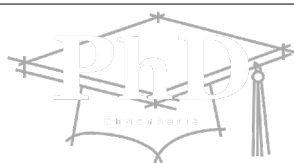


# Tecnologia do Concreto para Fundações



"do Laboratório de Pesquisa ao Canteiro de Obras"

**Carlos Britz**  
**Jéssika Pacheco**  
**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*

Escola Politécnica.USP

16 de abril de 2012

São Paulo.SP

1

- Concreto: resistente, durável e capaz de ser moldado nas mais diversas formas;
- Dos vários tipos de fundações existentes, a grande maioria é executada em concreto;
- Existe uma forte interação entre tecnologia de concreto e engenharia de fundações, infelizmente não explorada;
- Existe desconhecimentos sobre tecnologia de concreto e sobre introdução da segurança no projeto de fundações.

Introdução	Especificação	Concreto	Encomenda do concreto	Recebimento do concreto	Problemas & soluções
------------	---------------	----------	-----------------------	-------------------------	----------------------

2

- Publicação da ABMS livro sobre “Fundações: Teoria e Prática”;
- Manual de Especificações de Produtos e Procedimentos da ABEF;
- Norma brasileira de projeto e execução de fundações (NBR 6122:2010);
- Empresas de Serviços de Concretagem ABESC;
- Concretos sob medida.

Introdução	Especificação	Concreto	Encomenda do concreto	Recebimento do concreto	Problemas & soluções
------------	---------------	----------	-----------------------	-------------------------	----------------------

3

### **Passos essenciais:**

- Conhecer projeto e serviço a ser realizado;
- Reunião de nivelamento: empreiteira de fundações, concreteira, laboratório de controle, CONSTRUTOR
- Controle tecnológico das operações de escavação;
- Encomendar corretamente o concreto;
- Controle tecnológico do concreto;
- Ser prudente mas sempre com autoridade
- Saber interpretar resultados

Introdução	Especificação	Concreto	Encomenda do concreto	Recebimento do concreto	Problemas & soluções
------------	---------------	----------	-----------------------	-------------------------	----------------------

4

## **NBR 6122:2010 Projeto e Execução de Fundações** ***Procedimento***

1. Fundação superficial;
2. Estacas pré-moldadas de concreto;
3. Estacas escavadas sem fluido estabilizante;
4. Estacas hélice contínua monitorada;
5. Estacas moldadas in loco Strauss;
6. Estacas Franki;
7. Estacas escavadas com uso de fluido estabilizante;
8. Tubulões a céu aberto;
9. Tubulões a ar comprimido;
10. Estacas raiz;
11. Estaca hélice de deslocamento monitorado;
12. Estacas cravadas a reação (mega);
13. Estacas trado vazado segmentado;
14. Microestacas (cravadas com injeção);

<b>Introdução</b>	<b>Especificação</b>	<b>Concreto</b>	<b>Encomenda do concreto</b>	<b>Recebimento do concreto</b>	<b>Problemas &amp; soluções</b>
-------------------	----------------------	-----------------	------------------------------	--------------------------------	---------------------------------

5

## **NBR 6122:2010 Projeto e Execução de Fundações** ***Procedimento***

1. Fundação superficial;
2. Estacas pré-moldadas de concreto;
3. Estacas escavadas sem fluido estabilizante;
4. Estacas hélice contínua monitorada;
5. Estacas moldadas in loco Strauss;
6. Estacas Franki;
7. Estacas escavadas com uso de fluido estabilizante;
8. Tubulões a céu aberto;
9. Tubulões a ar comprimido;
10. Estacas raiz;
11. Estaca hélice de deslocamento monitorado;
12. Estacas cravadas a reação (mega);
13. Estacas trado vazado segmentado;
14. Microestacas (cravadas com injeção);

<b>Introdução</b>	<b>Especificação</b>	<b>Concreto</b>	<b>Encomenda do concreto</b>	<b>Recebimento do concreto</b>	<b>Problemas &amp; soluções</b>
-------------------	----------------------	-----------------	------------------------------	--------------------------------	---------------------------------

6

**NBR 6122:2010 Projeto e Execução de Fundações**  
***Procedimento***

- Concreto magro, concreto de preenchimento, concreto de lastro,  $f_{ck} \geq 10\text{MPa}$ ;
- Arrasamento do excesso até em pré-moldadas;
- Sempre arrasar com muito cuidado;
- Sempre concretar com funil e tubo (tremonha);
- Muita atenção com armaduras: posição e tempo;
- Resistência à compressão  $f_{ck} \geq 20\text{MPa}$

Introdução	<b>Especificação</b>	Concreto	Encomenda do concreto	Recebimento do concreto	Problemas & soluções
------------	----------------------	----------	-----------------------	-------------------------	----------------------

7

**NBR 6122:2010 Projeto e Execução de Fundações**  
***Procedimento***

1. Estacas escavadas sem fluido estabilizante & Estacas moldadas in loco Strauss  $\rightarrow (300\text{kg}/\text{m}^3; \text{slump } (10 \pm 2)\text{cm}; B1 \rightarrow 19\text{mm}; f_{ck} \leq 20\text{MPa})$
2. Estacas hélice contínua monitorada & Estacas hélice de deslocamento monitorado  $\rightarrow (400\text{kg}/\text{m}^3; \text{slump } (22 \pm 3)\text{cm}; B0 \rightarrow 9,6\text{mm}; a/c \leq 0,6; \text{teor arg } >55\%; f_{ck} \geq 20\text{MPa})$
3. Estacas Franki  $\rightarrow (350\text{kg}/\text{m}^3; \text{consistência seca}; a/c \leq 0,36; B2 \rightarrow 25\text{mm}; f_{ck} \geq 20\text{MPa. cuidado moldagem soquete do ensaio de Proctor});$
4. Estacas escavadas com uso de fluido estabilizante  $\rightarrow (400\text{kg}/\text{m}^3; \text{slump } (22 \pm 3)\text{cm}; B1 \rightarrow 19\text{mm}; a/c \leq 0,6; \text{teor arg } >55\%; f_{ck} \geq 20\text{MPa})$
5. Tubulões a céu aberto & Tubulões a ar comprimido  $(300\text{kg}/\text{m}^3; \text{slump } (10 \pm 2)\text{cm}; B2 \rightarrow 25\text{mm}; f_{ck} \geq 20\text{MPa})$
6. Estacas raiz & Estacas trado vazado segmentado (argamassa de  $600\text{kg}/\text{m}^3; 0,5 \leq a/c \leq 0,6; B0 \rightarrow 9,6\text{mm}; f_{ck} \geq 20\text{MPa});$
7. Microestacas (cravadas com injeção) (calda ou argamassa de  $600\text{kg}/\text{m}^3; 0,5 \leq a/c \leq 0,6; \text{areia } \rightarrow 4,8\text{mm}; f_{ck} \geq 20\text{MPa});$

Introdução	<b>Especificação</b>	Concreto	Encomenda do concreto	Recebimento do concreto	Problemas & soluções
------------	----------------------	----------	-----------------------	-------------------------	----------------------

8

Especificação de traços padrão ABEF / ABEG / ABESC		
Especificação	Parede diafragma / Estação / Barrete	Hélice contínua
$f_{ck,28d}$	$\geq 20\text{MPa}$	$\geq 20\text{MPa}$
consumo $\text{kg}/\text{m}^3$	$\geq 400$	$\geq 400$
$d_{\text{max}}$ mm	$\leq 19$	$\leq 12,5$
slump em cm	$(22 \pm 3)$	$(22 \pm 3)$
aditivos	plastificantes	plastificantes
teor de argamassa	$= 55\%$	$= 55\%$
relação a/c	$= 0,6$	$= 0,6$
água na obra	permitida cf. NF	permitida cf. NF
trabalhabilidade	bombeável	bombeável

Introdução	<b>Especificação</b>	Concreto	Encomenda do concreto	Recebimento do concreto	Problemas & soluções
------------	----------------------	----------	-----------------------	-------------------------	----------------------

9

Especificação ABEF / ABEG / ABESC					
<p>➤ <b>sacar perfil ou chapa junta (diafragma)</b>  ➔ <b>4h a 6h após chegada da primeira betoneira</b>  ➔ <b>armadura imersa na lama <math>\leq 4\text{h}</math></b></p> <p>➤ <b>inserir armadura (hélice)</b>  ➔ <b>até 2h após chegada do caminhão betoneira</b></p>					
Introdução	<b>Especificação</b>	Concreto	Encomenda do concreto	Recebimento do concreto	Problemas & soluções

10

## Tecnologia do Concreto

- **não há método de ensaio para controlar relação a/c**
- **não há método de ensaio para controlar consumo de cimento por m<sup>3</sup>**
- **não há método de ensaio para controlar teor de argamassa nem proporção de areia**
- **não há método de ensaio para controlar consumo de água por m<sup>3</sup>**

Introdução	Especificação	Concreto	Encomenda do concreto	Recebimento do concreto	Problemas & soluções
------------	---------------	----------	-----------------------	-------------------------	----------------------

11

## Tecnologia do Concreto

**“Não é conveniente controlar traço de concreto, sendo mais conveniente controlar as propriedades dos concretos”**

Introdução	Especificação	Concreto	Encomenda do concreto	Recebimento do concreto	Problemas & soluções
------------	---------------	----------	-----------------------	-------------------------	----------------------

12

## Propriedades do Concreto

- consistência (slump, espalhamento);
- teor de ar aprisionado ou incorporado;
- massa específica;
- $D_{max}$ ;
- exsudação / segregação;
- coesão / viscosidade;
- pega,  $f_{ck}$ ,  $E_c$ , permeabilidade, volume de vazios,....

