



"do Laboratório de Pesquisa ao Canteiro de Obras"

Paulo Helene

*Diretor PhD Engenharia
Conselheiro Permanente IBRACON
Prof. Titular Universidade de São Paulo
Presidente de Honra ALCONPAT Internacional
Member fib(CEB-FIP) Model Code for Service Life Design*

Votorantim

01 de setembro de 2016

Porto Alegre / RS

1

Intervenientes



**projetista
estrutural**



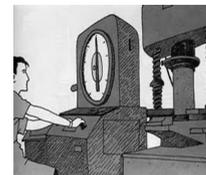
**fornecedor
do material**



**construtora
(execução)**



**tecnologista
(consultor)**



**laboratório
(controle)**

**atribuição de incumbências
ABNT NBR 12655:2015**

2

- **Projeto**
- **Central de concreto**
- **Dosagem**
- **Insumos (materiais)**
- **Carta de traço**
- **Controle de recebimento**
- **Controle de aceitação**
- **Laboratórios de controle**
- **Execução**
- **Não conformidades**

3

- **Projeto**
- **Central de concreto**
- **Dosagem**
- **Insumos (materiais)**
- **Carta de traço**
- **Controle de recebimento**
- **Controle de aceitação**
- **Laboratórios de controle**
- **Execução**
- **Não conformidades**

4

PROJETO

ABNT NBR 6118:2014
*“Projeto de estruturas de concreto –
Procedimento”*

ABNT NBR 12655:2015
*“Concreto de cimento Portland - Preparo,
controle, recebimento e aceitação -
Procedimento”*

ABNT NBR 15575-1:2013
*“Edificações habitacionais – Desempenho
Parte 1: Requisitos gerais”*

5

ABNT NBR 12655:2015

4. ATRIBUIÇÕES DE INCUMBÊNCIAS

✓ Profissional responsável pelo projeto estrutural

Cabem a este profissional as seguintes responsabilidades, a serem explicitadas nos contratos e em todos os desenhos e memórias que descrevem o projeto tecnicamente, com remissão explícita para determinado desenho ou folha da memória:

- registro da resistência característica à compressão do concreto, f_{ck} , obrigatório em todos os desenhos e memórias que descrevem o projeto tecnicamente;*
- especificação de f_{ckj} para as etapas construtivas, como retirada de cimbramento, aplicação de protensão ou manuseio de pré-moldados;*
- especificação dos requisitos correspondentes à durabilidade da estrutura e elementos pré-moldados, durante sua vida útil, inclusive a classe de agressividade adotada em projeto (Tabela 1 e 2);*
- especificação dos requisitos correspondentes às **propriedades especiais** do concreto, durante a fase construtiva e vida útil da estrutura.*

6

Propriedades especiais do concreto

- *módulo de elasticidade (E_c);*
- *massa específica;*
- *absorção de água;*
- *teor de ar;*
- *porosidade;*
- *resistência à abrasão;*
- *dureza superficial;*
- *consistência;*
- *tempo de pega inicial e final;*
- *outras, relacionadas à durabilidade ou ao comportamento mecânico do material.*

7

ABNT NBR 6118:2014 e ABNT NBR 12655:2015

Tabela 1 – Classes de agressividade ambiental

| Classe de agressividade ambiental | Agressividade | Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto | Risco de deterioração da estrutura |
|-----------------------------------|---------------|--|------------------------------------|
| I | Fraca | Rural | Insignificante |
| | | Submersa | |
| II | Moderada | Urbana ^{a, b} | Pequeno |
| III | Forte | Marinha ^a | Grande |
| | | Industrial ^{a, b} | |
| IV | Muito forte | Industrial ^{a, c} | Elevado |
| | | Respingos de maré | |

^a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

^b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos, ou regiões onde chove raramente.

^c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes e indústrias químicas.

8

ABNT NBR 6118:2014 e ABNT NBR 12655:2015

Tabela 2 – Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto

| Concreto | Tipo | Classe de agressividade | | | |
|--|---------|-------------------------|--------|--------|--------|
| | | I | II | III | IV |
| Relação água/cimento em massa | CA | ≤ 0,65 | ≤ 0,60 | ≤ 0,55 | ≤ 0,45 |
| | CP | ≤ 0,60 | ≤ 0,55 | ≤ 0,50 | ≤ 0,45 |
| Classe de concreto (ABNT NBR 8953) | CA | ≥ C20 | ≥ C25 | ≥ C30 | ≥ C40 |
| | CP | ≥ C25 | ≥ C30 | ≥ C35 | ≥ C40 |
| Consumo de cimento Portland por metro cúbico de concreto kg/m ³ | CA e CP | ≥ 260 | ≥ 280 | ≥ 320 | ≥ 360 |
| CA Componentes e elementos estruturais de concreto armado. | | | | | |
| CP Componentes e elementos estruturais de concreto protendido. | | | | | |

9

ABNT NBR 6118:2014

Tabela 7.2 – Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para $\Delta c = 10$ mm

| Tipo de estrutura | Componente ou elemento | Classe de agressividade ambiental (Tabela 6.1) | | | |
|----------------------------------|--|--|----|-----|-----------------|
| | | I | II | III | IV ^c |
| | | Cobrimento nominal mm | | | |
| Concreto armado | Laje ^b | 20 | 25 | 35 | 45 |
| | Viga/pilar | 25 | 30 | 40 | 50 |
| | Elementos estruturais em contato com o solo ^d | 30 | | 40 | 50 |
| Concreto protendido ^a | Laje | 25 | 30 | 40 | 50 |
| | Viga/pilar | 30 | 35 | 45 | 55 |

^a Cobrimento nominal da bainha ou dos fios, cabos e cordoalhas. O cobrimento da armadura passiva deve respeitar os cobrimentos para concreto armado.

^b Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento, como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros, as exigências desta Tabela podem ser substituídas pelas de 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal ≥ 15 mm.

^c Nas superfícies expostas a ambientes agressivos, como reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, devem ser atendidos os cobrimentos da classe de agressividade IV.

^d No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal ≥ 45 mm.

Para concretos de classe de resistência superior ao mínimo exigido, os cobrimentos definidos na Tabela 7.2 podem ser reduzidos em até 5 mm.

10

ABNT NBR 15575-1:2013 ***“descreve responsabilidades”***

5. INCUMBÊNCIAS DOS INTERVENIENTES

✓ *Projetista:*

- estabelecer a Vida Útil de Projeto (VUP);
- especificar materiais, produtos e processos que atendam o desempenho mínimo estabelecido;
- solicitar informações ao fabricante para balizar as decisões de especificação quando não existirem normas específicas;
- inserir nos projetos ou memoriais de cálculo a consideração de VUPs maiores que os mínimos estabelecidos nesta norma.

11

- **Projeto**
- **Central de concreto**
- **Dosagem**
- **Insumos (materiais)**
- **Carta de traço**
- **Controle de recebimento**
- **Controle de aceitação**
- **Laboratórios de controle**
- **Execução**
- **Não conformidades**

12

CENTRAL DE CONCRETO

ABNT NBR 7212:2012

*“Execução de concreto dosado em central –
Procedimento”*

13

ABNT NBR 12655:2015

4. ATRIBUIÇÕES DE INCUMBÊNCIAS

✓ Concreto preparado por empresa de serviços de concretagem:

A empresa de serviços de concretagem deve assumir a responsabilidade pelo serviço e cumprir as prescrições relativas às etapas de preparo de concreto, bem como as disposições desta Norma e da ABNT NBR 7212.

14

ABNT NBR 15575-1:2013 **“descreve responsabilidades”**

5. INCUMBÊNCIAS DOS INTERVENIENTES

✓ **Fornecedor de insumo, material, componente e/ou sistema:**

- caracterizar o desempenho de sistemas de acordo com esta norma;
- fornecer resultados comprobatórios do desempenho de seus produtos, com base nesta Norma ou em Normas específicas internacionais ou estrangeiras.

15

ABNT NBR 7212:2012

4. REQUISITOS GERAIS

4.1 Armazenamento dos materiais componentes do concreto

O armazenamento deve ser feito em locais ou recipientes apropriados, de modo a não permitir a contaminação por elementos indesejáveis, evitando a alteração ou a mistura de componentes com características e de procedências diferentes.

4.2 Calibração dos equipamentos

As balanças devem atender à portaria vigente do Inmetro, para classe 3. Os dosadores volumétricos de água e aditivos devem ser calibrados periodicamente, de forma a assegurar que a diferença entre o volume nominal e o registrado seja igual ou inferior a 2% do primeiro.

Devem ser executadas calibrações frequentes:

- centrais com células de carga: no máximo a cada 6 meses;
- centrais com transmissão mecânica: no máximo a cada 3 meses;
- em obras especiais (barragens, pontes e túneis): em função do volume de concreto preparado.

16

ABNT NBR 7212:2012

4. REQUISITOS GERAIS

4.3 Dosagem dos materiais componentes do concreto

Os desvios tolerados para as dosagens dos materiais componentes do concreto são devidos somente a variações de pesagem intrínsecas à operação.

- **agregados** → 3% da massa ou 1% da capacidade da balança (adotar o menor valor)
- **cimento** → 1% da capacidade da balança (dosagens iguais ou superiores a 30% da capacidade da balança) ou 4% do valor nominal da massa (dosagens inferiores a 30% da capacidade da balança)
- **água** → 3% do valor nominal da massa ou volume. Essa quantidade compreende, além da água adicionada, a devida à umidade dos agregados, a utilizada para dissolução dos aditivos e a adicionada sob a forma de gelo.
- **aditivos** → 5% da quantidade nominal da massa (dosagens inferiores a 30% da capacidade da balança)
- **outros materiais** → de acordo com as tolerâncias do fornecedor

17

Exemplo

$$f_{ck} = 20\text{MPa}$$

$$\text{Cimento} = 280 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Areia} = 845 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Brita} = 1036 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Água} = 210 \text{ L/m}^3$$

$$\mu = 3\% \text{ e } 5\%$$

$$\mu = 3\%$$

$$845 \times 0,03 = 25,35\text{L}$$

$$\frac{25,35}{210} \times 100 = \mathbf{12\%}$$

$$\mu = 5\%$$

$$845 \times 0,05 = 42,25\text{L}$$

$$\frac{42,25}{210} \times 100 = \mathbf{20\%}$$

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

$$\text{Cimento} = 480 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Areia} = 801 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Brita} = 1010 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Água} = 160 \text{ L/m}^3$$

$$\mu = 3\% \text{ e } 5\%$$

$$\mu = 3\%$$

$$801 \times 0,03 = 24,03\text{L}$$

$$\frac{24,03}{160} \times 100 = \mathbf{15\%}$$

$$\mu = 5\%$$

$$801 \times 0,05 = 40,05\text{L}$$

$$\frac{40,05}{160} \times 100 = \mathbf{25\%}$$

18

ABNT NBR 7212:2012

4. REQUISITOS GERAIS

4.4 Mistura

O volume de concreto não pode exceder a capacidade nominal de mistura do equipamento, conforme especificação do fabricante.

Os equipamentos devem ser verificados quanto ao desgaste das pás, estanqueidade do misturador, velocidade e tempo de mistura e aderência limpeza do misturador, a fim de assegurar a eficiência necessária da mistura.

Devem ser obedecidas as especificações dos equipamentos no que diz respeito ao tempo de mistura, velocidade, número de rotações e capacidade volumétrica.

4.4.4 Adição suplementar de água

Antes do início da descarga ao verificar que o concreto apresenta abatimento dentro da classe de consistência especificada, não se admite adição suplementar de água.

*Qualquer adição de água exigida pela contratante **exime** a empresa de serviços de concretagem de qualquer responsabilidade quanto às características do concreto constantes no pedido.*

19

ABNT NBR 7212:2012

4. REQUISITOS GERAIS

4.5 Transporte e lançamento do concreto

4.5.2 Período de tempo para o transporte

O tempo de transporte do concreto decorrido entre o início da mistura, a partir da primeira adição de água, até a entrega do concreto deve ser:[...]

b) inferior a 90min, no caso do emprego de caminhão betoneira; [...]

4.5.3 Período de tempo para as operações de lançamento e adensamento do concreto

O lançamento e adensamento do concreto devem ser:[...]

b) realizados em tempo inferior a 150min, contado a partir da primeira adição de água, no caso de emprego de caminhão betoneira. Decorridos 150min contados a partir da primeira adição de água, fica a empresa prestadora de serviços de concretagem eximida de responsabilidade do concreto aplicado. [...]

*Se esses prazos não foram atendidos, **cabe à contratante recusar o recebimento.***

