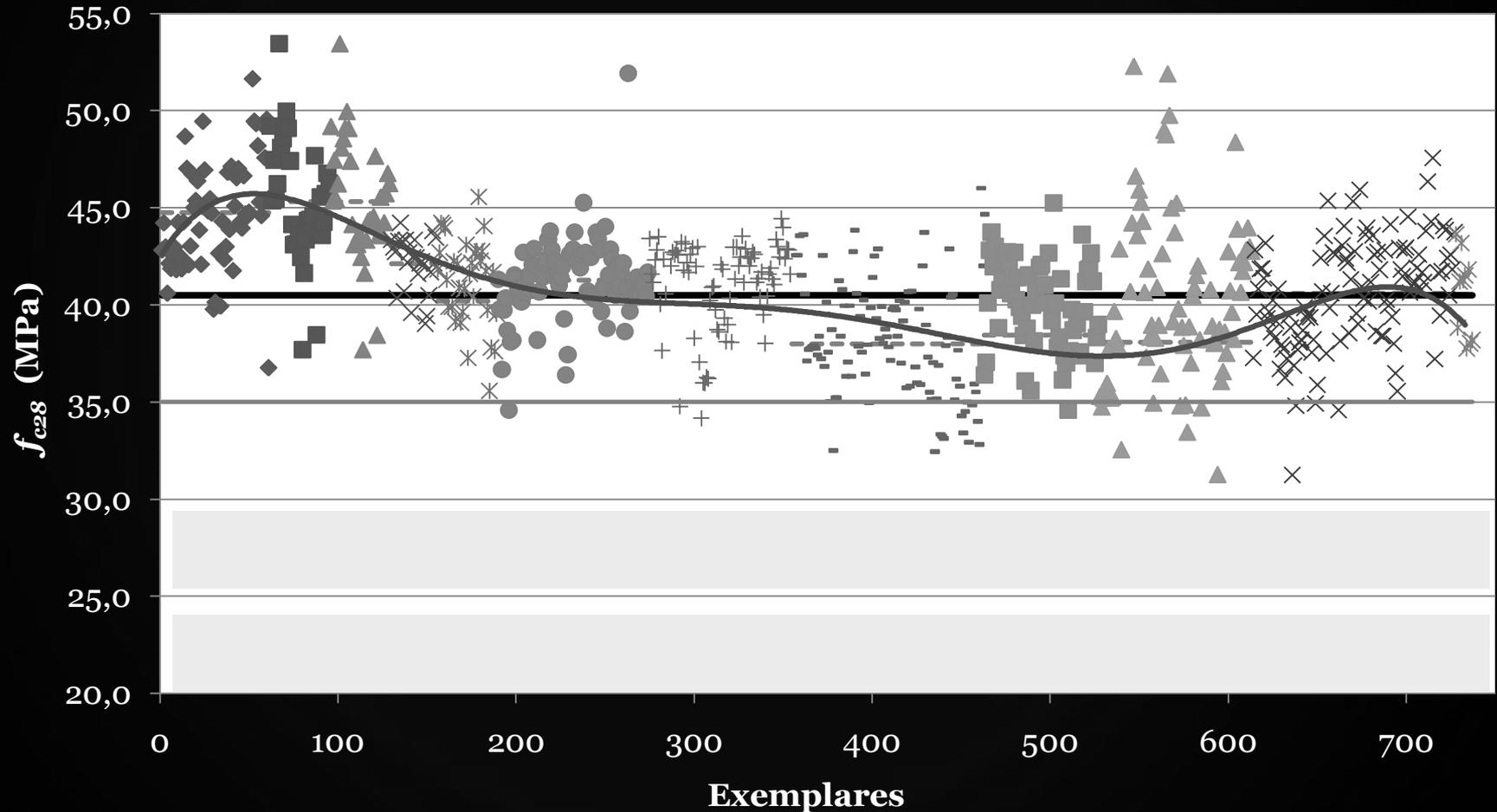
\* dez/09  
× jun/10

● 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

<b>Propriedades</b>	<b>Requerido</b>	<b>Obtido</b>
<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 <sup>3</sup>	< 2.300kg/m <sup>3</sup>
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 <sup>-5</sup>	< 40x10 <sup>-5</sup>
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** nem parece  
dieta!  
**4KG EM**  
**1 MÊS**  
**COMENDO DE TUDO!**