Introdução	Especificação	Concreto	Encomenda do concreto	Recebimento do concreto	Problemas & soluções
------------	---------------	----------	-----------------------	-------------------------	----------------------

13

## Livro da ABESC. A História do Concreto Produzido em Central no Brasil, 2003

**1931 → Primeira norma,  $f_{cm}$ ;**

**1940 → ABNT, NB-1,  $f_{cm}$ ;**

**1960 → ABNT, NB-1,  $\sigma_R \approx f_{ck}$ ;**

**1963 → Início do concreto de  
Central**

Introdução	Especificação	Concreto	Encomenda do concreto	Recebimento do concreto	Problemas & soluções
------------	---------------	----------	-----------------------	-------------------------	----------------------

14

## **ABESC. A História do Concreto Produzido em Central no Brasil**

**Alguns podem pensar que o progresso e a disseminação dos concretos produzidos em Central no país se devem exclusivamente a novos e mais precisos equipamentos de pesagem e mistura, a materiais selecionados devido ao fator escala, à redução de mão de obra ociosa em obra ou até mesmo devido a canteiros de obra de reduzidas dimensões.**

Introdução	Especificação	<b>Concreto</b>	Encomenda do concreto	Recebimento do concreto	Problemas & soluções
------------	---------------	-----------------	-----------------------	-------------------------	----------------------

15

## **A História do Concreto Produzido em Central no Brasil, ABESC 25 anos, 1973**

**Todas essas razões são fatos inequívocos que aumentam ainda mais a competitividade desses concretos com relação aos concretos amassados em obra, mas a verdadeira razão do sucesso dos concretos dosados em Central reside em uma única expressão:**

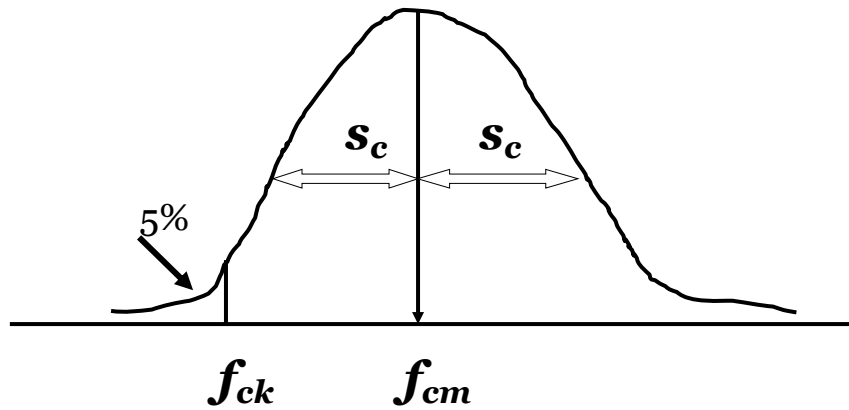
***“... terá mais sucesso econômico aquele que domine melhor a dosagem e o controle de produção do concreto, produzindo concretos mais uniformes...”***

Introdução	Especificação	<b>Concreto</b>	Encomenda do concreto	Recebimento do concreto	Problemas & soluções
------------	---------------	-----------------	-----------------------	-------------------------	----------------------

16



# competitividade



17

**Em palavras mais claras trata-se, por razões históricas de uma grande evolução do procedimento de Projeto e Construção, em direção a um processo de excelência.**

**Sempre que houver investimento em capacitação de pessoal e em instalações que consigam reverter para uma melhoria do processo, para uma maior uniformidade da qualidade, haverá um benefício econômico, além do Institucional e do comercial.**

**O custo do concreto é determinado pelo traço do concreto de resistência média e, portanto, quanto mais próxima do  $f_{ck}$ , menor o custo.**

Introdução	Especificação	Concreto	Encomenda do concreto	Recebimento do concreto	Problemas & soluções
------------	---------------	----------	-----------------------	-------------------------	----------------------

18

## Tecnologia do Concreto

- **“especificar o desejado”**
- **“controlar o especificado”**
- **“responsabilizar o Produtor”**
- **“deixar livre o Produtor”**

Introdução	Especificação	Concreto	Encomenda do concreto	Recebimento do concreto	Problemas & soluções
------------	---------------	----------	-----------------------	-------------------------	----------------------

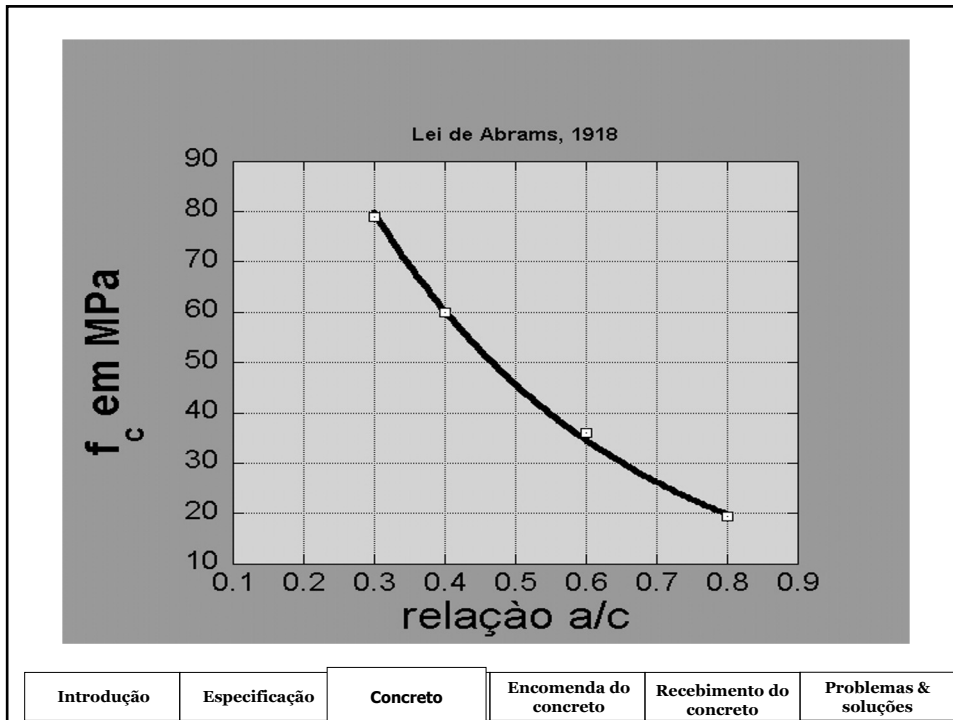
19

## Tecnologia do Concreto

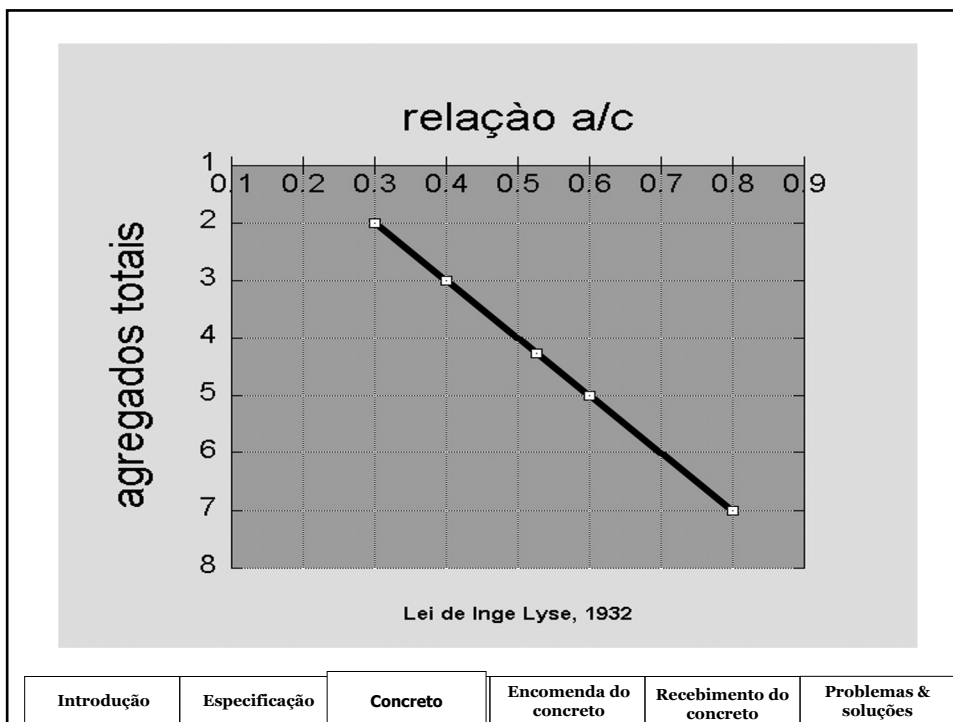
**“As proporções da mistura,  
“traço”, guardam forte  
correlação com as  
propriedades do concreto e  
portanto deve-se evitar  
redundância e contradição”**