20



Empresa de Serviços de Concretagem

21



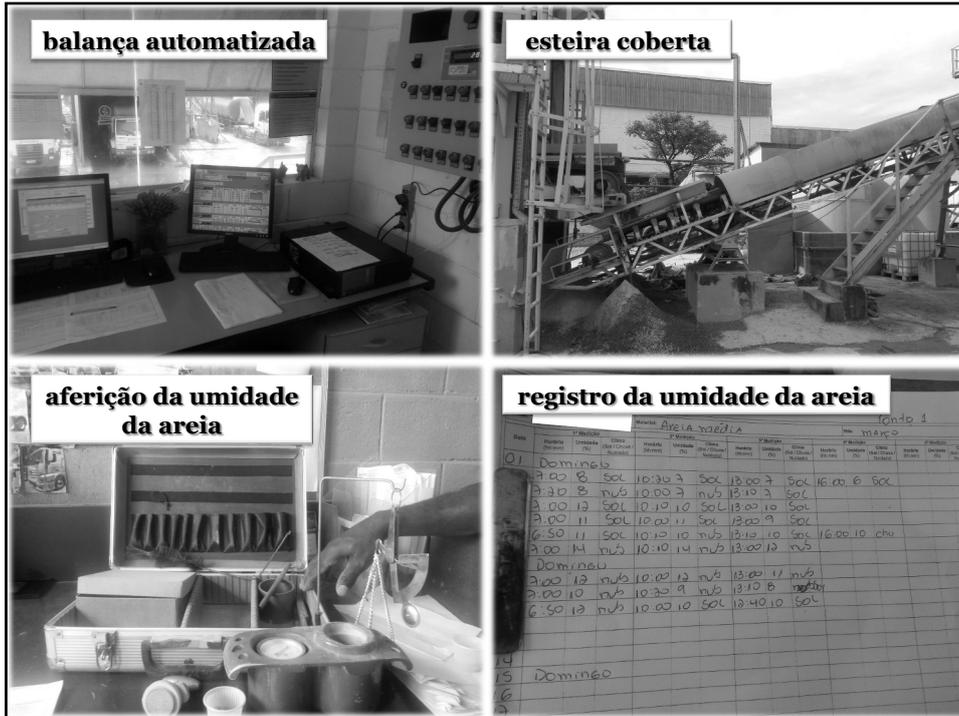
baias de armazenamento

sistema de irrigação do agregado graúdo

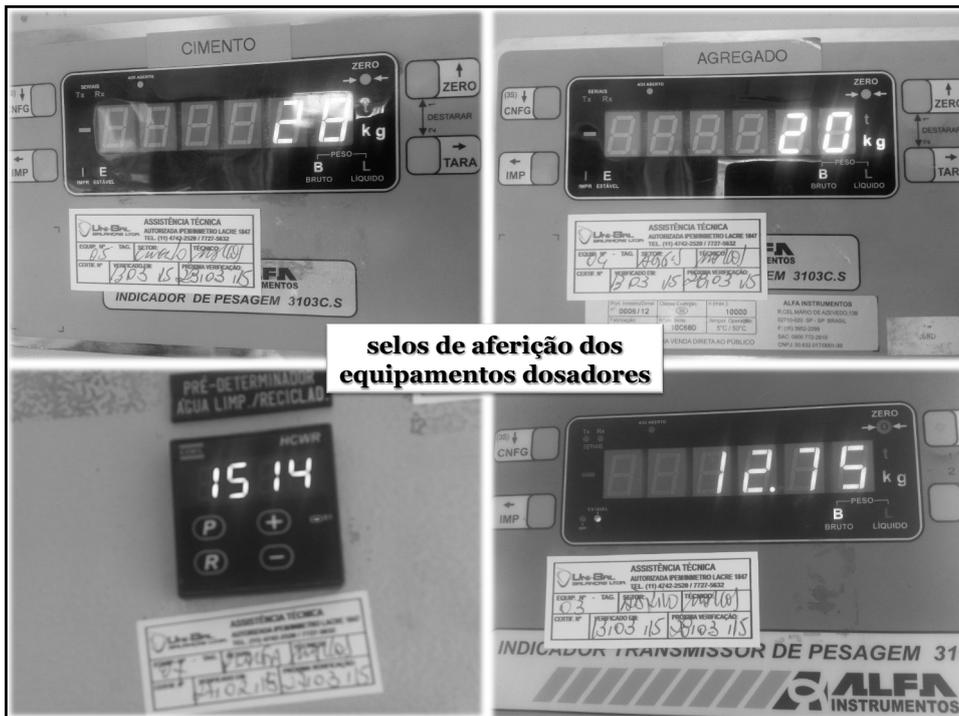
concha da pá carregadeira

estoque de amostras penhor

22

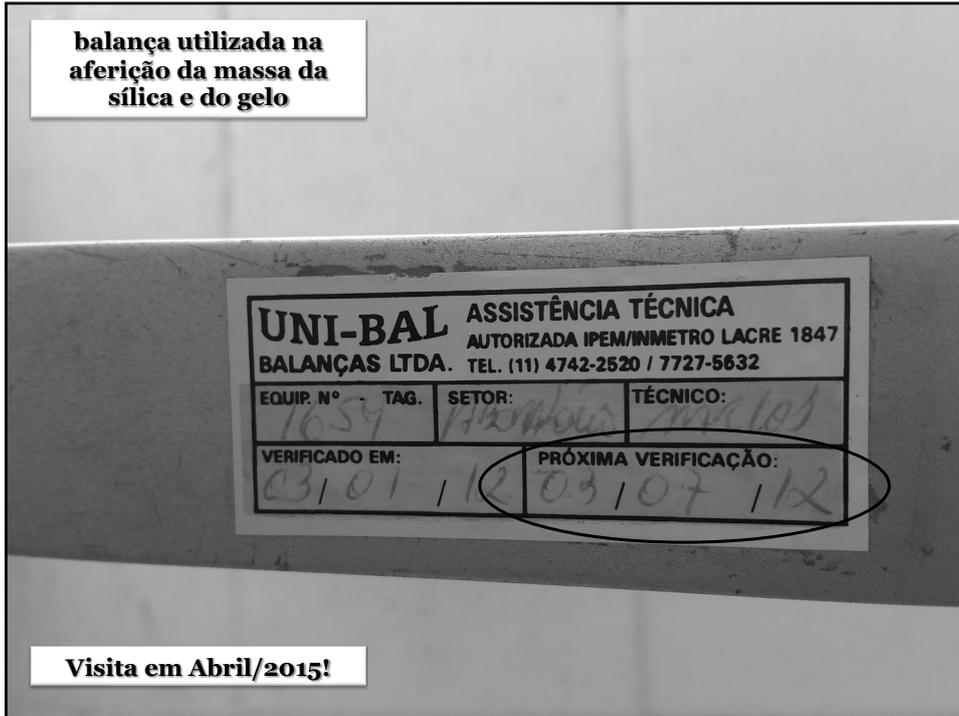


23



24

**balança utilizada na
aferição da massa da
sílica e do gelo**



Visita em Abril/2015!

25

**limpeza do balão do
caminhão betoneira**



26



27



28



29



30



31

- **Projeto**
- **Central de concreto**
- **Dosagem**
- **Insumos (materiais)**
- **Carta de traço**
- **Controle de recebimento**
- **Controle de aceitação**
- **Laboratórios de controle**
- **Execução**
- **Não conformidades**

32

DOSAGEM

ABNT NBR 12655:2015
*“Concreto de cimento Portland - Preparo,
controle, recebimento e aceitação -
Procedimento”*

33

ABNT NBR 6118:2014 f_{ck}

ABNT NBR 12655:2015 $f_{ck,est}$

referencial de segurança
 f_{ck}

34

Estudo de dosagem do concreto

Racional e experimental:

- ✓ Concreto de classe C20 ou superior (ABNT NBR 8953:2015);
- ✓ Estudo realizado com antecedência e com os mesmos materiais e condições semelhantes àquelas da obra;
- ✓ Refazer o estudo de dosagem no caso de mudança da marca, tipo ou classe do cimento, procedência e qualidade dos agregados e demais materiais;
- ✓ Concreto autoadensável (CAA): ABNT NBR 15823:2010.

Dosagem empírica:

- ✓ Concreto de classes C10 e C15;
- ✓ Consumo mínimo de cimento: 300kg/m³.

35

Estudo de dosagem experimental do concreto



HELENE, Paulo & TERZIAN, Paulo. *Manual de Dosagem e Controle do Concreto*. São Paulo, PINI / SENAI, 1993. 189p. Método IBRACON



36

Estudo de dosagem do concreto

A resistência de dosagem deve atender às condições de variabilidade durante a construção, que é medida pelo desvio-padrão, e levada em conta no cálculo da resistência de dosagem, segundo a equação:

$$f_{cm,j} = f_{ck,j} + 1,65 \times s_{dj} \longrightarrow \text{dependente da condição de preparo}$$

onde

$f_{cm,j}$ é a resistência média do concreto à compressão, prevista para a idade de j dias, expressa em megapascals (MPa);

$f_{ck,j}$ é a resistência característica do concreto à compressão, prevista para a idade de j dias, expressa em megapascals (MPa);

s_{dj} é o desvio-padrão da dosagem, prevista para a idade de j dias, expressa em megapascals (MPa);

37

Condições de preparo do concreto

| Condição de preparo | Classe do concreto | Cimento | Agregados | Água | Correção da água em função da umidade dos agregados |
|---------------------|--------------------|---------|-----------|-----------------|---|
| A | todas | massa | massa | massa ou volume | sim |
| B | C10 a C20 | massa | volume | volume | sim |
| C | C10 e C15 | massa | volume | volume | estimada |

38

Desvio padrão

Concreto com desvio-padrão conhecido:

- ✓ Deve ser fixado com no mínimo 20 resultados consecutivos obtidos no intervalo de 30 dias;
- ✓ Em nenhum caso, o valor de s_d adotado pode ser menor que 2MPa.

Concreto com desvio-padrão desconhecido:

Tabela 6 – Desvio-padrão a ser adotado em função da condição de preparo do concreto

| Condição de preparo do concreto | Desvio-padrão MPa |
|---------------------------------|-------------------|
| A | 4,0 |
| B | 5,5 |
| C | 7,0 |

39

Ajuste e comprovação do traço

- ✓ Antes do início da concretagem, deve-se preparar uma amassada de concreto para comprovação e eventual ajuste do traço definido no estudo de dosagem.



**evento
protótipo**

40

Exemplo - obtenção de $f_{cm,j}$

condição de preparo: A

| Para um f_{ck} de: | $f_{cm,j} = f_{ck,j} + 1,65 \times s_{d,j}$ | CV |
|----------------------|---|-----|
| 20 MPa → | $f_{cm,j} = 20 + 1,65 \times 4 = 26,6$ MPa | 15% |
| 30 MPa → | $f_{cm,j} = 30 + 1,65 \times 4 = 36,6$ MPa | 10% |
| 50 MPa → | $f_{cm,j} = 50 + 1,65 \times 4 = 56,6$ MPa | 7% |

41

- Projeto
- Central de concreto
- Dosagem
- **Insumos (materiais)**
- Carta de traço
- Controle de recebimento
- Controle de aceitação
- Laboratórios de controle
- Execução
- Não conformidades

42

INSUMOS (MATERIAIS)

ABNT NBR 12655:2015
*“Concreto de cimento Portland - Preparo,
controle, recebimento e aceitação -
Procedimento”*

43

Requisitos dos materiais componentes



44

ABNT NBR 12655:2015

5.1.1 REQUISITOS PARA OS MATERIAIS COMPONENTES DO CONCRETO

➤ **Cimento Portland**

Conforme seu tipo e classe, deve cumprir com os requisitos das: ABNT NBR 5732, ANBT NBR 5733, ABNT NBR 5735, ABNT NBR 5736, ABNT NBR 5737, ABNT NBR 11578, ABNT NBR 12989 ou ABNT NBR 13116.

➤ **Agregados**

Devem cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 7211.

➤ **Reatividade com álcalis**

Devem ser obedecidos os requisitos da ABNT NBR 15577-1.

➤ **Água**

Deve atender os requisitos da ABNT NBR 15900-1.

➤ **Aditivos**

Devem cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 11768.

➤ **Sílica ativa**

Deve atender os requisitos da ABNT NBR 13956-1.

➤ **Metacaulim**

Deve atender os requisitos da ABNT NBR 15894-1.

➤ **Outros materiais pozolânicos**

Deve atender os requisitos da ABNT NBR 12653.

45



RAA: ABNT NBR 15577:2008

46

| Documentos e ensaios | |
|---|---|
| Cimento | Nota fiscal ou comprovante que ateste a procedência e marca |
| | Informações da classe |
| | Ensaio de resistência mecânica à compressão aos 28 dias |
| | Ensaio pertinentes dependendo do tipo de cimento |
| Agregados miúdos | Atestado sobre origem regulamentada, através de Decreto de Lavra que comprove que a areia é procedente e foi extraída de local que cumpre as exigências legais relacionadas ao ambiente |
| | Curva granulométrica |
| | Massa específica |
| | Massa unitária |
| | Determinação de torrões de argila e materiais friáveis |
| | Determinação de impurezas orgânicas |
| | Determinação de material pulverulento |
| Agregados graúdos | Atestado sobre origem regulamentada, através de Decreto de Lavra que comprove que a brita é procedente e foi extraída de local que cumpre as exigências legais relacionadas ao ambiente |
| | Curva granulométrica |
| | Massa específica |
| | Massa unitária |
| | Determinação de torrões de argila e materiais friáveis |
| | Determinação de material pulverulento |
| | Determinação de reatividade álcali-agregado (RAA) |
| Certificado de Análise do aditivo | |
| Caracterização de água destinada a preparação do concreto | |

47

| |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ➤ Projeto ➤ Central de concreto ➤ Dosagem ➤ Insumos (materiais) ➤ Carta de traço ➤ Controle de recebimento ➤ Controle de aceitação ➤ Laboratórios de controle ➤ Execução ➤ Não conformidades |
|---|

48

CARTA DE TRAÇO

ABNT NBR 7212:2012
*“Execução de concreto dosado em central –
Procedimento”*

49

ABNT NBR 7212:2012

5.4 CARTA DE TRAÇO

A carta de traço deve conter:

- a) Data de elaboração da carta de traço;*
- b) Código de identificação do traço;*
- c) Especificações do concreto;*
- d) Materiais utilizados;*
- e) Fornecedores de insumos;*
- f) Quantidade em massa de cada componente;*
- g) Assinatura do responsável técnico*

50

Recomendações

A carta de traço submetida pela(s) empresa(s) fornecedora(s) de concreto à Construtora deverá descrever, no mínimo:

- o traço em massa seca de materiais por m³ de concreto adensado;
- a massa específica do concreto em kg/m³;
- os consumos de cimento por m³;
- o teor de argamassa seca;
- o D_{max} do agregado graúdo;
- a consistência do concreto fresco (*slump*) ou classe de espalhamento (se autoadensável);
- a classe de concreto (C20; C25; C30; C35; C40; C45 ou C50) de acordo com a ABNT NBR 8953:2015 “Concreto para fins estruturais - Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência”;
- o módulo de elasticidade secante ou tangente inicial do concreto em GPa (ideal secante);
- o consumo de água por m³;
- a relação água/materiais cimentícios (quando for o caso);
- o consumo de materiais cimentícios (quando for o caso) por m³;
- a classe de agressividade à qual esse concreto atende;
- outras características e propriedades requeridas do concreto para casos específicos, como uso de gelo, pigmentos, impermeabilizantes por cristalização integral ou fibras sintéticas especiais.

51

ABNT NBR 8953:2015

Tabela 2 – Classes de consistência

| Classe | Abatimento mm | Aplicações típicas |
|--------|--------------------|---|
| S10 | $10 \leq A < 50$ | Concreto extrusado, vibroprensado ou centrifugado |
| S50 | $50 \leq A < 100$ | Alguns tipos de pavimentos e de elementos de fundações |
| S100 | $100 \leq A < 160$ | Elementos estruturais, com lançamento convencional do concreto |
| S160 | $160 \leq A < 220$ | Elementos estruturais com lançamento bombeado do concreto |
| S220 | ≥ 220 | Elementos estruturais esbeltos ou com alta densidade de armaduras |

NOTA 1 De comum acordo entre as partes, podem ser criadas classes especiais de consistência, explicitando a respectiva faixa de variação do abatimento.

NOTA 2 Os exemplos desta Tabela são ilustrativos e não abrangem todos os tipos de aplicações.

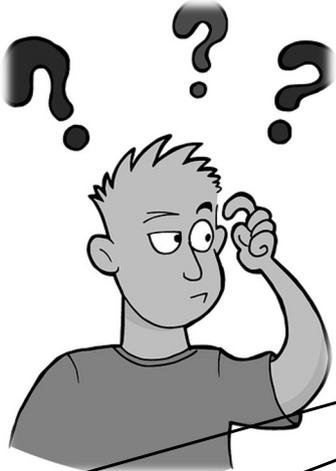
52

ABNT NBR 15823-1:2010

Tabela A.1 — Classes de espalhamento do CAA em função de sua aplicação

| Classe de espalhamento | Espalhamento mm | Aplicação | Exemplo |
|------------------------|-----------------|--|---|
| SF 1 | 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 Concreto auto-adensável bombeado Estruturas que exigem uma curta distância de espalhamento horizontal do concreto auto-adensável | Lajes Revestimento de túneis Estacas e certas fundações profundas |
| SF 2 | 660 a 750 | Adequada para a maioria das aplicações correntes | Paredes, vigas, pilares e outras |
| SF 3 | 760 a 850 | Estruturas com alta densidade de armadura e/ou de forma arquitetônica complexa, com o uso de concreto com agregado graúdo de pequenas dimensões (menor que 12,5 mm) | Pilares-parede Paredes-diafragma Pilares |

53



Campinas, 26 de Novembro de 2014.

| 6054516 | | FCX 50 MPa BR 1 ABAT 10+2 | |
|----------|---------------------------|---------------------------|----|
| MATERIAL | TIPO MCC | QDE | UN |
| 3005513 | ADITIVO POLIFUNCIONAL | 4,286 | Kg |
| 3005733 | AGUA | 200 | Kg |
| 4254803 | PEDRISCO MISTO | 159 | Kg |
| 4254376 | AREIA MEDIA | 439 | Kg |
| 4345678 | BRITA 1 | 1150 | Kg |
| 4254293 | CIMENTO CP II E 40 GRANEL | 476 | Kg |

- Esta carta de traço tem validade de 60 dias.
- Os traços estão sujeitos a alteração sem aviso prévio, devendo manter as características técnicas previstas em contrato e não sua composição.

Estamos à disposição para quaisquer esclarecimentos que se façam necessários.
Atenciosamente,

- Esta carta de traço tem validade de 60 dias.
- Os traços estão sujeitos a alteração sem aviso prévio, devendo manter as características técnicas previstas em contrato e não sua composição.

54

- **Projeto**
- **Central de concreto**
- **Dosagem**
- **Insumos (materiais)**
- **Carta de traço**
- **Controle de recebimento**
- **Controle de aceitação**
- **Laboratórios de controle**
- **Execução**
- **Não conformidades**

55

CONTROLE DE RECEBIMENTO

ABNT NBR 12655:2015
*“Concreto de cimento Portland - Preparo,
controle, recebimento e aceitação -
Procedimento”*

56

Ensaio de controle de recebimento (consistência)

✓ **Conforme ABNT NBR NM 67:1998**

✓ **SCC (autoadensável): ABNT NBR
15823:2010;**

57



Cone de Abrams
Slump-test ou Abatimento

58



59



60



61



62



63



64



65

Outros requisitos

ASTM C94M → ACI 318-14 e ACI 301-10

Concrete delivered in cold weather shall have the Applicable minimum temperature indicated in the following table. (The purchaser shall inform the producer as to the type of construction for which the concrete is intended.)