## 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

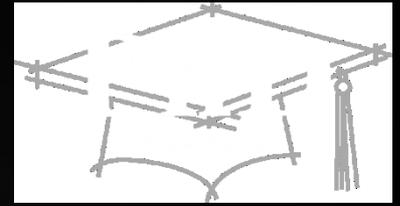
ISSN 2175-5205



9 772175 520003 12



ato astral



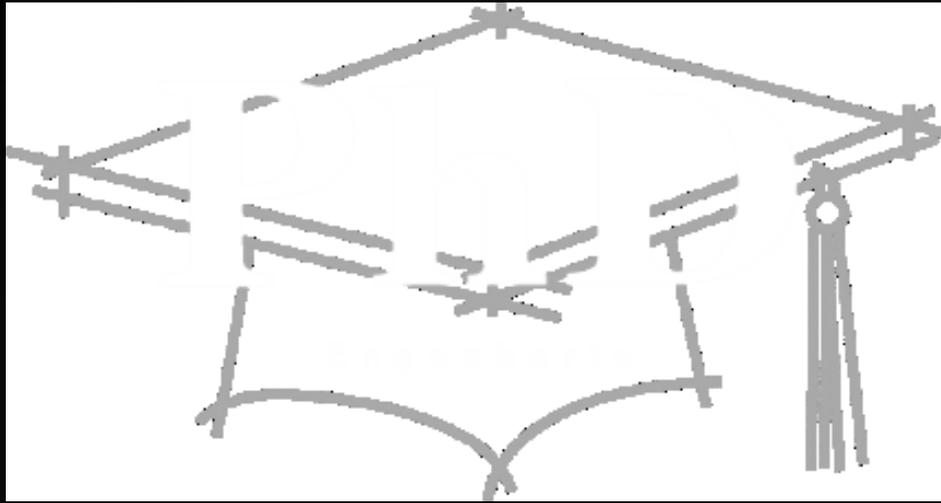
librio Nutricional, em São Paulo. E  
uma característica muito individual,  
ou seja, cada pessoa irá apresentar um  
grau diferente de absorção.

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**

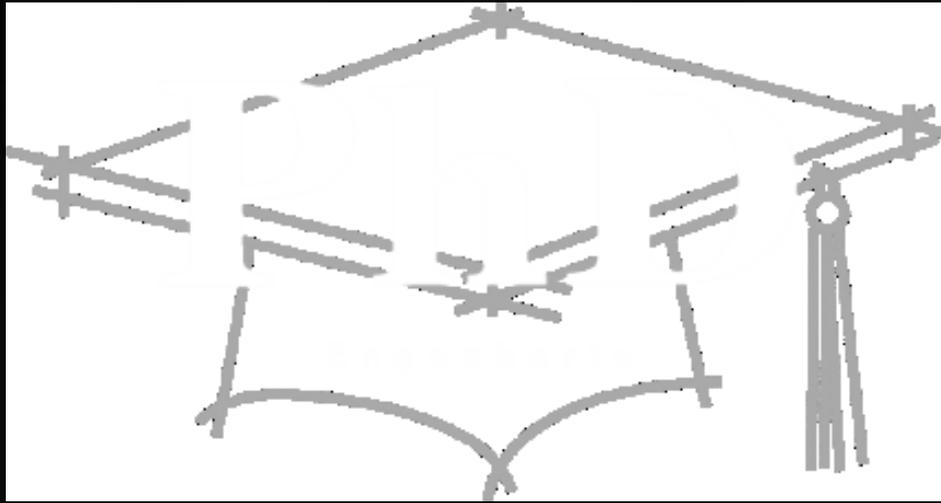


**PhD Engenharia Ltda.**

**fone: 11-2501-4822**

**celular: 11-7881-4014**

**paulo.helene@poli.usp.br**



**OBRIGADO!**

Ph.D. Engenharia Lida

fev 1-2, 08 2

celular: 11-7881-4014

[paulo.helene@poli.usp.br](mailto:paulo.helene@poli.usp.br)