Introdução	Especificação	Concreto	Encomenda do concreto	Recebimento do concreto	Problemas & soluções
------------	---------------	----------	-----------------------	-------------------------	----------------------

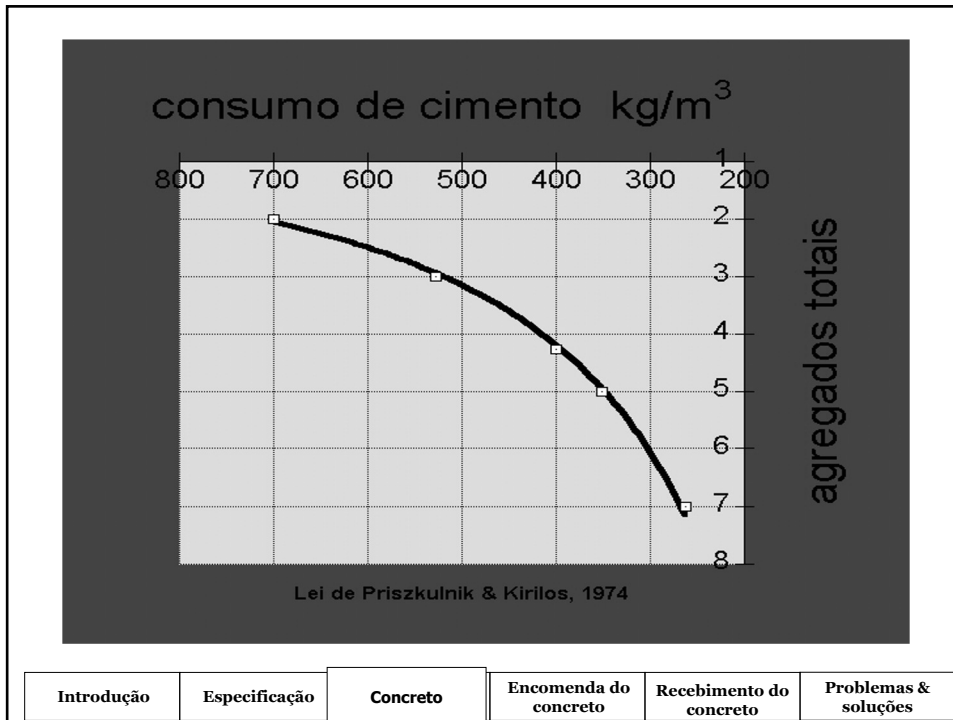
20



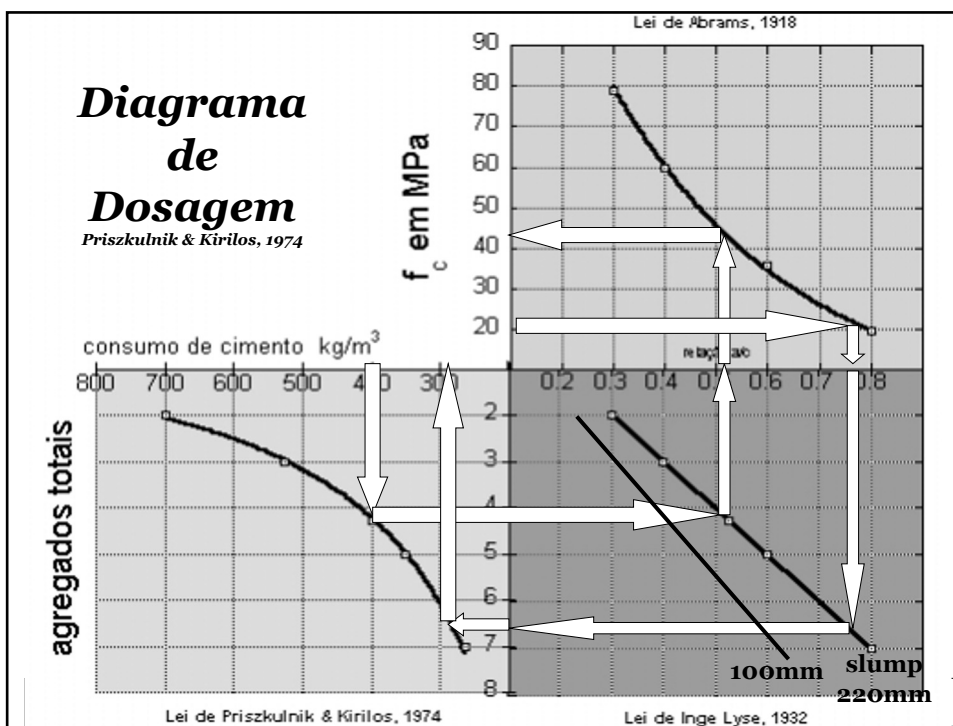
21



22



23



24

## Especificações incompatíveis

- $f_{ck} = 20\text{MPa}$  e  $C = 400\text{ kg/m}^3$
- $\alpha = 55\%$  e pedrisco
- $f_{ck} = 20\text{MPa}$  e  $a/c = 0,60$

Introdução	Especificação	Concreto	Encomenda do concreto	Recebimento do concreto	Problemas & soluções
------------	---------------	----------	-----------------------	-------------------------	----------------------

25

## Melhor seria Desempenho versus Prescrição

- Consistência;
  - $D_{max}$ ;
  - Coesão;
- Exsudação;
  - $f_c$

Introdução	Especificação	Concreto	Encomenda do concreto	Recebimento do concreto	Problemas & soluções
------------	---------------	----------	-----------------------	-------------------------	----------------------

26

## Métodos de Avaliação e Classificação do Concreto Auto-adensável

Concreto para fundações tipo parede diafragma, hélice, barrete, estação, Strauss deve ser do tipo para lançamento submerso, o que hoje em dia se denomina concreto auto-adensável.

- comportamento do concreto no estado fresco é o diferencial entre os concretos convencionais e o concreto auto-adensável.

Introdução	Especificação	Concreto	Encomenda do concreto	Recebimento do concreto	Problemas & soluções
------------	---------------	----------	-----------------------	-------------------------	----------------------

27

## Espalhamento pelo Cone de Abrams - Fluidiez

Testa a facilidade de escoamento do concreto e a viscosidade plástica aparente T500

Nomalização

- ASTM- Standard test method for slump-flow of self consolidating concrete – C 1611. Philadelphia, 2006 ;

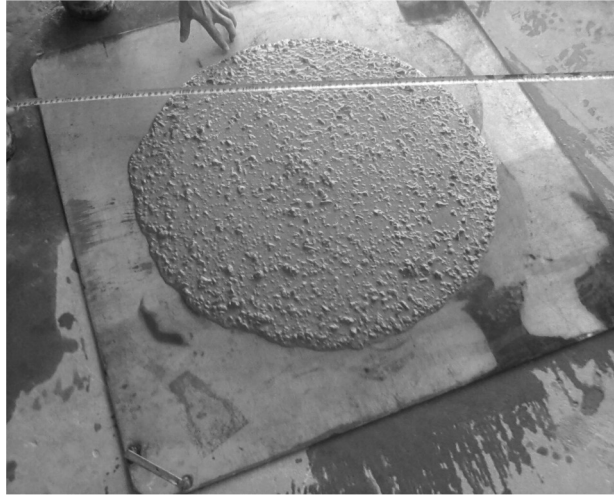
- EN – Testing fresh concrete – Part 8: Self-compacting concrete – Slump-flow test EN 12350-8. Brussels, 2007;

- ABNT – NBR 15823 – Parte 2 – Concreto Auto-adensável – Determinação do espalhamento e do tempo de escoamento – Método do cone de Abrams

Introdução	Especificação	Concreto	Encomenda do concreto	Recebimento do concreto	Problemas & soluções
------------	---------------	----------	-----------------------	-------------------------	----------------------

28

## Espalhamento pelo cone de Abrams - Fluidez



Introdução

Especificação

Concreto

Encomenda do  
concreto

Recebimento do  
concreto

Problemas &  
soluções

29

## Caixa L - Fluidez e Habilidade Passante

Mede a fluidez e a capacidade deste passar por obstáculos

Nomalização

- EUROPEAN FEDERATION FOR ESPECIALIST CONSTRUCTION CHEMICALS AND CONCRETE SYSTEMS– Specification and guidelines for self-compacting concrete. In:EFNARC. London,February, 32p.,2002;
- EN – Testing fresh concrete – Part 10: Self-compacting concrete – L-box test. EN 12350-10. Brussels,2007;
- ABNT – NBR 15823 – Parte 3 – Concreto Auto-adensável – Determinação da habilidade passante – Método da Caixa L

Introdução

Especificação

Concreto

Encomenda do  
concreto

Recebimento do  
concreto

Problemas &  
soluções

30

## Caixa L - Fluidez e Habilidade Passante



Introdução

Especificação

Concreto

Encomenda do  
concreto

Recebimento do  
concreto

Problemas &  
soluções

31

## Coluna de segregação - Segregação

Verifica a ocorrência de segregação

Nomalização

- ASTM- Standard test for static segregation of self-consolidating concrete using column technique – C 1610. Philadelphia, 2006 ;
- ABNT – NBR 15823 – Parte 6 – Concreto Auto-adensável – Determinação da resistência à segregação – Método da coluna de segregação.