Minimum Concrete Temperature as Placed

| Section size, mm [in.] | Temperature, min, °C [°F] |
|------------------------|---------------------------|
| <300 [12] | 13 [55] |
| 300-900 [12-36] | 10 [50] |
| 900-1800 [36-72] | 7 [45] |
| >1800 [>72] | 5 [40] |

The maximum temperature of concrete produced with heated aggregates, heated water, or both, shall at no time during its production or transportation exceed 90°F [32°C].

66

- **Projeto**
- **Central de concreto**
- **Dosagem**
- **Insumos (materiais)**
- **Carta de traço**
- **Controle de recebimento**
- **Controle de aceitação**
- **Laboratórios de controle**
- **Execução**
- **Não conformidades**

67

CONTROLE DE ACEITAÇÃO

ABNT NBR 12655:2015
*“Concreto de cimento Portland - Preparo,
controle, recebimento e aceitação -
Procedimento”*

68

Brasil: ABNT NBR 12655:2015

***Concreto de cimento Portland. Preparo,
controle, recebimento e aceitação***

Europa: Eurocode II

***EN 206-1:2013 Concrete: Specification,
performance, production and conformity***

USA: ACI 318-14

**Building Code Requirements for Structural
Concrete**

***Chapter 26. Construction Documents
and Inspection.***

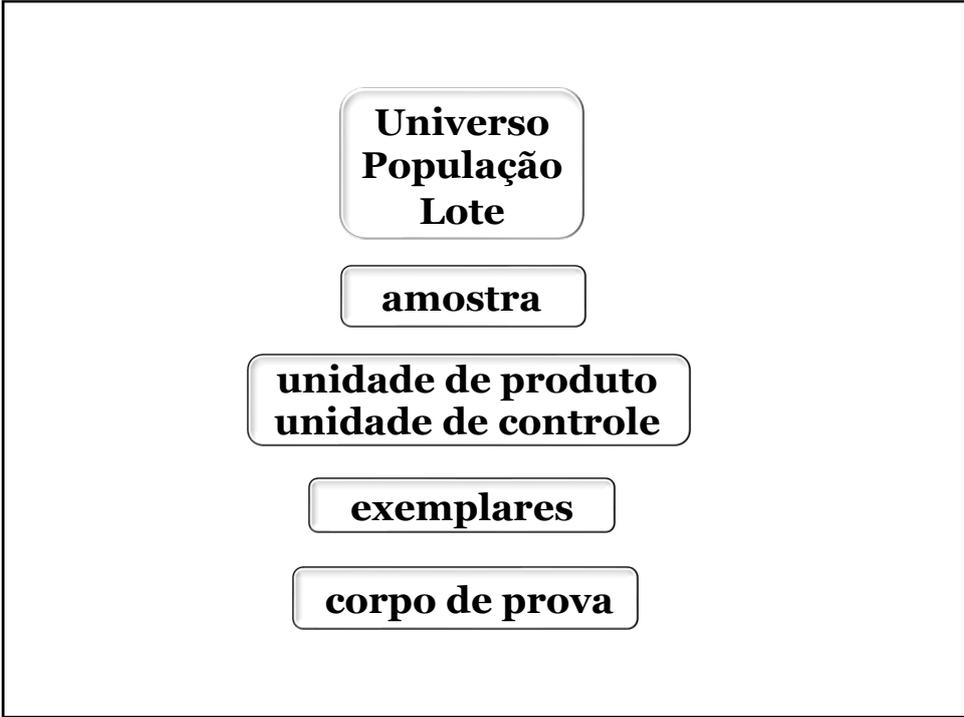
item 26.12. Concrete evaluation and acceptance

69

Escopo: *estabelece os requisitos para*

- 1. Controle** de materiais, dosagem e produção do concreto;
- 2. Segurança:** controle da resistência do concreto à compressão;
- 3. Durabilidade e vida útil:** teor máximo de agressivos, a/c, $D_{máx}$, consumo, cobrimentos;
- 4. Controle de recebimento:** concreto fresco;
- 5. Controle e critério de aceitação:** concreto fresco e endurecido;
- 6. Não conformidade da resistência (segurança):**
ABNT NBR 7680:2015

70



71



72

Unidade de Produto Unidade de Controle

Bolinha de gude



- **massa de cada bolinha**
- **diâmetro de cada bolinha**

73

Unidade de Produto Unidade de Controle

Concreto



- **metro cúbico**
- **corpo de prova**
- **metro quadrado**
- **pilar, viga, laje**

74

CONCRETO
Unidade de Produto

betonada
amassada
mistura-traço

CONCRETO
Unidade de Controle

resistência à compressão do cp
MPa, kgf/cm², psi
exemplar

75

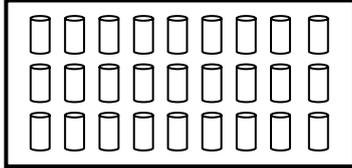
Amostragem ABNT NBR 12655:2015

- ✓ **As amostras são compostas por exemplares;**
- ✓ **Cada exemplar constitui-se de, no mínimo, dois CPs irmãos (mesma amassada, moldados no mesmo ato) para cada idade de ruptura;**
- ✓ **Resistência do exemplar (betonada): o maior dos valores obtidos dos CPs no ensaio de resistência à compressão;**
- ✓ **A amostragem pode ser total ou parcial.**

76

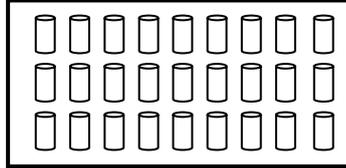
Amostragem ABNT NBR 12655

Universo,
População, Lote



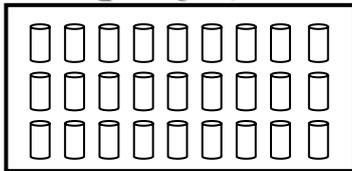
=

Amostra



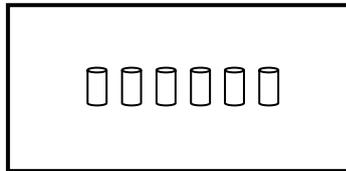
não há o
que
estimar

Universo,
População, Lote



≠

Amostra

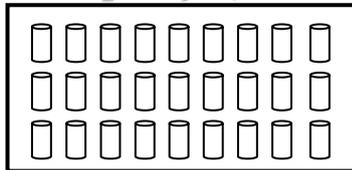


usar
estimador

77

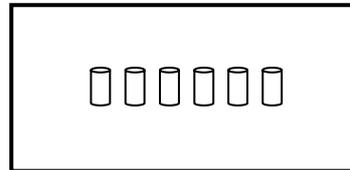
Amostragem ABNT NBR 12655

Universo,
População, Lote



≠

Amostra



✓ $6 \leq n < 20$:

$$f_{ck,est} = 2 \times \frac{f_1 + f_2 + \dots + f_{m-1} - f_m}{m-1}$$

onde

m é igual a n/2. Despreza-se o valor mais alto de n, se for ímpar;

f_1, f_2, \dots, f_m são os valores das resistências dos exemplares, em ordem crescente.

✓ $n \geq 20$:

$$f_{ck,est} = f_{cm} - 1,65 \times S_d$$

onde:

f_{cm} é a resistência média dos exemplares do lote, em MPa;

S_d é o desvio padrão dessa amostra de n exemplares, em MPa.

78

Amostragem total ABNT NBR 12655:2015

- ✓ **Todas as betonadas são amostradas e representadas por um exemplar que define a resistência à compressão daquele concreto naquela betonada (unidade de produto):**

$$f_{ck,est} = f_{c,betonada}$$

- ✓ *Não há o que estimar porque todo o lote (população) é conhecido.*

79

Conformidade dos lotes

- ✓ **O valor estimado da resistência característica dos lotes de concreto (amostragem parcial) ou dos exemplares (amostragem total) deve atender:**

$$f_{ck,est} \geq f_{ck}$$

80

ACI American Concrete Institute

ACI 318-14 Building Code Requirements for Structural Concrete
Chapter 26. Construction Documents and Inspection. item 26.12.
Concrete evaluation and acceptance

- Laboratório de Controle deve ser acreditado pela norma ASTM C1077 e laboratoristas sejam certificados pelo ACI;
- CPs sejam retirados em conformidade com a ASTM 172, moldados e sazoados em conformidade com a ASTM C31 e ensaiados em conformidade com a ASTM C39;

81

ACI American Concrete Institute

ACI 318-14 Building Code Requirements for Structural Concrete
Chapter 26. Construction Documents and Inspection. item 26.12.
Concrete evaluation and acceptance

- Recomenda que a amostragem obedeça a:
 - ≥ 1 exemplar por dia de concretagem;
 - ≥ 1 exemplar para cada 115m^3 de concreto;
 - ≥ 1 exemplar para cada 465m^2 de área superficial para lajes ou paredes;
 - Dispensado o controle para volumes inferiores a 38m^3 , desde que exista carta de traço aprovada;
 - Cada betonada fornece apenas um resultado;
 - Para representar um exemplar, obter a média de 2 corpos de prova cilíndricos de 15cm diâmetro por 30cm altura ou média de 3 corpos de prova de 10cm de diâmetro e 20cm de altura.

82

ACI American Concrete Institute

ACI 318-14 Building Code Requirements for Structural Concrete
Chapter 26. Construction Documents and Inspection, item 26.12.
Concrete evaluation and acceptance

- Como **critério de aceitação** exige:

$$f_{cm3,est} \geq f_{ck}$$

$$0,9 * f_{ck} \text{ para } f_{ck} > 35\text{MPa}$$

$$f_{ci} = f_{ck} - 3,5\text{MPa para } f_{ck} < 35\text{MPa}$$

83

Exemplo: Para $f_{ck} = 40\text{MPa}$

ACI 318-14:

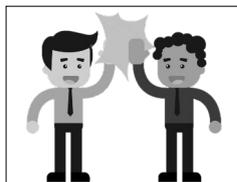
41,7

42,3

36

43,5

41,5



ABNT NBR 12655:2015:

41,7

42,3

39

43,5

41,5



84

fib Model Code 2010

No *fib* Model Code 2010

não **constam**

**procedimentos para controle da
resistência do concreto, salvo rápida
referência à ISO 22965 e à EN 206.**

85

Eurocode II:2004

Eurocode II também remete as diretrizes para controle e recebimento à *EN 206-1:2013 Concrete: Specification, performance, production and conformity*.

Chapter 8. *Conformity Control and Conformity Criteria*.

8.2.1 *Conformity control for compressive strength*

86

EN 206-1:2013

- Além da responsabilidade pela produção do concreto caber à Empresa de Serviços de Concretagem, também é necessário aferir a conformidade do concreto no recebimento e aceitação em obra;
- Recomenda que a amostragem siga a EN 12350-1 *Testing Fresh Concrete*.

87

EN 206-1:2013

- 8.2.1.2 Sampling and testing plan

Table 17 – Minimum rate of sampling for assessing conformity

| Production | Minimum rate of sampling | | |
|---|---------------------------------------|---|--|
| | First 50 m ³ of production | Subsequent to first 50 m ³ of production ^a , the highest rate given by: | |
| | | Concrete with production control certification | Concrete without production control certification |
| Initial (until at least 35 test results are obtained) | 3 samples | 1 per 200 m ³ or 1 per 3 production days ^d | 1 per 150 m ³ or 1 per production day ^d |
| Continuous ^b (when at least 35 test results are available) | --- | 1 per 400 m ³ or 1 per 5 production days ^{c, d} or 1 per calendar month | |

^a Sampling shall be distributed throughout the production and should not be more than 1 sample within each 25 m³.

^b Where the standard deviation of the last 15 or more test results exceeds the upper limits for s_n according to Table 19, the sampling rate shall be increased to that required for initial production for the next 35 test results.

^c Or if there are more than 5 production days within 7 consecutive calendar days, once per calendar week.

^d The definition of a 'production day' shall be stated in provisions valid in the place of use.

88

EN 206-1:2013

Como critério de aceitação, 8.2.1.3

- *Conformity criteria for compressive strength*

- *Critério para resultados individuais:*

- ✓ Qualquer valor individual deve ser

$$f_{ci} \geq f_{ck} - 4 \quad \text{qualquer que seja o } f_{ck}$$

- *Critério para resultados médios:*

- ✓ Produção inicial: a média de 3 resultados consecutivos deve ser

$$f_{cm3,est} \geq f_{ck} + 4 \quad \text{qualquer que seja o } f_{ck}$$

- ✓ Produção contínua: a média de, no mínimo, 15 resultados consecutivos deve ser:

$$f_{cm,15,est} \geq f_{ck} + 1,48 * \sigma \quad \text{qualquer que seja o } f_{ck}$$

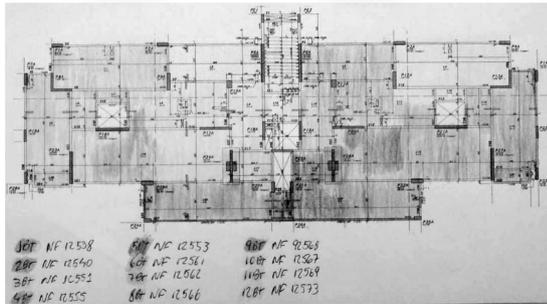
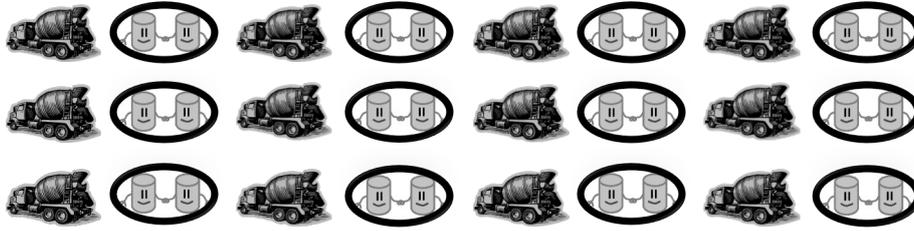
89

Resumo

- ✓ O procedimento de controle adotado no Brasil é o mais rigoroso do mundo !
- ✓ Com amostragem total conhecemos toda a população em exame ! Mais segurança que isso impossível !
- ✓ Com amostragem parcial estamos limitados a lotes máximos de 50m³ e de 100m³ para os quais são exigidos 6 exemplares, o que dá uma média de moldar um exemplar a cada 8m³ ou a cada 16m³ e, portanto, continua muito mais rigoroso que outros países !
- ✓ Não aceitamos nenhum valor f_{ci} abaixo de f_{ck} enquanto outros países aceitam 3,5MPa, 4MPa ou mais (10%) abaixo de f_{ck}

90

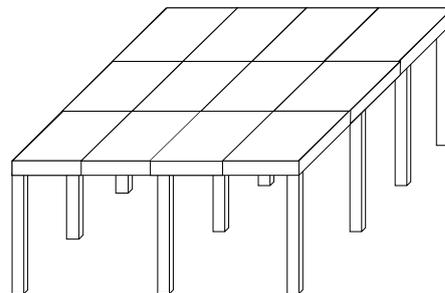
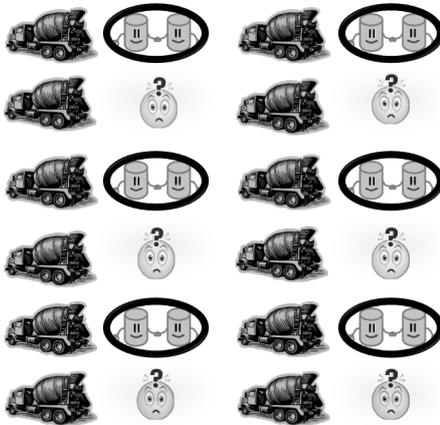
Amostragem total (conceito)



rastreabilidade

91

Amostragem parcial (conceito)



lotes com número de exemplares
 $6 \leq n < 20$

exemplo concretagem
de laje e vigas de um
andar

Tabela 7 – Valores máximos para a formação de lotes de concreto ^a

| Identificação (o mais exigente para cada caso) | Solicitação principal dos elementos da estrutura | |
|---|--|-----------------------------|
| | Compressão ou compressão e flexão | Flexão simples ^b |
| Volume de concreto | 50 m ³ | 100 m ³ |
| Número de andares | 1 | 1 |
| Tempo de concretagem | três dias de concretagem ^c | |

^a No caso de controle por amostragem total, cada betonada deve ser considerada um lote, conforme 6.2.3.1

^b No caso de complemento de pilar, o concreto faz parte do volume do lote de lajes e vigas

^c Este período deve estar compreendido no prazo total máximo de sete dias, que inclui eventuais interrupções para tratamento de juntas. .