Introdução

Especificação

Concreto

Encomenda do  
concreto

Recebimento do  
concreto

Problemas &  
soluções

32



## Segregação – Coluna de Segregação



Introdução	Especificação	Concreto	Encomenda do concreto	Recebimento do concreto	Problemas & soluções
------------	---------------	----------	-----------------------	-------------------------	----------------------

33

## Orientações para dosagem do concreto

✓ Concreto fresco, limites de norma:

▪  $C_{\text{cimento}} \geq 260 \text{ kg/m}^3$ ; (NBR 12655)

✓ Concreto fresco, práticas recomendadas:

▪  $C_{\text{finos}} (D_{\text{max}} < 0,15 \text{ mm}) \geq 400 \text{ kg/m}^3$ ;

▪ Água/cimento+finos < (0,65; 0,60 ou 0,50) conferir agressividade da água e do solo conforme ABNT NBR 12655

▪  $C_{\text{água}} \leq 175 \text{ kg/m}^3$

Introdução	Especificação	Concreto	Encomenda do concreto	Recebimento do concreto	Problemas & soluções
------------	---------------	----------	-----------------------	-------------------------	----------------------

34

## Orientações para dosagem do concreto

- ✓ Agregado graúdo: qualquer que atenda a NBR 7211 (AAR);
- ✓ Agregado miúdo: qualquer que atenda a NBR 7211, preferencialmente os finos ( $D_{máx} \leq 0,3\text{mm}$ ) (AAR);
- ✓ Cimento: qualquer tipo normalizado, preferencialmente CP III e CP IV, pode ser ARI CP V;
- ✓ Aditivos plastificantes, incorporadores de ar, aceleradores, retardadores, desde que atendam a NBR 10908; NBR 11768 e NBR 12317;
- ✓ Teor de argamassa seca > 50%;
- ✓ Emprego de adições preferencialmente filler calcário, metacaulim HP, sílica ativa, pozolanas, cinzas e escória moída;

Introdução	Especificação	Concreto	Encomenda do concreto	Recebimento do concreto	Problemas & soluções
------------	---------------	----------	-----------------------	-------------------------	----------------------

35

## Especificação recomendada (encomenda)

*Estilo antigo e de acordo com a atual NBR 6122*

***Princípio: evitar de encomendar aquilo que não será medido (controlado)***

- 1. Concreto com  $f_{ck} = 20\text{MPa}$ , segundo as normas NBR 5738, NBR 5739 e NBR 12655;**
- 2. Concreto com consistência (slump) de  $(22 \pm 3)\text{cm}$ , segundo ABNT NM 67;**
- 3. Concreto para fundação (parede diafragma, hélice, estação ou barrete) conforme ABNT NBR 6122**

Introdução	Especificação	Concreto	Encomenda do concreto	Recebimento do concreto	Problemas & soluções
------------	---------------	----------	-----------------------	-------------------------	----------------------

36

### **Especificação recomendada (tecnicamente correta)**

- $f_{ck} = 20\text{MPa}$ , NBR 5738, NBR 5739 e NBR 12655;
- Concreto auto-adensável, classificação SF2 → NBR 15823 → Espalhamento (slump flow) > 600 a 750;
- Segregação estática, classificação SR2 → NBR 15823 → coluna < 15%
- Concreto auto-adensável, classificação PL2 → NBR 15823 (Caixa L) (>0,80)
- Exsudação total de água  $\leq 1\%$ , ABNT NM 102 Concreto Fresco. Determinação da exsudação de água. *Método de Ensaio.*

Introdução	Especificação	Concreto	Encomenda do concreto	Recebimento do concreto	Problemas & soluções
------------	---------------	----------	-----------------------	-------------------------	----------------------

37

### **Recebimento do concreto: recomendações**

#### ***ABNT NBR 12655***

- Retirar concreto do início do balão, medir temperatura (se for o caso) e slump e sempre DEVOLVER o caminhão não conforme;
- Retirar concreto sempre do terço médio ou final do balão, para fins de moldagem dos cps. Nunca moldar cps com concreto do início do balão;
- Moldar 2 cps para 28dias e 1cp para 63dias. Dispensar outras idades;
- Se forem medidas outras propriedades, sempre moldar os respectivos cps a partir de concretos retirados do terço médio ou final do balão.

Introdução	Especificação	Concreto	Encomenda do concreto	Recebimento do concreto	Problemas & soluções
------------	---------------	----------	-----------------------	-------------------------	----------------------

38

## Principais problemas em fundações:

- ✓ Risco de estrangulamento
- ✓ Segregação na estaca
- ✓ Borbulhamento de água com exsudação
- ✓ Exsudação no corpo-de-prova
- ✓ Extensão do arrasamento
- ✓ Fissuras térmicas

Introdução	Especificação	Concreto	Encomenda do concreto	Recebimento do concreto	Problemas & soluções
------------	---------------	----------	-----------------------	-------------------------	----------------------

39

- Patologia, aplicada às fundações, significa estudo dos problemas desses elementos estruturais, neste caso, decorrentes da dosagem, produção e lançamento do concreto;
- Estruturas enterradas:
  - Pouco interesse do usuário que não tem acesso;
  - Inspeção é difícil e requer equipe multidisciplinar;
  - Correção de falhas é onerosa e complexa;

Introdução	Especificação	Concreto	Encomenda do concreto	Recebimento do concreto	Problemas & soluções
------------	---------------	----------	-----------------------	-------------------------	----------------------

40

- Classificação das patologias segundo sua origem:
  - ✓ problemas devido às falhas no projeto;
  - ✓ problemas devido às falhas na execução;
  - ✓ problemas devido à má qualidade dos materiais utilizados na etapa de execução;
  - ✓ problemas devidos a falhas de operação ocorridos na etapa de uso;
  - ✓ problemas devido à mudança de uso da edificação.

Introdução	Especificação	Concreto	Encomenda do concreto	Recebimento do concreto	Problemas & soluções
------------	---------------	----------	-----------------------	-------------------------	----------------------