92

Aceitação do concreto

- ✓ O concreto deve ser aceito se atendidas todas as especificações de norma e de projeto



conformidade

93

Aceitação do concreto

- ✓ Em caso de não conformidade, consultar a ABNT NBR 7680:2015



não conformidade

94

- **Projeto**
- **Central de concreto**
- **Dosagem**
- **Insumos (materiais)**
- **Carta de traço**
- **Controle de recebimento**
- **Controle de aceitação**
- **Laboratórios de controle**
- **Execução**
- **Não conformidades**

95

LABORATÓRIOS DE CONTROLE

Acreditação no INMETRO (RBLE — Rede Brasileira de Laboratórios e Ensaios)

Escopo de acreditação compatível com o necessário para executar o controle na obra

Mão de obra qualificada de acordo com a ABNT NBR 15146:2011

“Controle tecnológico de concreto — Qualificação de pessoal”

96

Controle do concreto

- ✓ **O laboratório deve ser acreditado pelo INMETRO (RBLE – Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaios)**
- ✓ **O laboratório deve possuir em seu Escopo de Acreditação os ensaios mínimos para realização do controle do concreto em obra**
- ✓ **A mão de obra laboratorial deve ser qualificada (ABNT NBR 15146:2011)**

97



98

Dúvidas

- a coleta de concreto é feita na entrada da obra;
- os CPs são transportados no mesmo dia;
- os CPs ficam no sol
- os CPs são mal transportados;
- os resultados não crescem;
- os resultados de irmãos são díspares...

99

No canteiro de obras

100



101



102



103



104



105



106



107



108



109



110



111

Adendo

**Laboratório 1
X
Laboratório 2**

112

Laboratório 1

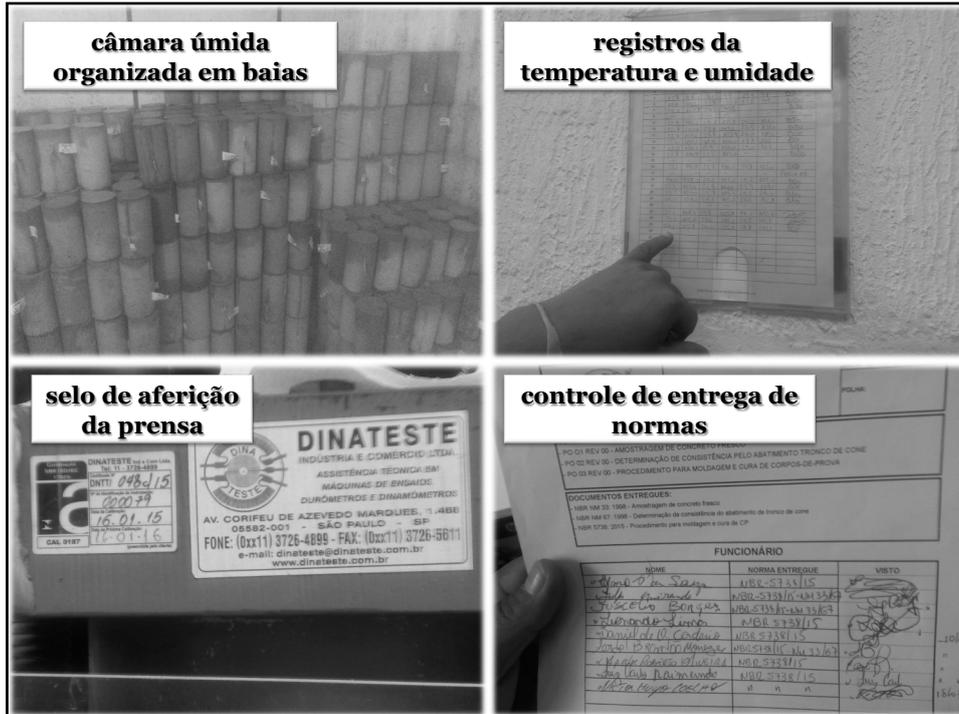
INMETRO

Técnicos não certificados pela ABNT NBR 15146-1:2011

113



114



115



116



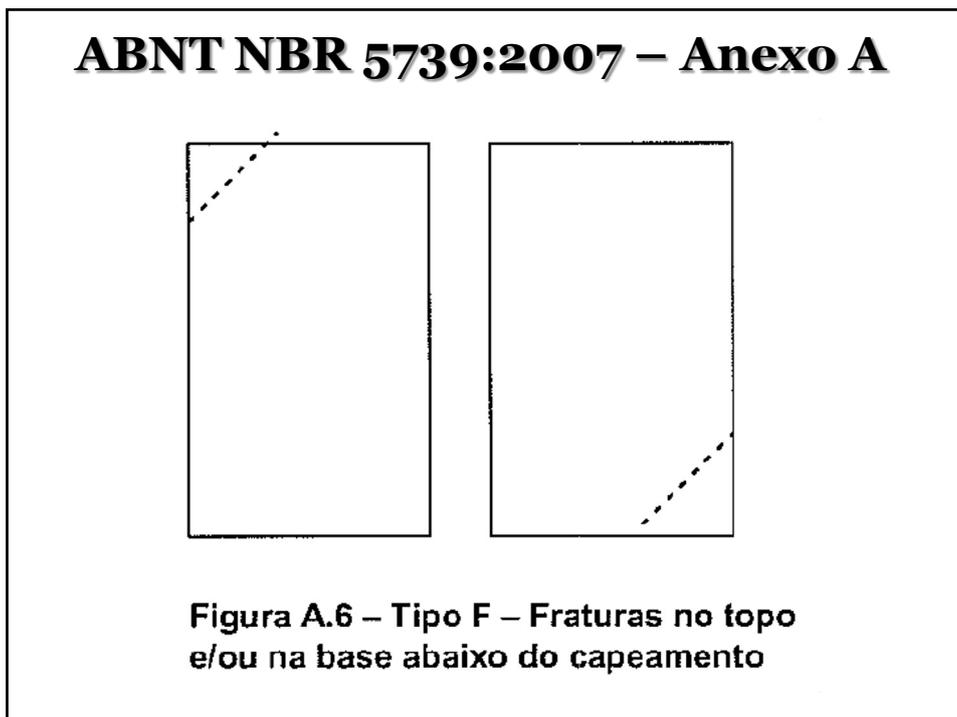
117



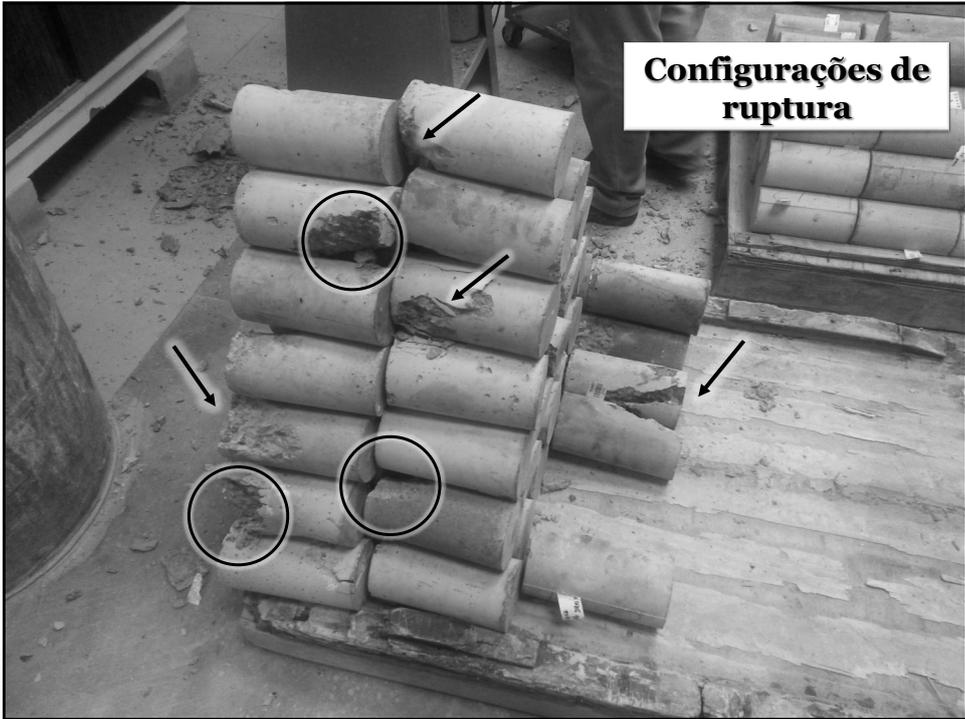
118



119



120



121



122

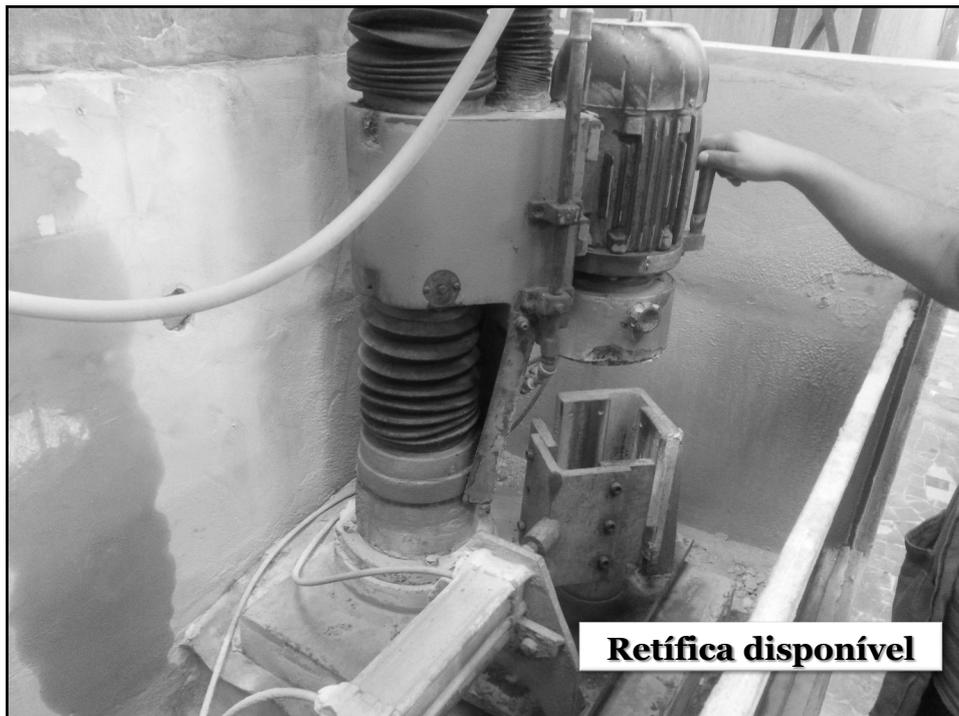
ASTM C1231/C1231M – 14

Standard Practice for Use of Unbonded Caps in Determination of Compressive Strength of Hardened Concrete Cylinders

**TABLE 1 Requirements for Use of Polychloroprene(Neoprene)
Pads**

| Compressive Strength, ^A MPa [psi] | Shore A Durometer Hardness | Qualification Tests Required | Maximum Reuses |
|---|----------------------------------|---------------------------------|-------------------|
| Less than 10 [1 500] | | Not permitted | |
| 10 to 40 [1 500 to 6 000] | 50 | None | 100 |
| 17 to 50 [2 500 to 7 000] | 60 | None | 100 |
| 28 to 50 [4 000 to 7 000] | 70 | None | 100 |
| 50 to 80 [7 000 to 12 000] | 70 | Required | 50 |
| Greater than 80 [12 000] | | Not permitted | |

123



124

Resumo

À luz da normalização brasileira vigente (ABNT NBR 5739:2007), as configurações de ruptura obtidas pelos ensaios (tipo F e tipo G) indicam defeitos na moldagem e/ou arremate dos topos e bases dos corpos de prova, podendo ocasionar concentração de tensões nestas regiões



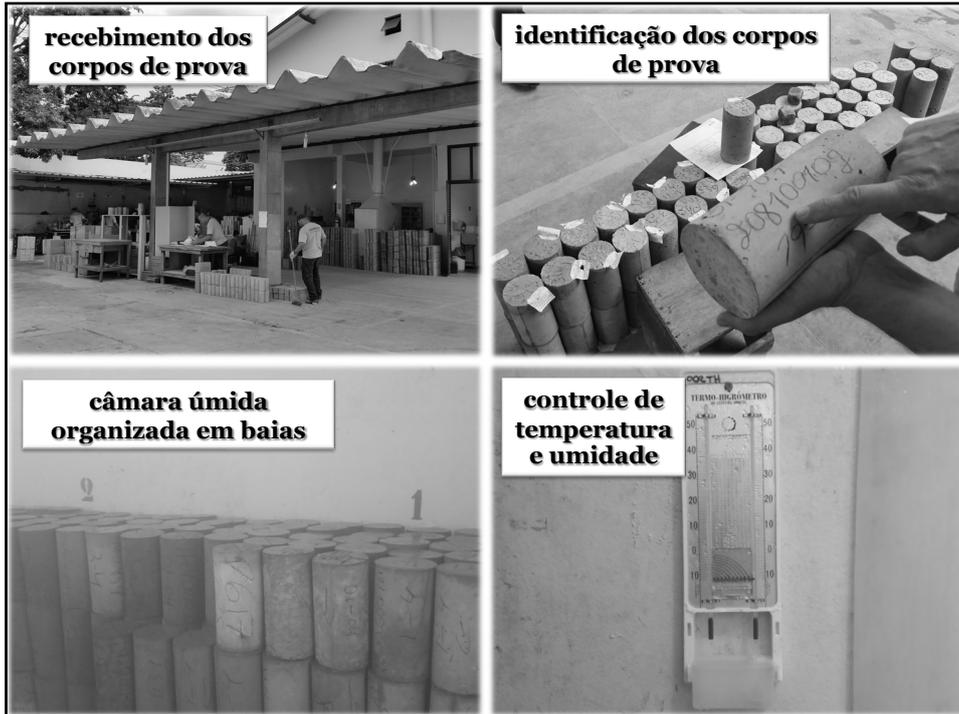
125

Laboratório 2

INMETRO

**Técnicos não certificados pela
ABNT NBR 15146-1:2011**

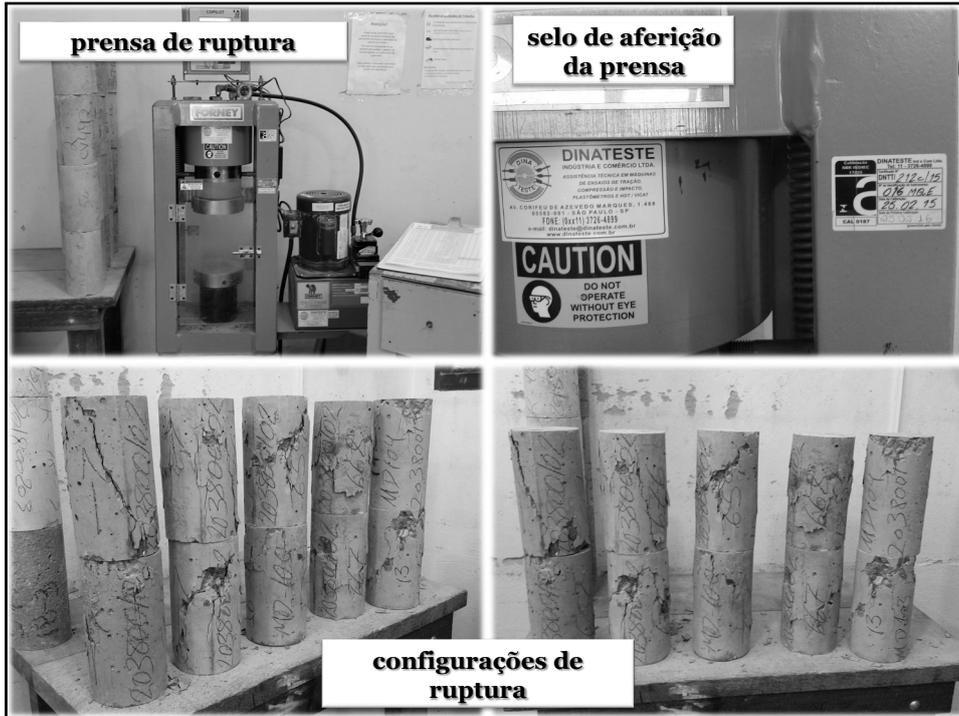
126



127



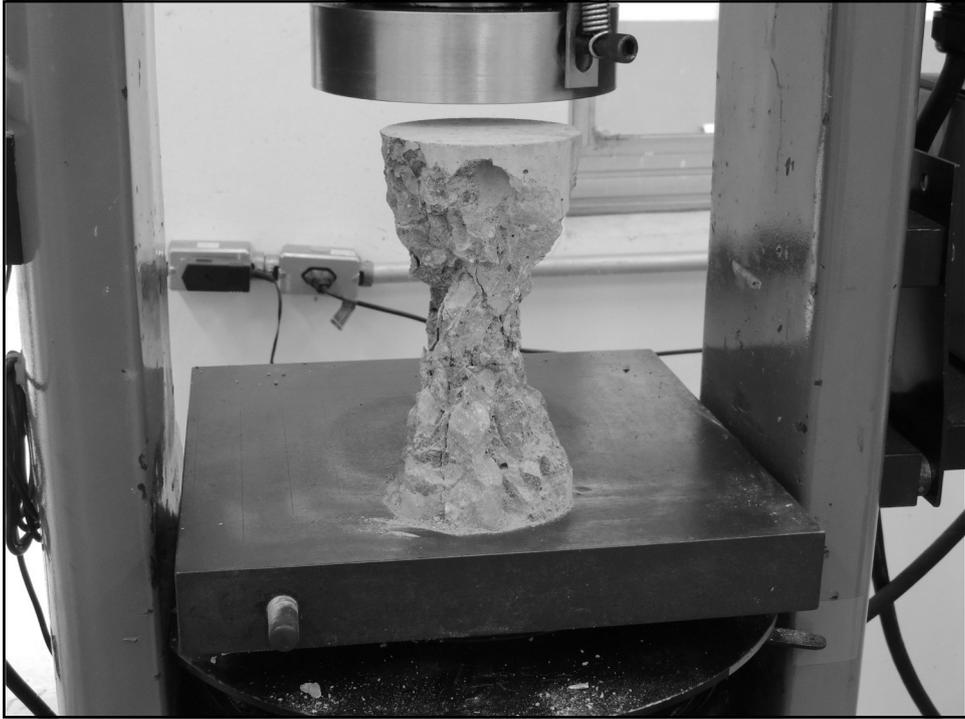
128



129



130



131



132

| ordem | nota fiscal | consistência do concreto fresco | Resistência à Compressão | | crescimento de 7 para 28 dias |
|----------------------------------|-------------|---------------------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------------|
| | | | 7 dias 7-Apr-09 | 28 dias 28-Apr-09 | |
| 1 | 206099 | 686 | 48.9 | 50.2 | 1.027 |
| 2 | 206100 | 736 | 53.6 | 54.8 | 1.022 |
| 3 | 206101 | 746 | 57.1 | 57.8 | 1.012 |
| 4 | 206102 | 753 | 51.0 | 51.4 | 1.008 |
| 5 | 206103 | 743 | 44.0 | 53.6 | 1.218 |
| 6 | 206105 | 726 | 56.2 | 57.7 | 1.027 |
| 7 | 206106 | 730 | 50.4 | 52.0 | 1.032 |
| 8 | 206109 | 750 | 56.5 | 57.0 | 1.009 |
| 9 | 206110 | 720 | 53.8 | 54.7 | 1.017 |
| média em MPa | | | 52.4 | 54.4 | 1.041 |
| desvio padrão em MPa | | | 4.0 | 2.6 | 0.063 |
| coeficiente variação em % | | | 7.7 | 4.8 | 6.056 |

133

Quando há extração de testemunhos

134



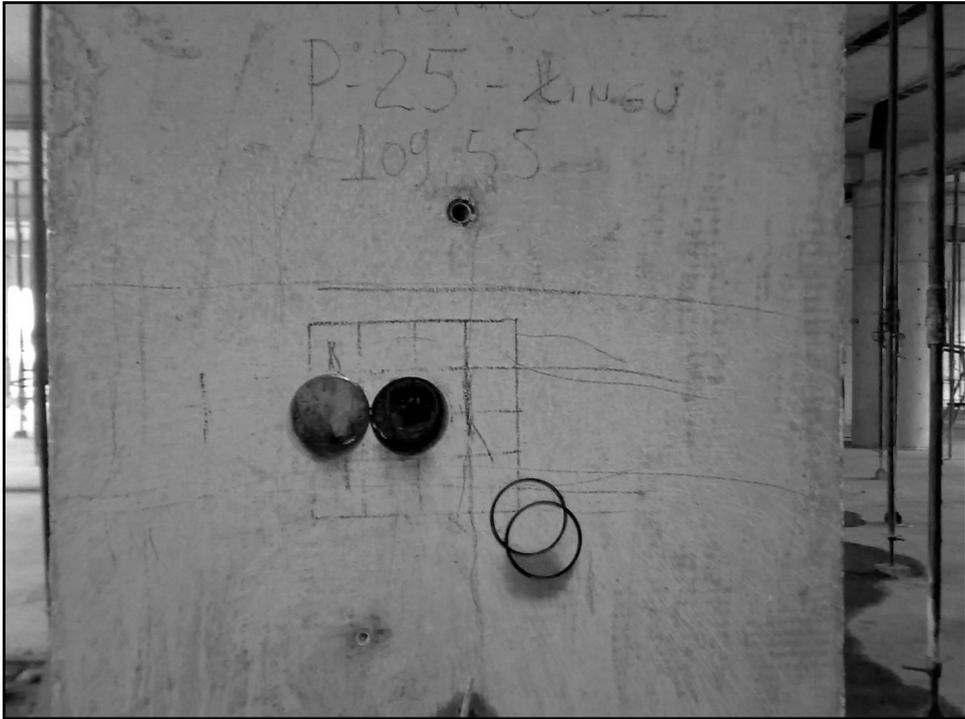
135



136



137



138



139



140



141



142



143



144



145



146



147



148



149



150



151



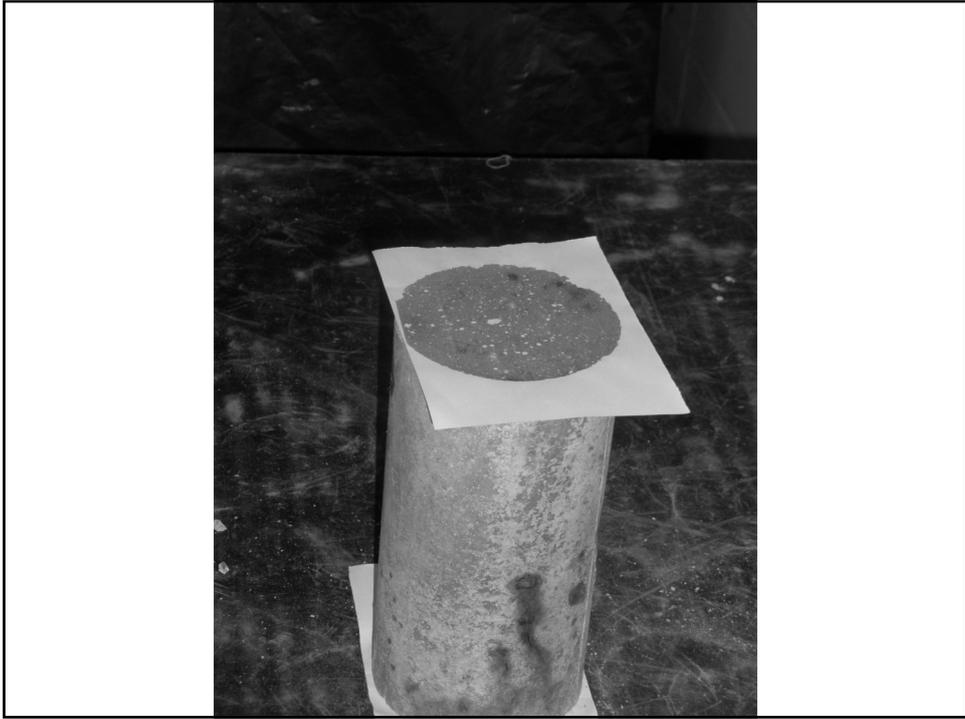
152



153



154



155



156

- **Projeto**
- **Central de concreto**
- **Dosagem**
- **Insumos (materiais)**
- **Carta de traço**
- **Controle de recebimento**
- **Controle de aceitação**
- **Laboratórios de controle**
- **Execução**
- **Não conformidades**

157

EXECUÇÃO

ABNT NBR 14931:2004
“Execução de estruturas de concreto -
Procedimento”

ABNT NBR 15696:2009
“Fôrmas e escoramentos para estruturas de
concreto - Projeto, dimensionamento e
procedimentos executivos”

158

ABNT NBR 12655:2015

4. ATRIBUIÇÕES DE INCUMBÊNCIAS

✓ Profissional responsável pela execução da obra

Ao profissional responsável pela execução da obra de concreto cabem as seguintes responsabilidades:

- *Escolha da modalidade de preparo do concreto;*
- *Escolha do tipo de concreto a ser empregado e sua consistência, dimensão máxima do agregado e demais propriedades, de acordo com o projeto e com as condições de aplicação;*
- *Atendimento a todos os requisitos de projeto, inclusive quanto à escolha dos materiais a serem empregados;*
- *Recebimento e aceitação do concreto;*
- **Cuidados requeridos pelo processo construtivo e pela retirada do escoramento**, *levando em consideração as peculiaridades dos materiais (em particular, do cimento) e as condições de temperatura ambiente;*
- *Atendimento aos requisitos da ABNT NBR 9062 para a liberação da protensão, da desforma e da movimentação de elementos pré-moldados de concreto;*
- **Verificação do atendimento aos requisitos desta Norma, pelos respectivos profissionais envolvidos;**
- *Efetuar a **rastreabilidade** do concreto lançado na estrutura.*

159

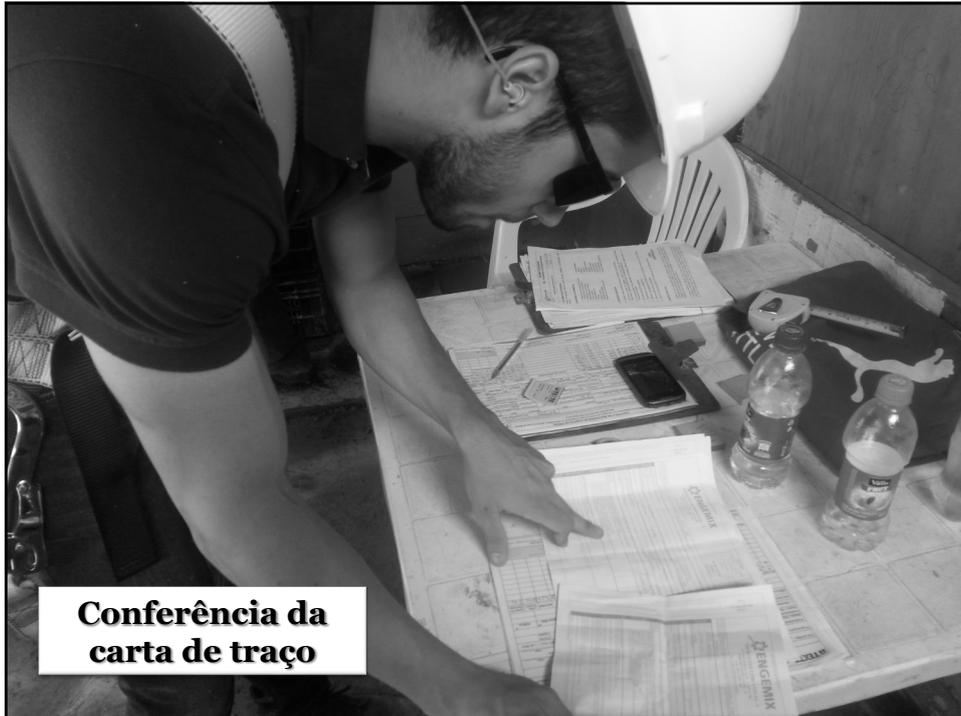
ABNT NBR 15575-1:2013 **“descreve responsabilidades”**

5. INCUMBÊNCIAS DOS INTERVENIENTES

✓ Construtor e incorporador:

- *identificar os riscos previsíveis na época do projeto (incorporador e sua equipe técnica);*
- *elaborar o manual de operação uso e manutenção, ou documento similar, atendendo ao disposto na ABNT NBR 14037, com explicitação pelo menos dos prazos de garantia aplicáveis ao caso, previstos pelo construtor ou pelo incorporador, e citados no Anexo D (construtor ou incorporador).*