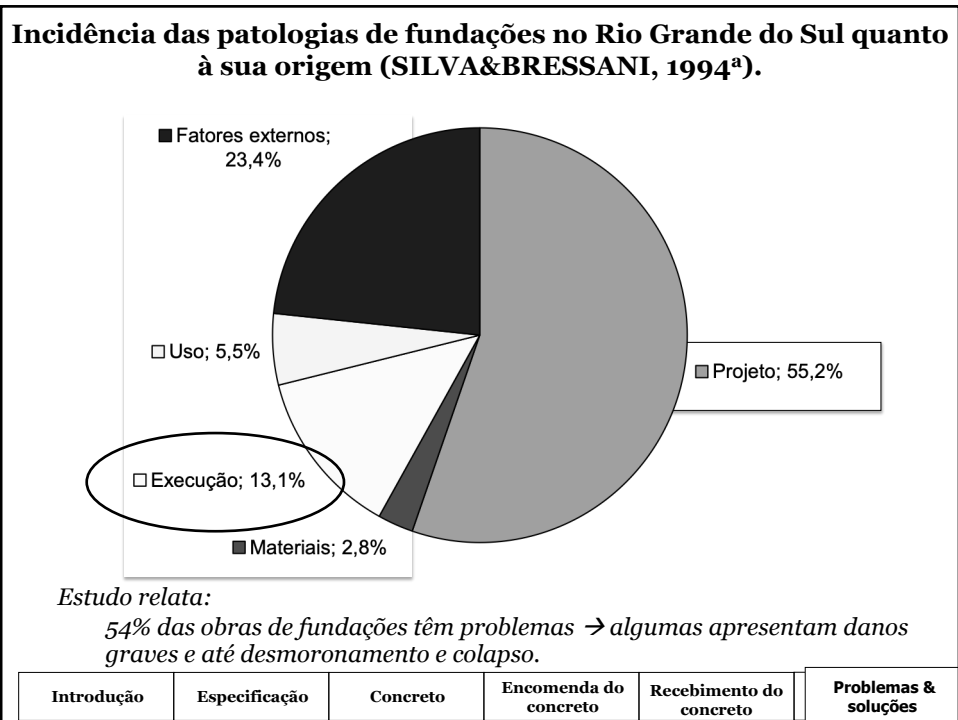
41

### Exemplos de patologias referentes à tecnologia de concreto encontrada na literatura

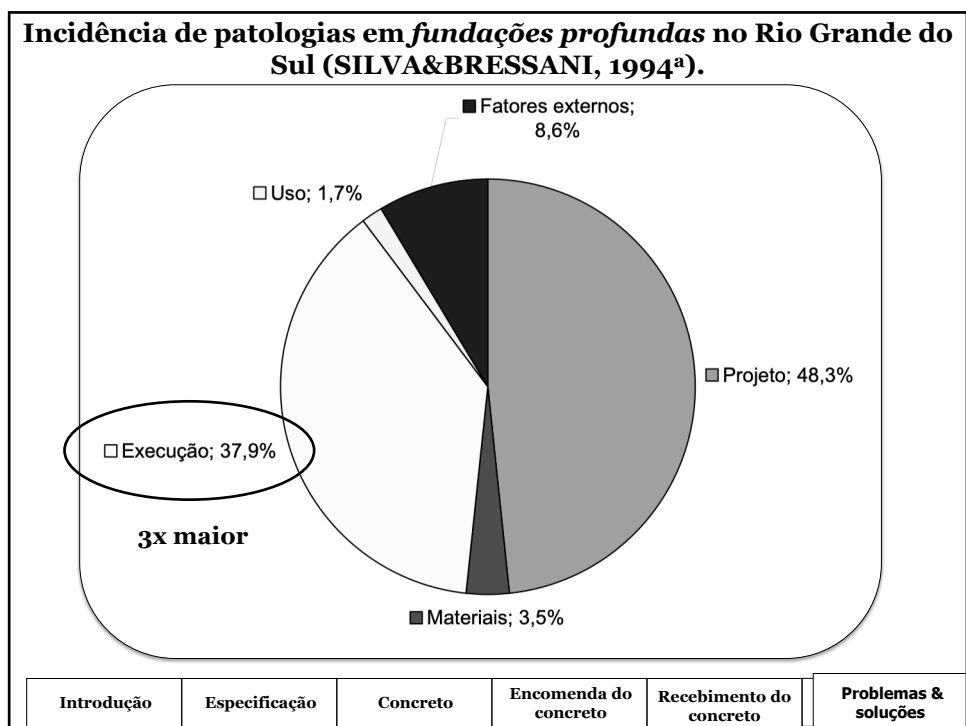
origem	consequências
<i>Etapa de execução</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Má concretagem ou adensamento do concreto;</li> <li>• Má dosagem do concreto resultando em um material inadequado;</li> <li>• Falta de espaçadores – cobrimento inadequado;</li> <li>• Falta de rigidez das armaduras;</li> <li>• Excesso de armaduras e baixa trabalhabilidade do concreto – redução da seção do fuste;</li> <li>• Falta de cuidado na concretagem;</li> <li>• Uso de fôrmas inadequadas;</li> </ul>
<i>Materiais</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso de cimentos inadequados;</li> <li>• Uso de areia contaminada;</li> <li>• Uso de agregados reativos – reação álcali-agregado;</li> <li>• Uso de água contaminada (água do mar, água salobra).</li> </ul>
<i>Fatores externos</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ataques por agentes agressivos – sulfatos e/ou cloretos.</li> </ul>

Introdução	Especificação	Concreto	Encomenda do concreto	Recebimento do concreto	Problemas & soluções
------------	---------------	----------	-----------------------	-------------------------	----------------------

42



43



44

### **Críticas à atual ABNT NBR 6122**

- Especificações genéricas;
- Não faz referência devida à NBR 12655;
- Falta + detalhamento com relação ao concreto:
  - ✓ Características reológicas – execução:
    - Exsudação
    - Segregação
    - Consistência
  - ✓ Durabilidade:
    - Classes de agressividade do solo e da água
    - Cobrimentos mínimos

Introdução	Especificação	Concreto	Encomenda do concreto	Recebimento do concreto	Problemas & soluções
------------	---------------	----------	-----------------------	-------------------------	----------------------

45

### **Concreto lançado sob água**

- Uso de tremonha idealizado em 1898;
- Deve ser lançado de forma contínua e rápida;
- Já foi lançado por gravidade até 260m de profundidade;
- Nos últimos 100 anos não houve evolução significativa do método, e sim do concreto empregado, que hoje se denomina auto-adensável;

Introdução	Especificação	Concreto	Encomenda do concreto	Recebimento do concreto	Problemas & soluções
------------	---------------	----------	-----------------------	-------------------------	----------------------

46

## Concreto lançado sob água

- Recomendações gerais sobre a **execução**:
  - ✓ Buscar fluxo contínuo de alimentação de concreto;
  
  - ✓ Se houver interrupção:
    - Manter ponta do tubo imersa 1,5 m no concreto;
    - Retomar concretagem antes da pega;
  
  - ✓ Concretar um pescoço extra de no mínimo 30 cm, sendo recomendável 50 cm (destinado a arrasamento)

Introdução	Especificação	Concreto	Encomenda do concreto	Recebimento do concreto	Problemas & soluções
------------	---------------	----------	-----------------------	-------------------------	----------------------

47

## Estudo de Casos

48



# Caso 1

## Estacas Barrete

Introdução	Especificação	Concreto	Encomenda do concreto	Recebimento do concreto	Problemas & soluções
------------	---------------	----------	-----------------------	-------------------------	----------------------

49

### Caso 1: Estaca Barrete

▪ Problema:

✓ Apenas 1 das estacas concretadas de uma obra apresentou:

- Encolhimento tipo recalque de 70 cm
- Resistência baixa observada inicialmente por testes subjetivos de obra tipo “sentimento”

Introdução	Especificação	Concreto	Encomenda do concreto	Recebimento do concreto	Problemas & soluções
------------	---------------	----------	-----------------------	-------------------------	----------------------

50

### Caso 1: Estaca Barrete

- Concreto especificado:
  - ✓  $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$ ;
  - ✓  $C = 400 \text{ kg/m}^3$ ;
  - ✓ slump =  $(22 \pm 2) \text{ cm}$ ;
  - ✓ Brita 1;
  - ✓ Não bombeável;
  - ✓ Auto adensável.

Introdução	Especificação	Concreto	Encomenda do concreto	Recebimento do concreto	Problemas & soluções
------------	---------------	----------	-----------------------	-------------------------	----------------------

51

### Caso 1: Estaca Barrete

- Investigação inicial:
    - ✓ Extração de testemunhos:
      - ✓  $f_{c54} = 4,6 \text{ MPa}$ ;
      - ✓  $f_{c55} = 3,9 \text{ MPa}$ ;
      - ✓  $f_{c63} = 7,2 \text{ MPa}$ ;
- }  $\ll f_{ck} = 20 \text{ MPa}$
- ✓ Nova extração de testemunhos:
    - ✓ Várias profundidades:
      - 0,7m; 0,85m; 1,3m; 1,65m; 2,0m; 2,15m; 2,8m
    - ✓ **A partir de 2 m  $\rightarrow f_c > 25 \text{ MPa}$**

Introdução	Especificação	Concreto	Encomenda do concreto	Recebimento do concreto	Problemas & soluções
------------	---------------	----------	-----------------------	-------------------------	----------------------

52

### **Caso 1: Estaca Barrete**

- Outros problemas verificados:
  - ✓ Atraso de 4h na concretagem, além do prazo limite de norma;
  
  - ✓ Discrepância entre o concretado e o previsto na planilha de controle ( 50 cm );

Introdução	Especificação	Concreto	Encomenda do concreto	Recebimento do concreto	Problemas & soluções
------------	---------------	----------	-----------------------	-------------------------	----------------------

53

### **Caso 1: Estaca Barrete**

- Com base no resultado → 2 hipóteses:
  - ✓ Erro na dosagem do concreto;
  
  - ✓ Falhas de execução.