160



161



162



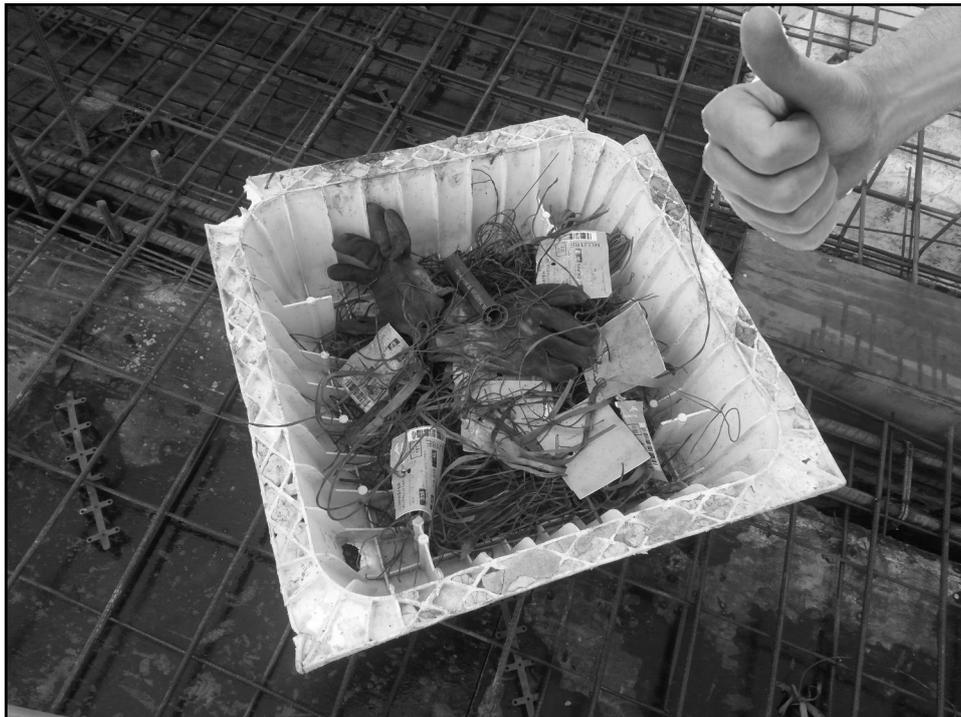
163



164



165

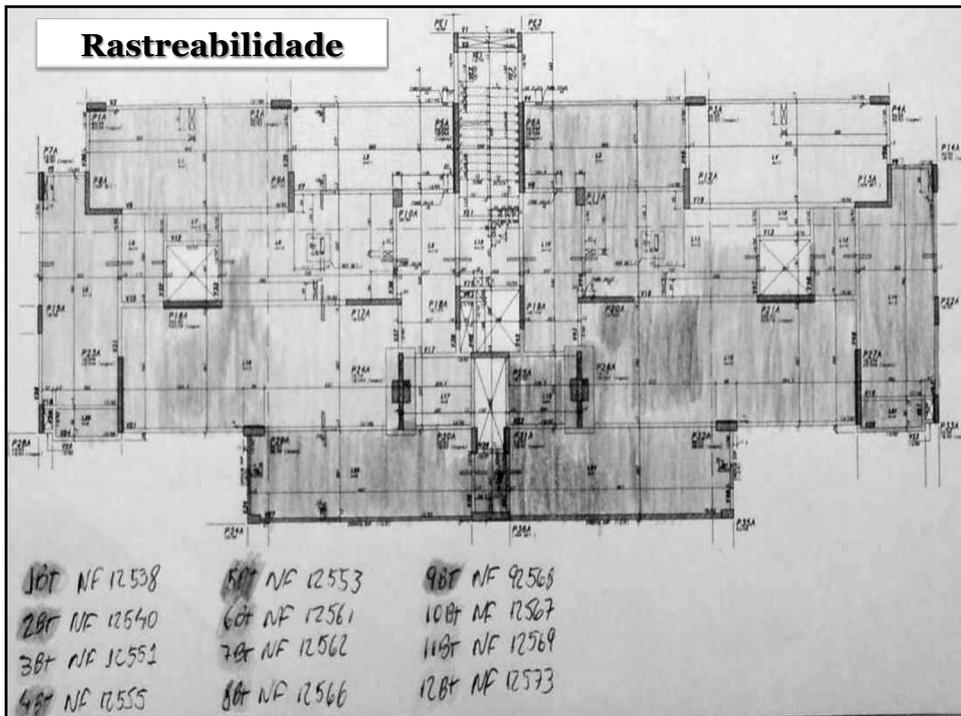


166



Rastreabilidade

167



Rastreabilidade

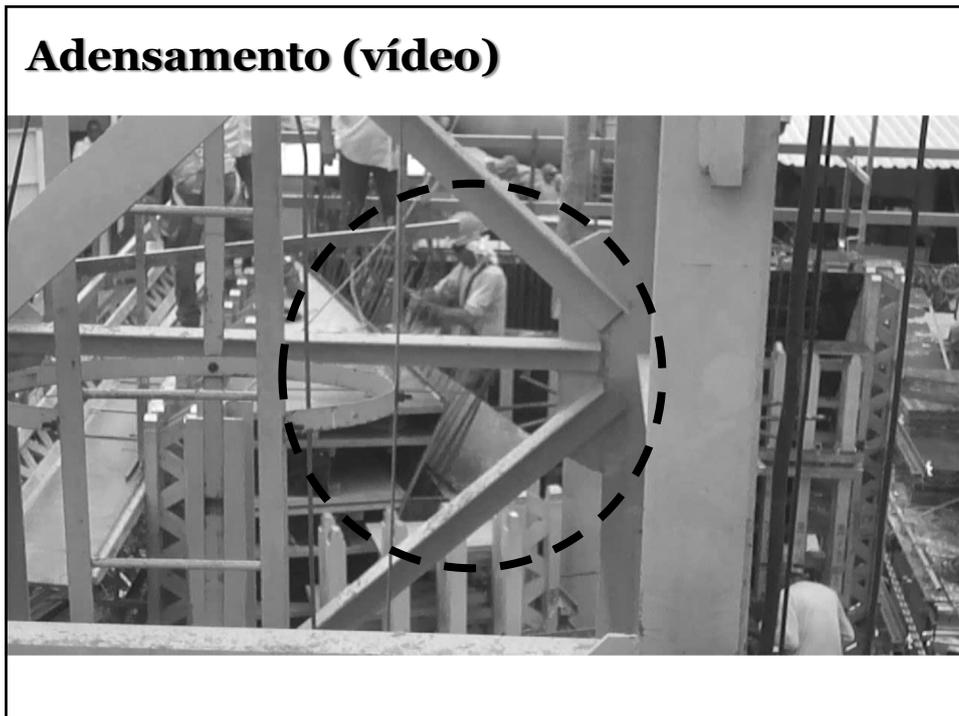
- | | | |
|--------------|--------------|---------------|
| 16T NF 12538 | 50T NF 12553 | 98T NF 12568 |
| 28T NF 12540 | 60T NF 12561 | 108T NF 12567 |
| 38T NF 12552 | 78T NF 12562 | 118T NF 12569 |
| 48T NF 12555 | 88T NF 12566 | 128T NF 12573 |

168

ACOMPANHAM

| DATA | Nº PLACA | Nº CARRO | QUANT. M3 | QUANT. ACUMULADO M3 | ÁGUA CORTE (L) | ÁGUA ADICIONADA | SAGA CENTRAL | CHEGADA OBRA | INÍCIO DE DESEMPENHA | TERMINO CONCRETO | FCK MPA | SLUMP CM | |
|----------|----------|----------|-----------|---------------------|----------------|-----------------|--------------|--------------|----------------------|------------------|---------|----------|-------|
| 25/07/22 | 8m³ | 9m³ | 160 | 690 | 07:05 | 07:39 | | 07:47 | 08:56 | | 30 | 14,0 | |
| 25/07/20 | 8m³ | 16m³ | 160 | 420 | 07:19 | 08:20 | | 07:04 | 08:17 | 09:19 | 113475 | 30 | 15,0 |
| 25/07/18 | 8m³ | 24m³ | 160 | 800 | 08:00 | 08:50 | | 08:21 | 09:35 | 09:37 | 113472 | 30 | 14,05 |
| 25/07/16 | 8m³ | 52m³ | 160 | 1400 | 08:20 | 09:50 | | 09:53 | 10:05 | 10:07 | 113445 | 30 | 14,05 |
| 25/07/14 | 8m³ | 40m³ | 160 | 500 | 10:20 | 10:36 | | 10:37 | 10:48 | 10:49 | 113445 | 30 | 15,0 |
| 25/07/12 | 8m³ | 41m³ | 160 | 600 | 10:55 | 10:50 | | 10:53 | 11:08 | 11:10 | 113445 | 30 | 16,0 |
| 25/07/10 | 8m³ | 56m³ | 160 | 900 | 11:22 | 11:45 | | 11:13 | 11:17 | 11:30 | 113445 | 30 | 14,05 |
| 25/07/08 | 8m³ | 64m³ | 160 | 900 | 11:30 | 11:45 | | 11:50 | 12:05 | 12:07 | 113469 | 30 | 14,0 |
| 25/07/06 | 8m³ | 72m³ | 160 | 720 | 11:30 | 11:45 | | 11:50 | 12:05 | 12:07 | 113462 | 30 | |

169



170

Cura



171

Cura



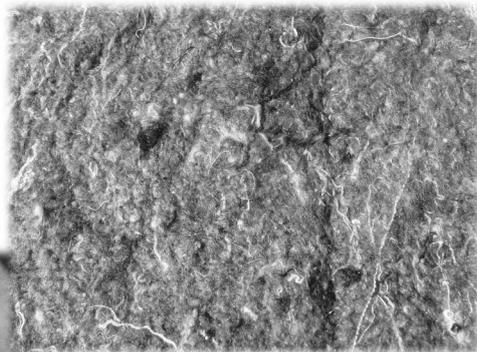
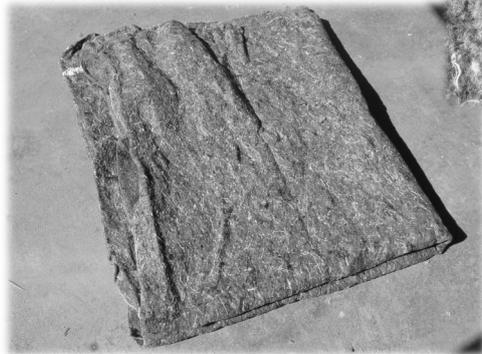
172

Cura



173

Cura



**tecido
permeável**

174



175

Caso 1

Qualidade de execução em estruturas de concreto (Obra A e Obra B)

176

Posicionamento Armadura de Arranque

Obra A



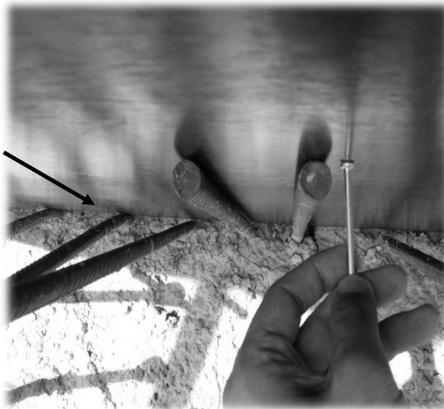
Obra B



177

Posicionamento Armadura de Arranque

Obra A

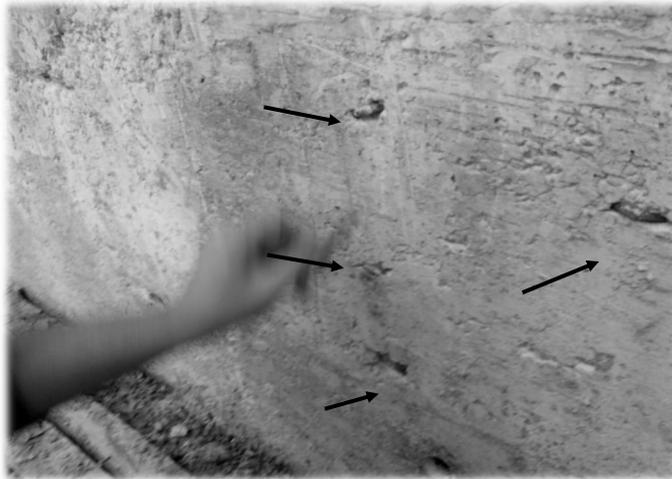


Durabilidade?

178

Cobrimento da Armadura

Obra A



Durabilidade?

179

Cobrimento da Armadura

Obra A

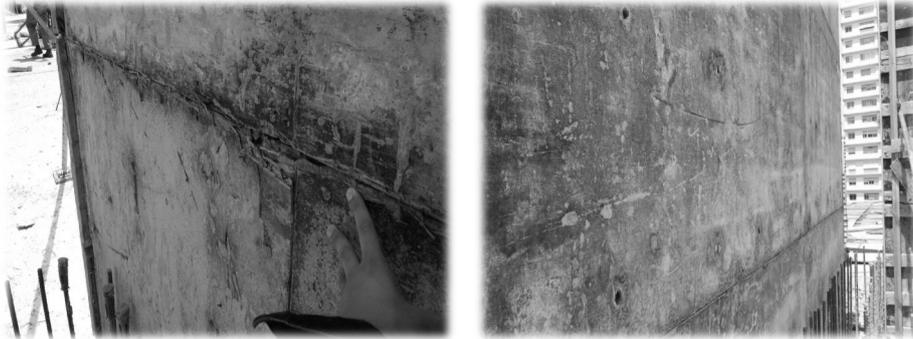


Durabilidade?

180

Condições das fôrmas

Obra A



181

Condições das fôrmas

Obra A



182

Condições das fôrmas

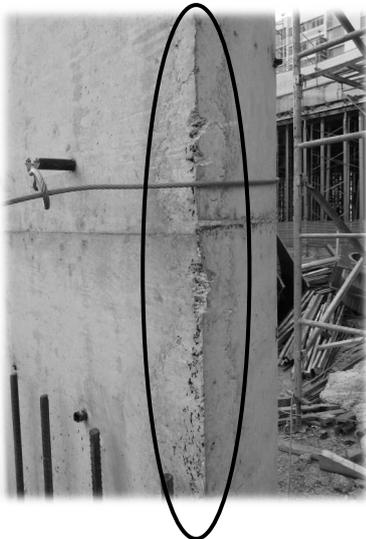
Obra B



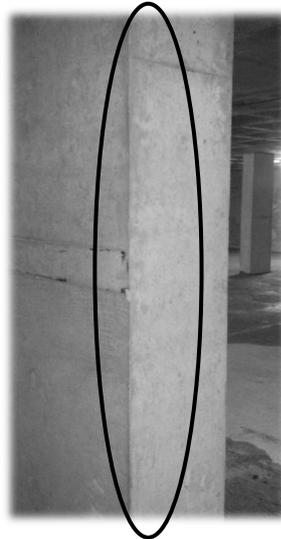
183

Estanqueidade das fôrmas

Obra A



Obra B



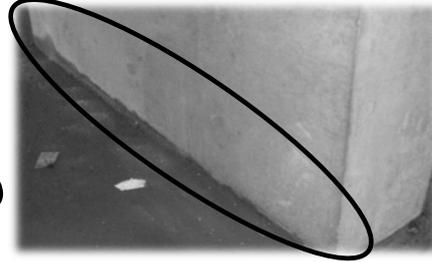
184

Estanqueidade das fôrmas

Obra A



Obra B



185

Adensamento do concreto



Obra A

Vídeo

186



187



188



189

Acabamento superficial - concreto

Obra A



Obra B



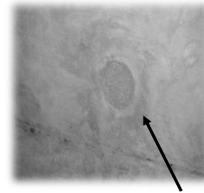
190

Acabamento – tamponamento

Obra A



Obra B



191

Limpeza e organização de canteiro

Obra A



192

Limpeza e organização de canteiro

Obra A



193

Limpeza e organização de canteiro

Obra B



194

Limpeza e organização de canteiro

Obra B



195

Discussão (Obra A e Obra B)

196

Empreiteiro = Construtora =

Empreiteiro = Construtora ≠

Empreiteiro ≠ Construtora =

Empreiteiro ≠ Construtora ≠

197

Empreiteiro = Construtora =

Empreiteiro = Construtora ≠

Empreiteiro ≠ Construtora =

Empreiteiro ≠ Construtora ≠

198

- **Projeto**
- **Central de concreto**
- **Dosagem**
- **Insumos (materiais)**
- **Carta de traço**
- **Controle de recebimento**
- **Controle de aceitação**
- **Laboratórios de controle**
- **Execução**
- **Não conformidades**

199

NÃO CONFORMIDADES

ABNT NBR 7680:2015

“Concreto - Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto”

200

ABNT NBR7680:2015 $f_{ck,ext,j}$

ABNT NBR 6118:2014 f_{ck}

ABNT NBR 12655:2015 $f_{ck,est}$

referencial de segurança
 f_{ck}

201

Re: [calculistas] resistência do concreto

1 mensagem

Em 20 de junho de 2016 15:47, Antonio Palmeira apeng_palmeira@yahoo.com [calculistas-ba] <calculistas-ba@yahoogrupos.com.br> escreveu:

Breno,

Quando vai-se verificar o efeito de uma inconformidade do concreto em uma estrutura, não se faz a mesma coisa que é feita para dimensionar as peças, o que deve ser feito é uma verificação da estabilidade da peça. Por exemplo: seja uma viga de um vão, simplesmente apoiada e sem laje, (para não complicar), que foi dimensionada com armadura simples e que, no dimensionamento, encontrou-se um $A_s=2,25 \text{ cm}^2$, tendo-se usado 2 fi 12.5 = 2.46 cm^2 , note que já tem uma folga aí. Não era necessário armadura de compressão mas foi colocado um porta estribo de 2 fi 5.0 = 0,40 cm^2 , essa armadura faz a linha neutra subir, então temos mais armadura de tração e mais braço de alavanca para ela, assim como uma ajuda extra para o concreto.

Tudo que dimensionamos sempre está levemente super dimensionado, por mais que sejamos preciosistas. Dessa forma muitas peças que foram calculadas para um concreto C30, (por exemplo), poderá passar com um de C25,

Agora, faça as contas direitinho mas tenha cuidado com os leigos proprietários das obra, pois já vi um colega perder um cliente por não explicar direito as coisas, disse simplesmente que tudo passava, e o cliente raciocinou: por que um concreto mais caro se com um mais barato não tinha problema?