Introdução	Especificação	Concreto	Encomenda do concreto	Recebimento do concreto	Problemas & soluções
------------	---------------	----------	-----------------------	-------------------------	----------------------

54

### Caso 1: Estaca Barrete

- Análise visual (concreto deficiente) superfície:
  - ✓ Cor escura → bege avermelhado;
  - ✓ Frágil → ruptura dos cantos da amostra com as mãos;
  
- ✓ Difractometria de Raios-X (concreto deficiente):
  - ✓ Componentes normais em frequência relativa habitual;
  - ✓ Presença significativa de esmectitas (Lama bentonítica)
  - ✓ Presença secundária de caulinitas, mica, hematita e anfibólios

Introdução	Especificação	Concreto	Encomenda do concreto	Recebimento do concreto	Problemas & soluções
------------	---------------	----------	-----------------------	-------------------------	----------------------

55

### Caso 1: Estaca Barrete

- Parecer conclusivo:
    - ✓ Se o concreto fosse deficiente na entrega:
      - ✓ Presença elevada de esmectitas no concreto fresco:
        - Diferença de cor, coesão e trabalhabilidade facilmente detectáveis pelos operários;
      - ✓ Relação a/c = 1,0 e C = 210 kg/m<sup>3</sup>:
        - Retração total de 70 cm!!!!
- Probabilidade quase nula!!!**

Introdução	Especificação	Concreto	Encomenda do concreto	Recebimento do concreto	Problemas & soluções
------------	---------------	----------	-----------------------	-------------------------	----------------------

56

### Caso 1: Estaca Barrete

- Parecer conclusivo:
  - ✓ O concreto entregue na obra atende às especificações:
    - Nos CPs (controle de recebimento)  $f_{ck} = 20\text{MPa}$ ;
    - Não há vestígios de contaminação no concreto a partir de 2m de profundidade;
    - Os resultados dos ensaios, a partir de 2m, apresentam características compatíveis com o concreto especificado

Introdução	Especificação	Concreto	Encomenda do concreto	Recebimento do concreto	Problemas & soluções
------------	---------------	----------	-----------------------	-------------------------	----------------------

57

### Caso 1: Estaca Barrete

- Parecer conclusivo:
  - ✓ Contaminação por lama bentonítica na execução:
    - Erro no posicionamento do tubo tremonha;
    - Altos teores de bentonita no concreto:
      - Grande prejuízo às propriedades mecânicas

Introdução	Especificação	Concreto	Encomenda do concreto	Recebimento do concreto	Problemas & soluções
------------	---------------	----------	-----------------------	-------------------------	----------------------

58

# Caso 2

## Calor de Hidratação em Blocos de Fundação

Introdução	Especificação	Concreto	Encomenda do concreto	Recebimento do concreto	Problemas & soluções
------------	---------------	----------	-----------------------	-------------------------	----------------------

59

### Caso 2: Calor de Hidratação em Blocos de Fundação

- Bloco de fundação:
  - ✓ 26 m x 26 m x 3,5m (largura;comprimento;altura);
  - ✓  $f_{ck} = 35$  MPa;
  - ✓ Volume de concreto: 2.366 m<sup>3</sup>;
  
- Características climáticas:
  - ✓ Temperatura ambiente média = 23°C

Introdução	Especificação	Concreto	Encomenda do concreto	Recebimento do concreto	Problemas & soluções
------------	---------------	----------	-----------------------	-------------------------	----------------------

60

## Caso 2: Calor de Hidratação em Blocos de Fundação

- Para não fissuração:

$$\checkmark \text{tensão}_{\text{atuante}} < \text{tensão}_{\text{resistente}}$$

- Para o cálculo, foi considerado:

$$f_{ctm} = 0,3 f_{ck}^{2/3} = 2,90 \text{ MPa}$$

$$E_c = 5600 \sqrt{f_{ck}} = 29 \text{ GPa}$$

$$E_a = 0,67 \times E_c = 19 \text{ GPa (efeito da fluência)}$$

Introdução	Especificação	Concreto	Encomenda do concreto	Recebimento do concreto	Problemas & soluções
------------	---------------	----------	-----------------------	-------------------------	----------------------

61

## Caso 2: Calor de Hidratação em Blocos de Fundação

- Restrições:

✓ Junto à base:

- 16 estacas na base da bloco → rígida

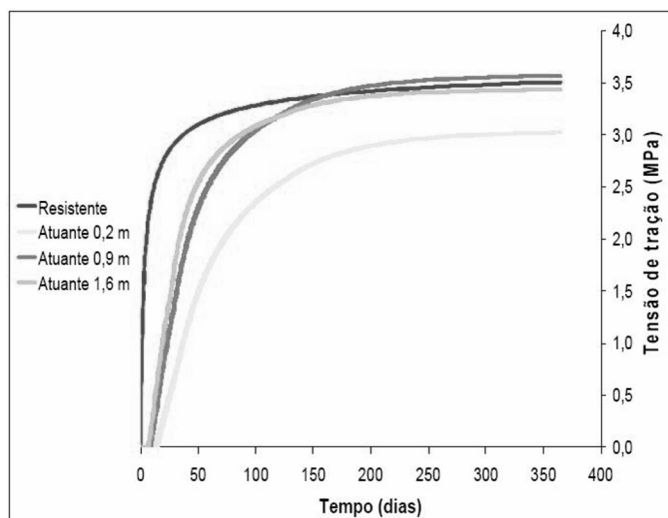
✓ Ao longo do bloco:

- Máxima na base; mínima no topo.

Introdução	Especificação	Concreto	Encomenda do concreto	Recebimento do concreto	Problemas & soluções
------------	---------------	----------	-----------------------	-------------------------	----------------------

62

**Caso 2: Calor de Hidratação em Blocos de Fundação  
(estudo para lançamento em 3 camadas)**



Introdução	Especificação	Concreto	Encomenda do concreto	Recebimento do concreto	Problemas & soluções
------------	---------------	----------	-----------------------	-------------------------	----------------------

63

**Caso 2: Calor de Hidratação em Blocos de Fundação**

Contrariando os estudos que indicavam 3 camadas, foi lançado em uma única camada.  
Resultado: fissurou e teve de ser injetado com resina epóxi.

Introdução	Especificação	Concreto	Encomenda do concreto	Recebimento do concreto	Problemas & soluções
------------	---------------	----------	-----------------------	-------------------------	----------------------