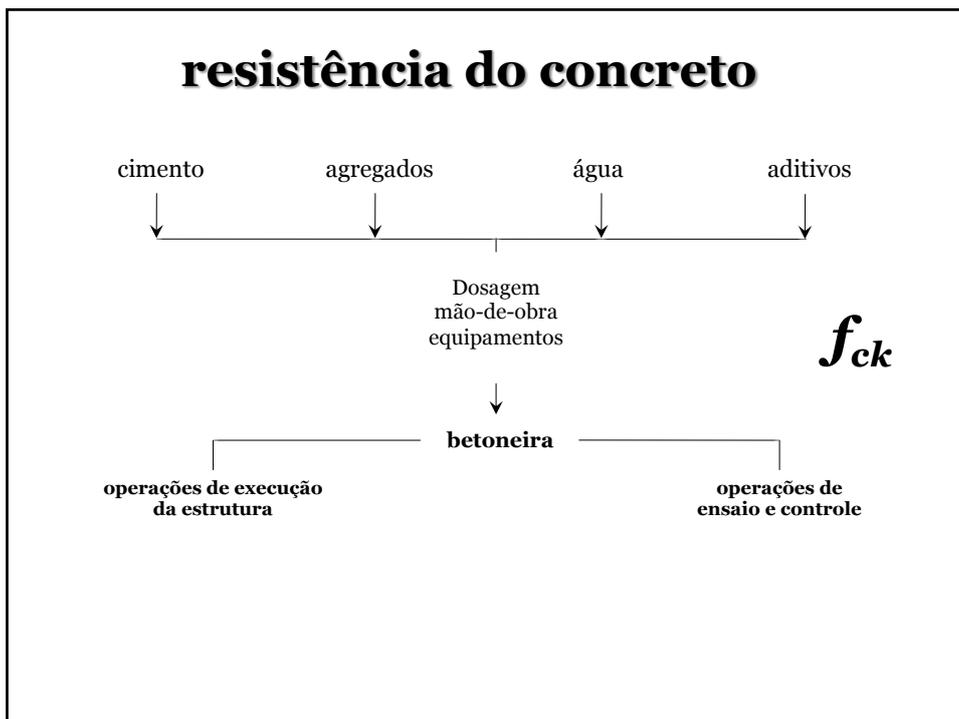
Abraço,

Palmeira
São Luís - MA

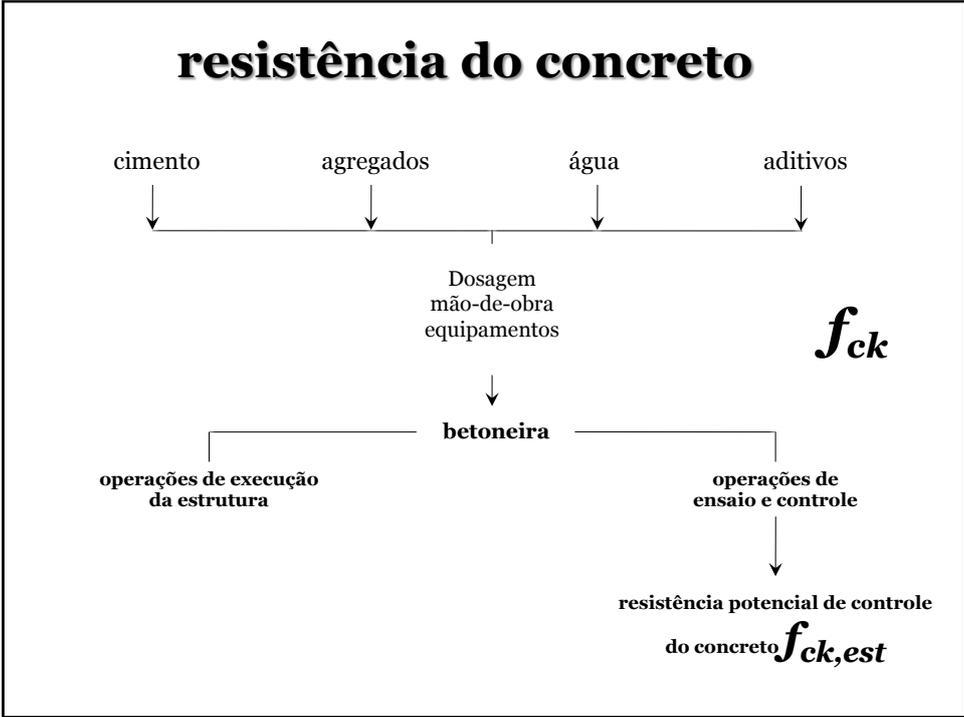
202



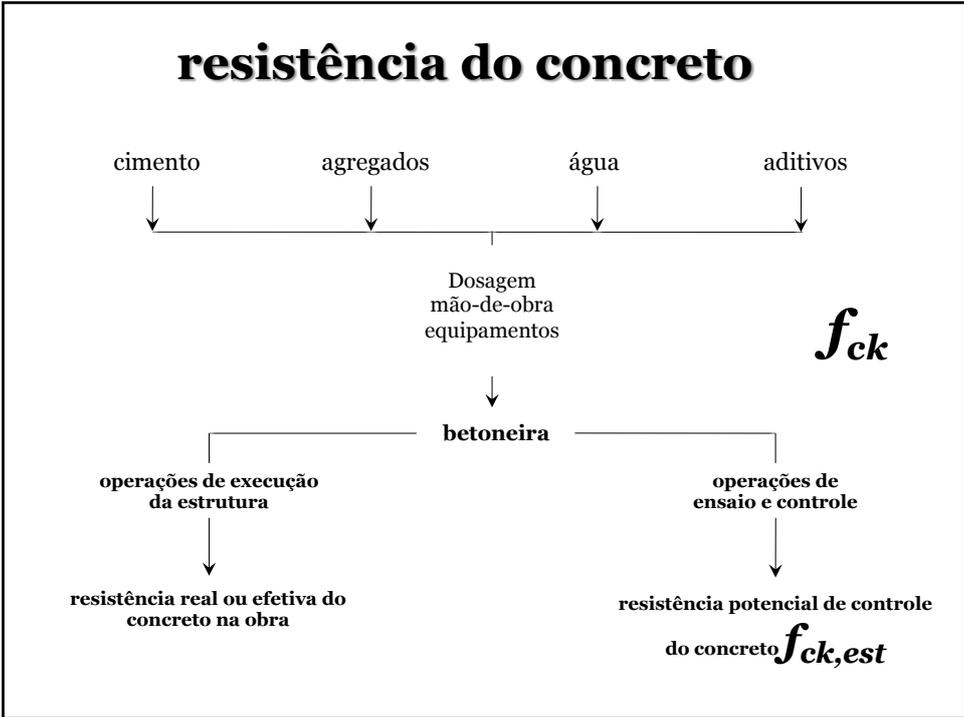
203



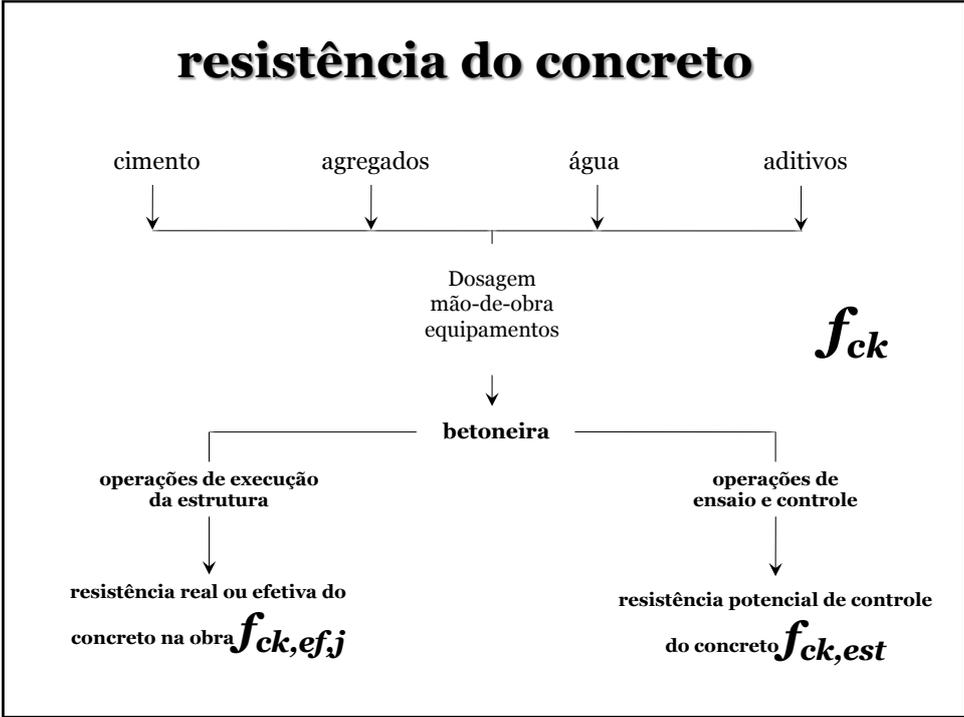
204



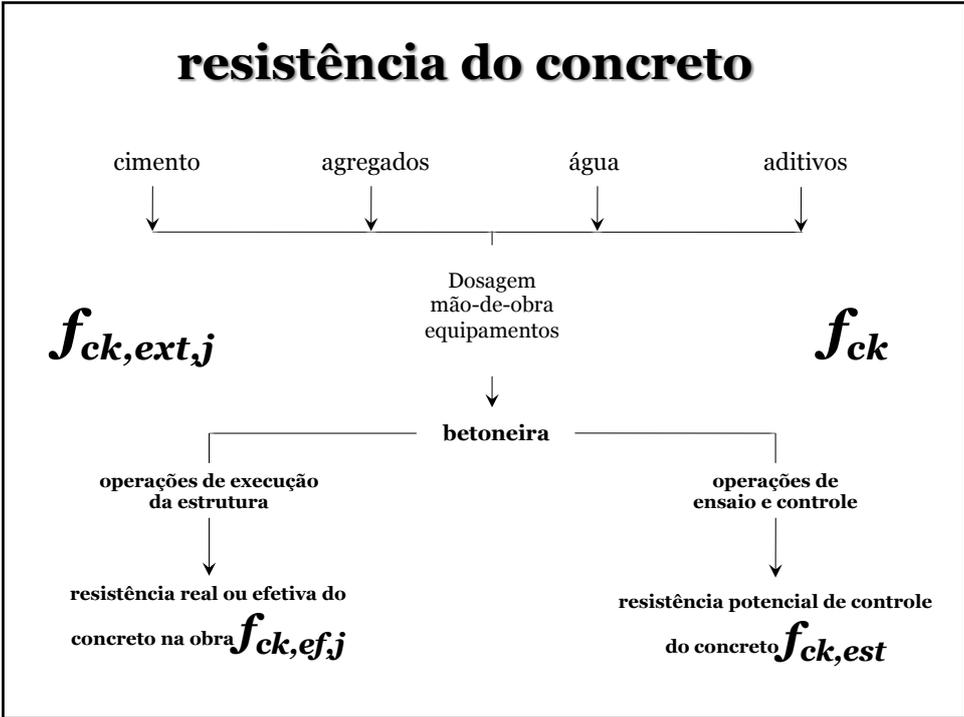
205



206



207



208

TESE de DOUTORADO

CREMONINI, R. A. Análise de Estruturas Acabadas: Contribuição para a Determinação da Relação entre as Resistências Potencial e Efetiva do Concreto. São Paulo, EPUSP, 1994.

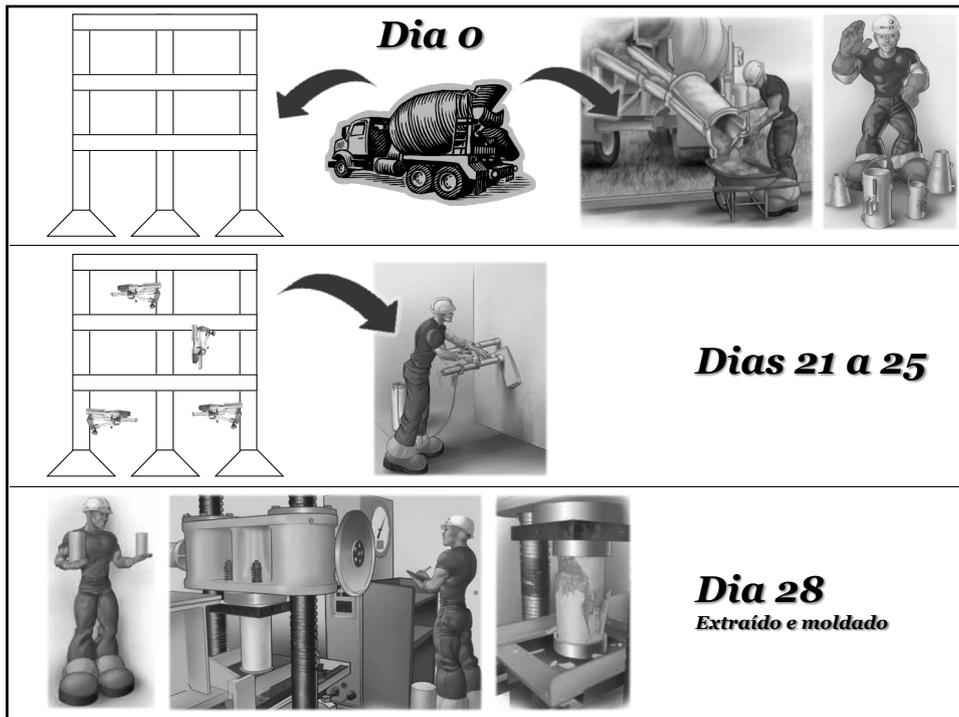
Ruy Alberto Cremonini. Prof. Associado, UFRGS

209

OBJETIVO

- Comparação entre a resistência potencial e efetiva do concreto em obras convencionais de edificação em execução. Contribuição ao estudo do γ_c .
- **Resistência potencial** = corpos de prova cilíndricos moldados ABNT NBR 5738 / 5739 (28dias) *10cm x 20cm*
- **Resistência efetiva** = testemunhos cilíndricos extraídos conforme ABNT NBR 7680 / 5739 (28dias) *10cm x 20cm*

210



211

Conclusões

pilares:

$$\eta = \frac{f_c}{f_{c,ext}} = \frac{f_{ck}}{f_{ck,ext}} = 1.24$$

lajes & (vigas)

$$\eta = \frac{f_c}{f_{c,ext}} = \frac{f_{ck}}{f_{ck,ext}} = 1.20$$

212

Preliminares

Conceitos:

**→ qual o objetivo de uma
investigação com extração
de testemunhos?**

213

Preliminares

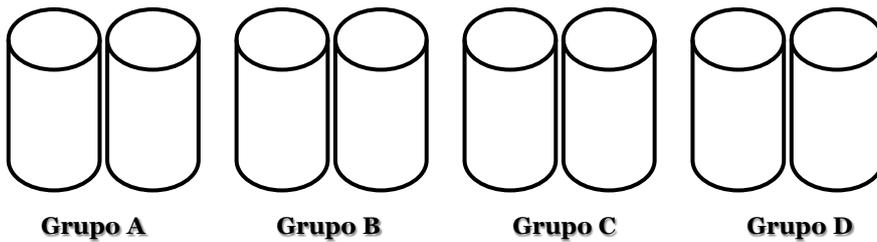
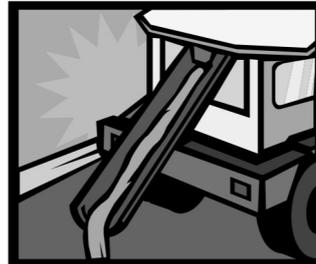
**encontrar um f_{ck} que viabilize revisar a
segurança, ou seja, verificar a
segurança conforme as convenções
universais de projeto estrutural de
ECAs**

214

Como obter a maior resistência à compressão aos 28 dias?

Concreto de uma betonada:
ABNT NBR 12655:2015
ABNT NBR 5738:2015

Moldagem de corpos de prova cilíndricos irmãos, por grupo de pesquisadores



215

quantas resistências tem o concreto de um caminhão betoneira?