64





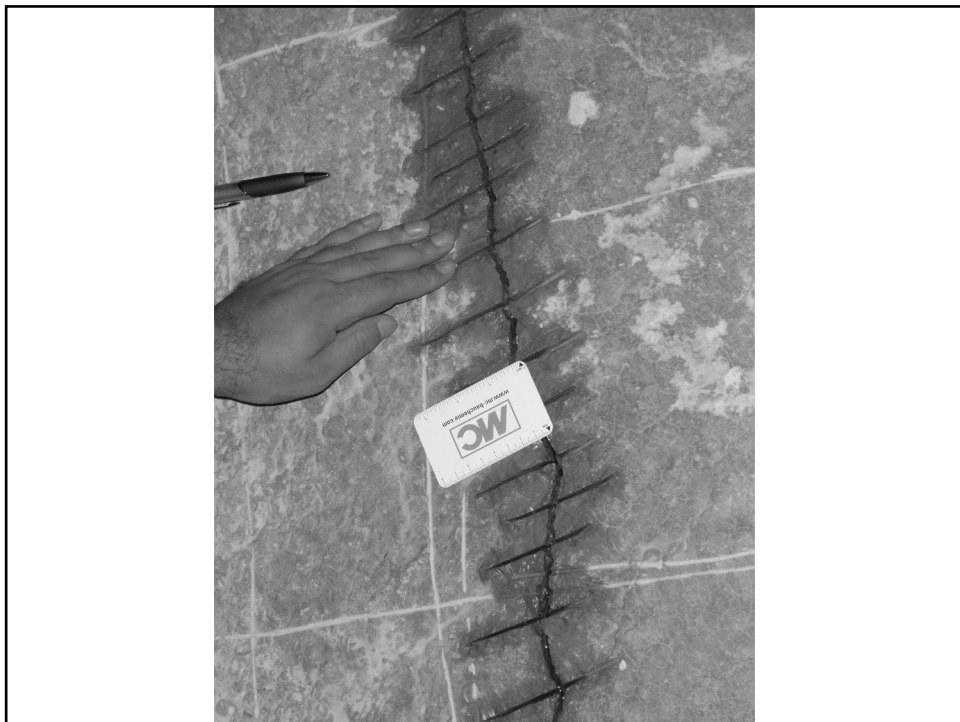
65



66



67



68



69

**ED. e-TOWER  
SÃO PAULO**

**Caso 3**

Adensamento  
eficiente do  
Concreto em  
Blocos de  
Fundação



70

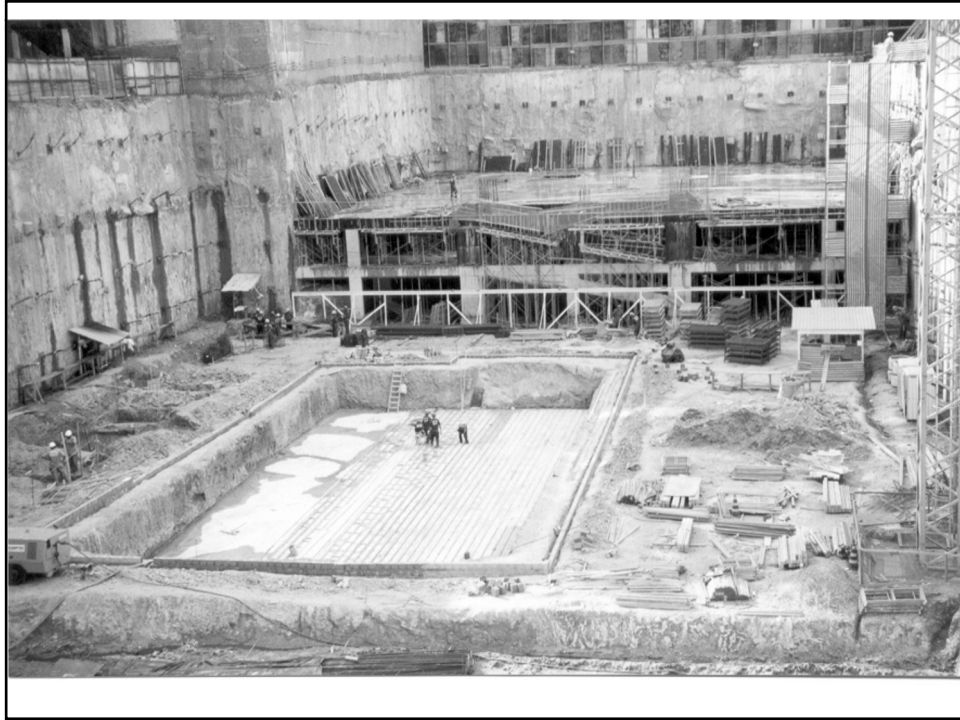
**e-TOWER SÃO PAULO**

- . 162 m de altura.
- . 52.000 m<sup>2</sup> de área construída
- . 42 pavimentos (04 subsolos)
- . 800 vagas de garagem
- . 03 restaurantes
- . Academia de ginástica (19º andar)
- . Piscina semi-olímpica (37º andar)

71

**Características da sapata:**  
**14,60m x 26,90 m x 3,5m**

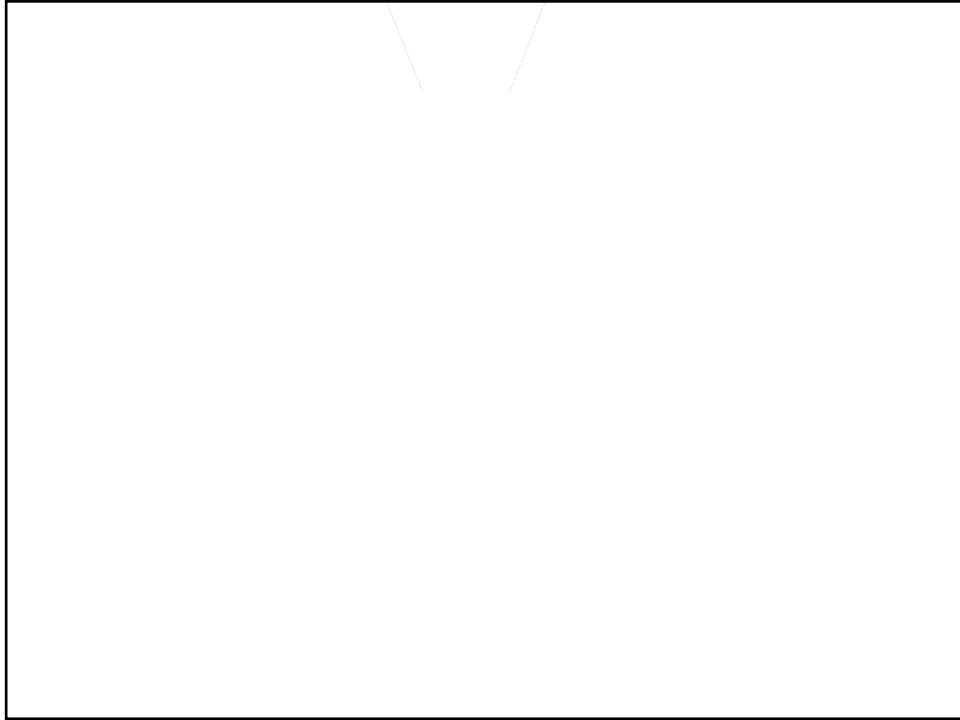
72



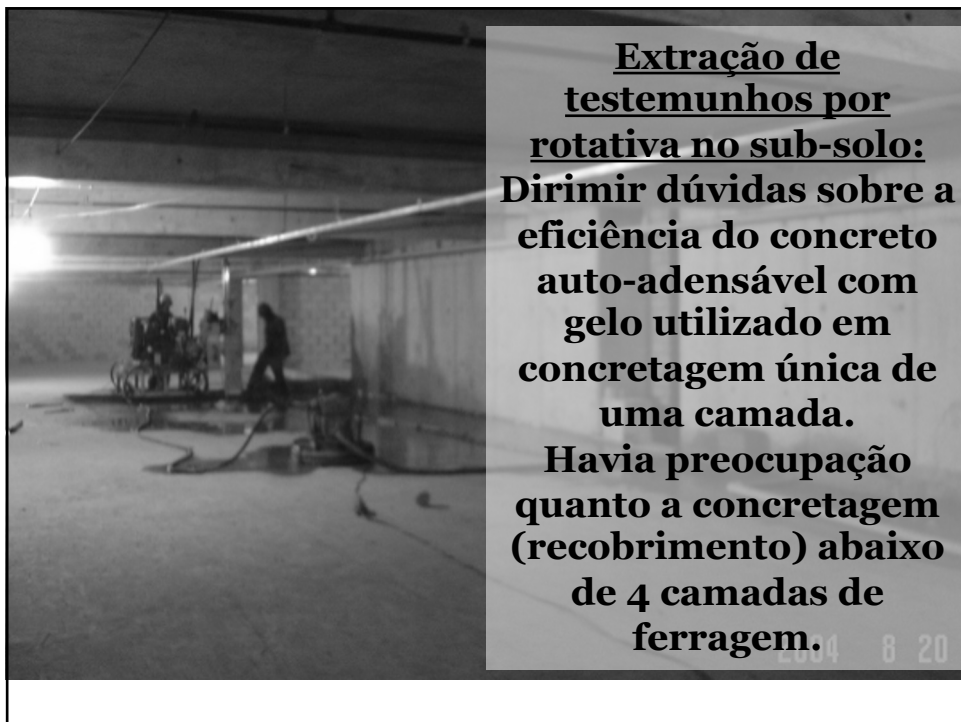
73



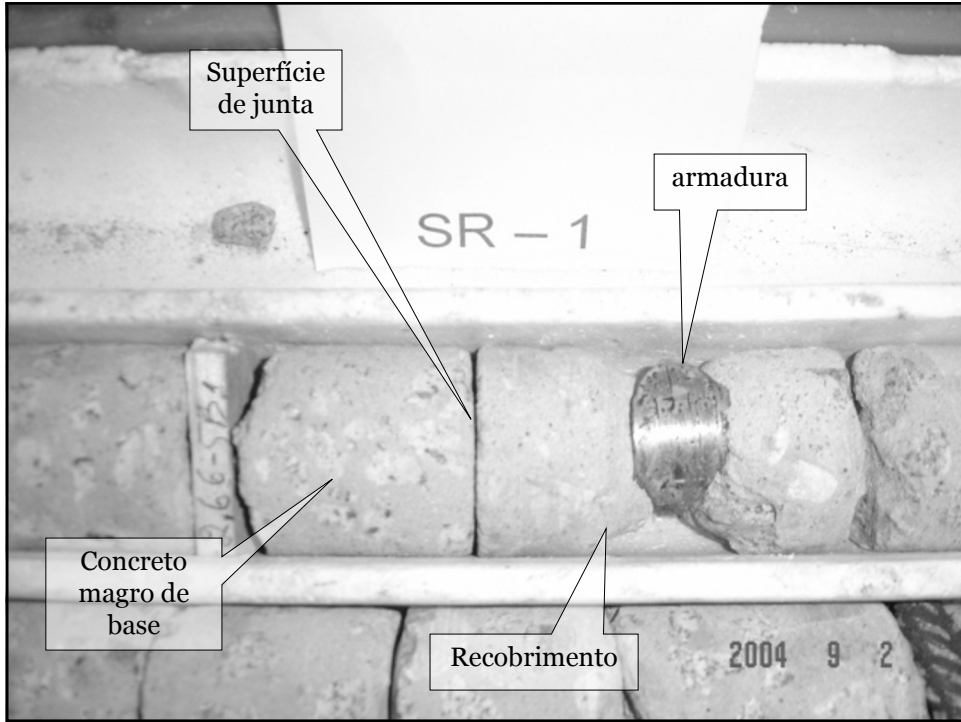
74



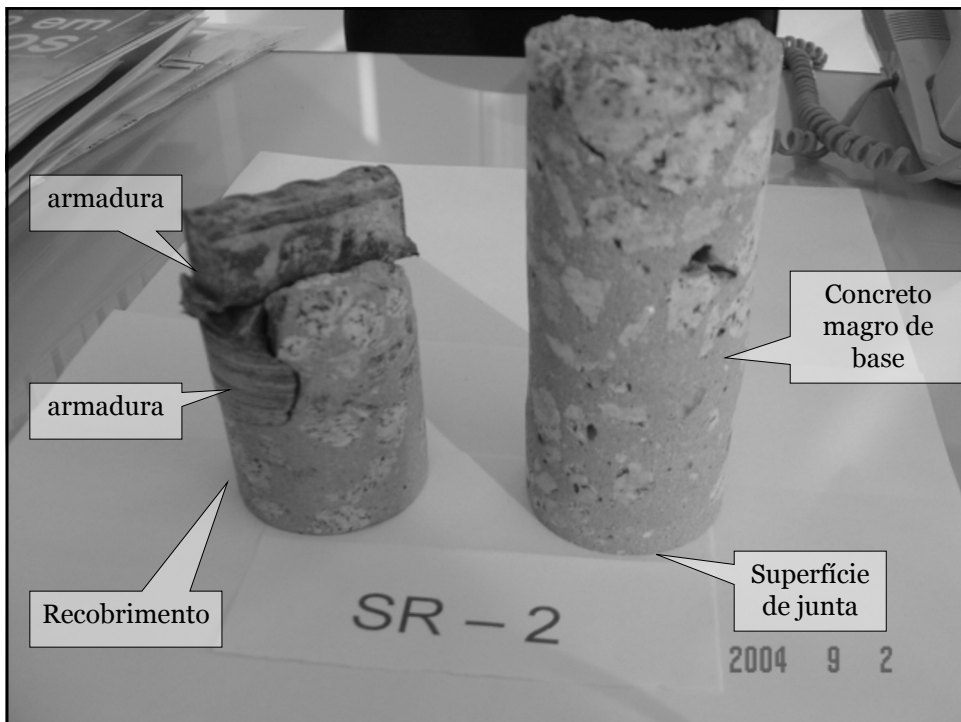
75



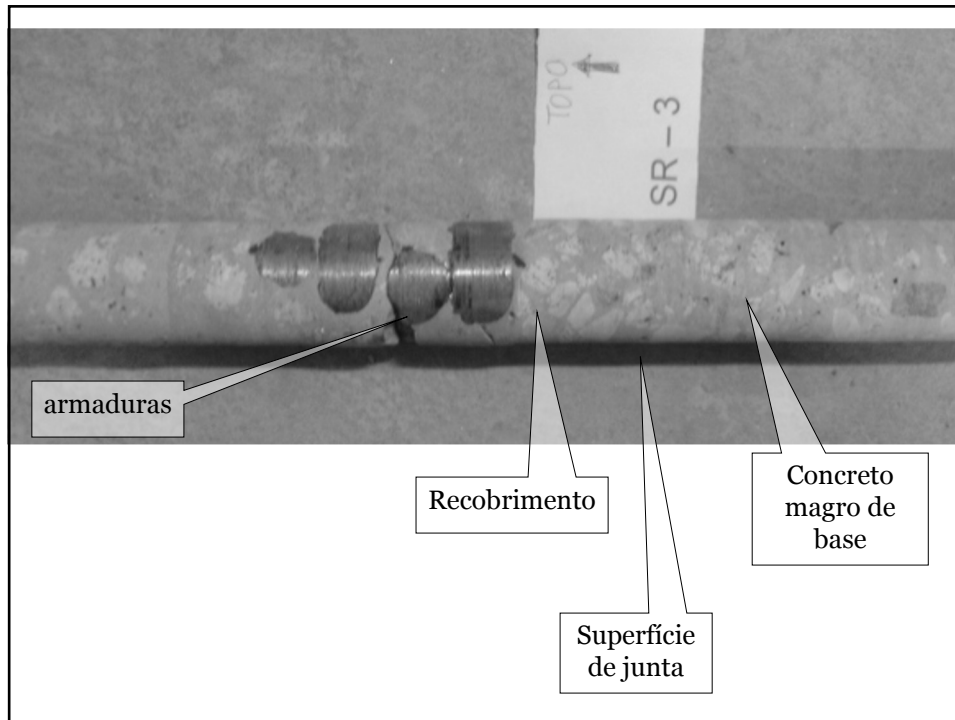
76



77



78



79

### Conclusão:

Concreto auto-adensável, com gelo e lançado de forma adequada, consegue preencher perfeitamente os interstícios da armadura e também o cobrimento junto ao lastro, sob densa armação de fundo da “gaiola”.

80



## Caso 4

# “Estacas tipo Franki”

*Emprego de concreto  
inadequado, dosado no  
canteiro*

Introdução

Especificação

Concreto

Encomenda do  
concreto

Recebimento do  
concreto

Problemas &  
soluções

81

## Problemas relatados

- ❖ 249 estacas com 40cm para 79tf,
- ❖ 150 com 52cm para 135tf;
- ❖ 42 com 60cm para 176tf;
- ❖ brocas visíveis por ocasião do arrasamento;
- ❖ fuste muito homogêneo sem apresentar “engordamentos”;
- ❖ armaduras expostas;
- ❖ concreto de baixa resistência.

Introdução

Especificação

Concreto

Encomenda do  
concreto

Recebimento do  
concreto

Problemas &  
soluções

82

## Estaca tipo FRANKI

▪ Traços utilizados:

Fuste	Base
1 saco de 50kg de CP I 32	1 saco de 50kg de CP I 32
90 L de areia média lavada	90 L de areia média lavada
80 L de pedra 1	<i>nihil</i> L pedra 1
60 L de pedra 2	140 L pedra 2
a/c = 0,45	a/c = 0,25 (?)
$f_{ck} = 20\text{MPa}$ (???)	$f_{ck} = 20\text{MPa}$ (???)
slump = zero	slump = zero

Introdução

Especificação

Concreto

Encomenda do  
concreto

Recebimento do  
concreto

Problemas &  
soluções

83

## Providências tomadas e relatadas

- ❖ escavados 2m em todas as estacas;
- ❖ ensaio PIT;
- ❖ ensaio esclerométrico.



Introdução

Especificação

Concreto

Encomenda do  
concreto

Recebimento do  
concreto

Problemas &  
soluções

84

## Realizados

1. Vistoria local;
  - excentricidade
  - falta de integridade
  - evidências de traço inadequado
2. Entrevistas;
  - muitas dúvidas
  - opiniões controversas
  - empresa justificou:
    - concreto muito seco (sol e masseira?)
    - excesso de altura da coluna de concreto no tubo
    - inadequado adensamento
    - sobras de concreto na cabeça da estaca

Introdução	Especificação	Concreto	Encomenda do concreto	Recebimento do concreto	Problemas & soluções
------------	---------------	----------	-----------------------	-------------------------	----------------------

85

## Extração de testemunhos

- evidências de mistura inadequada;
- 82 cps de 10cm de diâmetro;
- 6,2MPa a 52,7MPa;
- média de 16,4MPa (???)

Introdução	Especificação	Concreto	Encomenda do concreto	Recebimento do concreto	Problemas & soluções
------------	---------------	----------	-----------------------	-------------------------	----------------------

86

<b>Estaca tipo FRANKI</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>Análise dos traços utilizados:</li> </ul>					
Fuste (especificado)		Corresponde a			
1 saco de 50kg de CP I 32		265 kg/m <sup>3</sup>			
90 L de areia média lavada		740 kg/m <sup>3</sup> (477L)			
80 L de pedra 1		678 kg/m <sup>3</sup> (423L)			
60 L de pedra 2		515 kg/m <sup>3</sup> (320L)			
a/c = 0,45		$\alpha = 45\%$ 120 kg/m <sup>3</sup>			
$f_{ck} = 20\text{MPa}$		$f_{ck} > 35\text{MPa}$			
slump = zero		slump = zero			
<b><i>traço inexecuível...</i></b>					
Introdução	Especificação	Concreto	Encomenda do concreto	Recebimento do concreto	Problemas & soluções

87

<b>Estaca tipo FRANKI</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>Análise dos traços utilizados:</li> </ul>					
Corresponde a		Base (especificado)			
268 kg/m <sup>3</sup>		1 saco de 50kg de CP I 32			
740 kg/m <sup>3</sup> (477L)		90 L de areia média lavada			
0 kg/m <sup>3</sup> (0L)		<i>nihil</i> L pedra 1			
1.202 kg/m <sup>3</sup> (742L)		140 L pedra 2			
$\alpha = 45\%$ 67 kg/m <sup>3</sup>		a/c = 0,25			
$f_{ck} = 85\text{MPa}$		$f_{ck} = 20\text{MPa}$ (???)			
slump = zero		slump = zero			
<b><i>traço inexecuível...</i></b>					
Introdução	Especificação	Concreto	Encomenda do concreto	Recebimento do concreto	Problemas & soluções

88



89