$f_{c1} \quad f_{c2} \quad f_{c3} \quad f_{c4} \quad f_{c5}$

exemplar = mais alto ($f_{ck,est}$)

$f_{ck,est} = 48,7\text{MPa}$

“potencial do concreto”

216

quantas resistências tem o concreto
de um caminhão betoneira?

$$f_{c1} \quad f_{c2} \quad f_{c3} \quad f_{c4} \quad f_{c5}$$

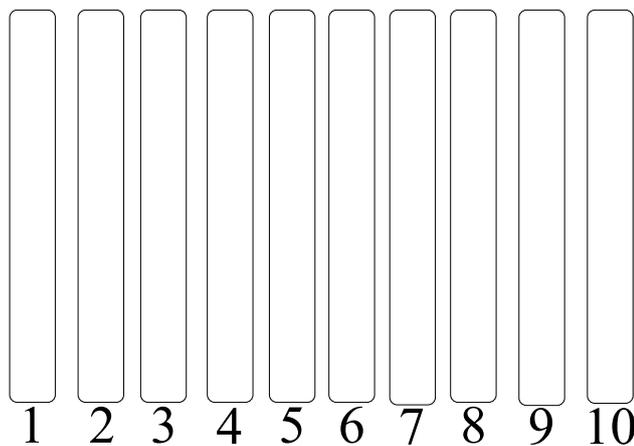
exemplar = mais alto ($f_{ck,est}$)

$$f_{ck,est} = 48,7\text{MPa}$$

$$f_{ck} = 45\text{MPa}$$

217

com esse concreto foram construídos 10 pilares.
qual a resistência do concreto nesses pilares
para fins de verificação da segurança?



$$f_{ck}$$
$$45\text{MPa}$$

218

**“ninhos de concretagem”
qual a resistência do concreto nesses pilares
para fins de verificação da segurança?**

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

219



220



221

“ninhos de concretagem”
qual a resistência do concreto nesses pilares
para fins de verificação da segurança?

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |

f_{ck}
45MPa

222

“exsudação”
qual a resistência do concreto nesses pilares
para fins de verificação da segurança?

f_{ck}
45MPa

223

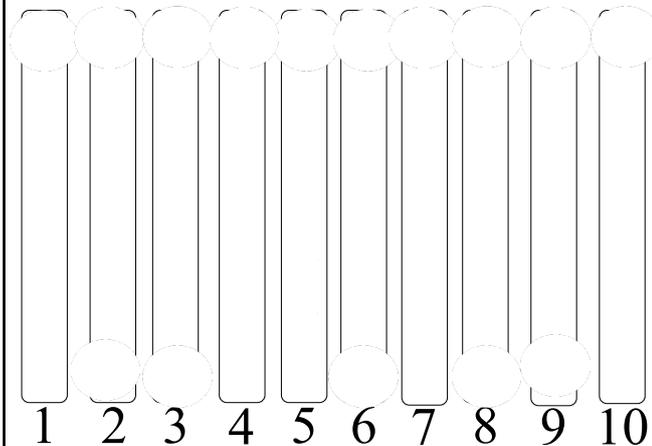
qual a resistência do concreto nos pilares que
estão mais próximas da resistência de controle
(moldado) $f_{ck,est}$?

f_{ck}
45MPa

224

qual a resistência do concreto nos pilares que estão mais próximas da resistência de controle

(moldado) $f_{ck,est}$?

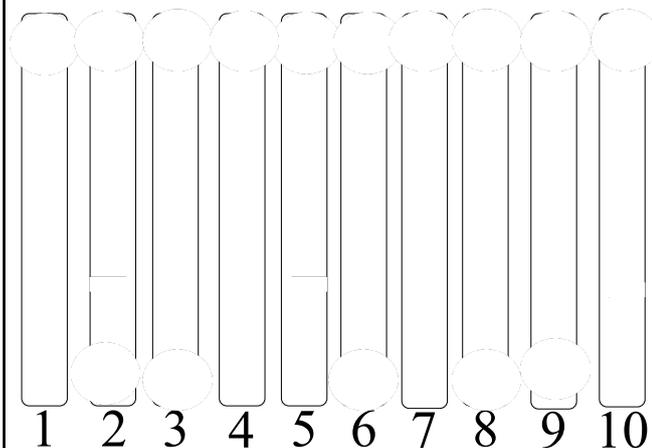


terço inferior

225

qual a resistência obtida de um pilar?

$f_{ck,ext}$?



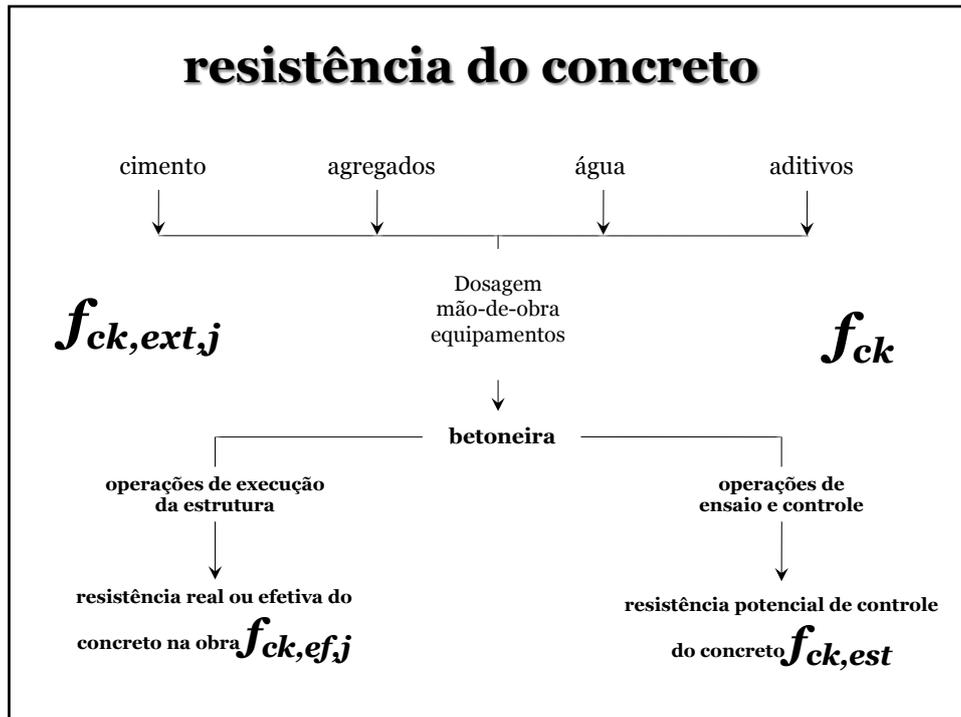
terço inferior

$f_{ck,ext,1}$

$f_{ck,ext,2}$

$f_{ck,ext,3}$

226



227

ACI 318-14 Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary, 2015. 520p.
Chapter 26. Construction Documents and Inspection.

Item 26.12.4 Investigation of low strength-test results:
 (d) Concrete in an area represented by core tests shall be considered structurally adequate if (1) and (2) are satisfied:

(1)
$$\frac{f_{c1} + f_{c2} + f_{c3}}{3} \geq 0.85 * f_{ck}$$

*(corresponde a $f_{ck} = 1,18 * f_{ext,m}$ ou $f_{ck} = 1,33 * f_{ext,min}$)*

(2)
$$f_{ci} \geq 0.75 * f_{ck}$$

R26.12.4.1(d) An average core strength of 85 percent of the specified strength is realistic. It is not realistic, however, to expect the average core strength to be equal to f_{ck} , because of differences in the size of specimens, conditions of obtaining specimens, degree of consolidation, and curing conditions....

228

Problema

Qual o f_{ck} a ser adotado para
revisão da segurança
estrutural, uma vez conhecido
o $f_{c,ext,j}$ a qualquer idade j ?

229

ABNT NBR 7680:2015

$$f_{ck,est,j} = [1 + (k_1 + k_2 + k_3 + k_4)] * k_5 * k_6 * f_{c,ext,j}$$

$f_{ck,est,j}$ = resistência à compressão
característica do concreto equivalente
à obtida de corpos de prova moldados, a j
dias de idade;

230

Coeficientes de correção

ABNT NBR 7680:2015

k_1 = correção devida à geometria do testemunho cilíndrico, ou seja, devida à relação h/d → varia de 0,00 a -0,14;

k_2 = correção devida ao efeito de broqueamento em função do diâmetro do testemunho → varia de 0,12 a 0,04;

k_3 = ...

k_4 = ...

231

TESE de DOUTORADO

VIEIRA Filho, J. O. Avaliação da Resistência à Compressão do Concreto através de Testemunhos Extraídos: Contribuição à Estimativa do Coeficiente de Correção devido aos Efeitos do Broqueamento. São Paulo, EPUSP, 2007.

José Orlando Vieira Filho. Prof. Titular UNICAP

232

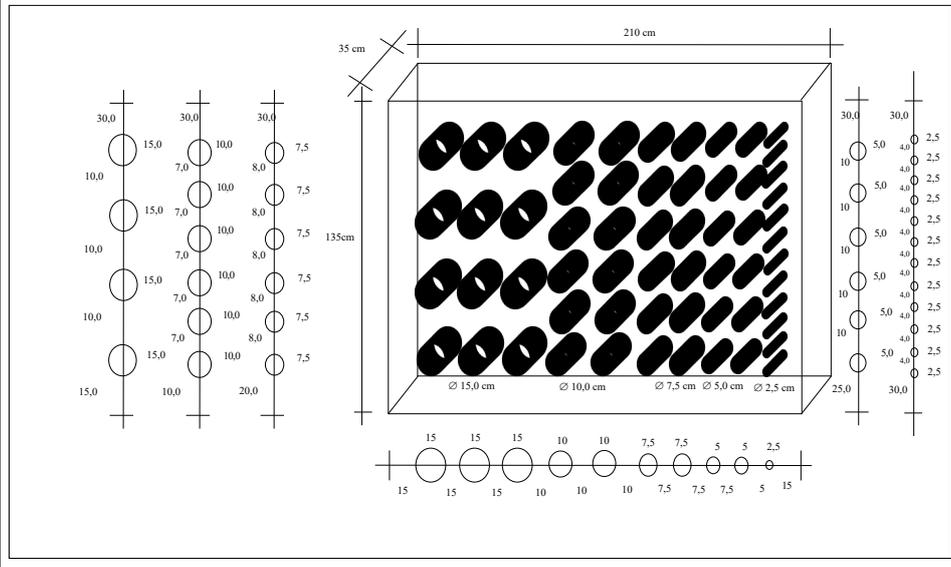


233



234

BLOCO TIPO (210x135x35)cm



235



Parede/bloco perfurada

236

Conclusão

Média geral:

$$\eta = \frac{f_c}{f_{c,ext}} = \frac{f_{ck}}{f_{ck,ext}} = 1.07$$

237

Coefficientes de correção ABNT NBR 7680:2015

k_1 = correção devida à geometria do testemunho cilíndrico, ou seja, devida à relação h/d → varia de 0,00 a -0,14;

k_2 = correção devida ao efeito de broqueamento em função do diâmetro do testemunho → varia de 0,12 a 0,04;

k_3 = correção em função da direção da extração em relação ao lançamento do concreto → varia de 0 a 0,05;

k_4 = correção em função da umidade do testemunho → varia de 0 a -0,04.

adensamento e cura

238

Cálculos ABNT NBR 7680:2015

$$f_{ck,est,j} = 0,86 \text{ a } 1,17 * k_5 * k_6 * f_{c,ext,j}$$

$f_{ck,est,j}$ = resistência à compressão característica do concreto equivalente à obtida de corpos de prova moldados, a j dias de idade;

239

Estaria assim cumprida a primeira parte, ou seja, transformar $f_{c,ext,j}$ em f_{ck} ?

SIM

NÃO

*verificar a
segurança com o
novo f_{ck}*

voltar a 28dias !

ACI, Eurocode

*verificar a
segurança com o
novo f_{ck}*

*ABNT NBR
6118:2014*

*ABNT NBR
6118:2014*

240

ACI 318-14 Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary, 2015, 520p.

Chapter 26. Construction Documents and Inspection.

R26.12.4.1(d) An average core strength of 85 percent

of the specified strength, based on the curing conditions, and curing conditions. The acceptance criteria for core strengths have been established with consideration that cores for investigating low strength-test results will typically be extracted at an age later than specified for f'_c . For the purpose of satisfying 26.12.4.1(d), this Code does not intend that core strengths be adjusted for the age of the cores.

241

Considerações (*Comunidades TQS e Bahia*)

1. Crescimento vale para CP relaxado na câmara úmida, sem carga, temperatura ideal de 23°C, UR de 100%;
2. Crescimento depende muito do tipo de cimento e das adições;
3. Crescimento depende muito da relação a/c;
4. Crescimento depende da cura, do adensamento, da temperatura, da UR, do sazonalamento, ...

242

Incertezas ...

Desconhecimentos ...

243



Exemplo

$$f_{ck} = 25\text{MPa}$$

Extração: $f_{cm} = 17,7\text{MPa}$; $s_c = 1,8\text{MPa}$; $v_c = 10,2\%$

| n | 1 | 2 | 3 | 4 | ... |
|---------------|------|------|------|------|-----|
| $f_{c,ext,j}$ | 15,4 | 15,4 | 17,6 | 18,1 | ... |

244

Exemplo

aplicando primeiro os coeficientes de ensaio e depois os de segurança

| ACI 318 | ACI 214.4R | ACI 214.4R | ACI 562 | ABNT NBR 7680 & 6118 | EN 1992 Eurocode II | EN 1992 Eurocode II |
|-------------|-------------------------|--------------------|-------------|----------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| | Tolerance Factor Method | Alternative Method | | | A.2.2(2) $\gamma_{c,Red3} = 1,35$ | A.2.3(1) $\gamma_{c,Red4} = 1,19$ |
| 20,4 | 19,4 | 19,4 | 21,0 | 19,7 | 19,3 | 22,7 |

$$f_{ck} = 20\text{MPa}$$

245

Estaria assim cumprida a primeira parte, ou seja,

transformar $f_{c,ext,j}$ em f_{ck} ?

NÃO

voltar a 28dias !

COMO ???

246

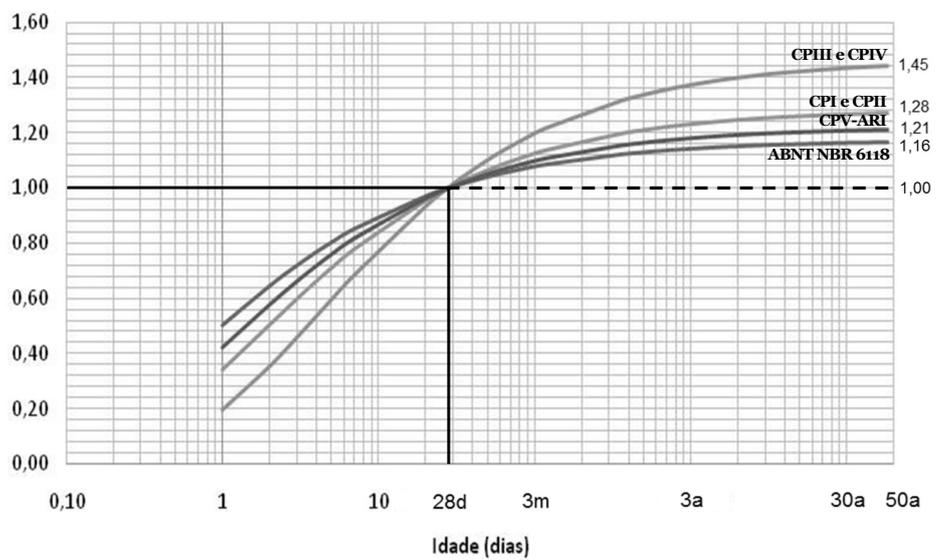
onde j é a idade do concreto em dias.

Crescimento da Resistência

$$\beta_{cc,28 \rightarrow j} = \frac{f_{c,j}}{f_{c,28}} = e^{\left\{0,16 \cdot \left[1 - \sqrt{\frac{28}{j}}\right]\right\}}$$

247

Evolução do crescimento da resistência do concreto em CP relaxado



248

Decréscimo da Resistência (efeito Rüsçh)

$$\beta_{c,sus,28 \rightarrow j} = \frac{f_{c,j}}{f_{c,28}} = 0.96 - 0.12 \sqrt[4]{\ln[72(j - 28)]}$$

→ **j** em dias

→ **j - 28** > 15 minutos

249

Considerações *(Comunidades TQS e Bahia)*

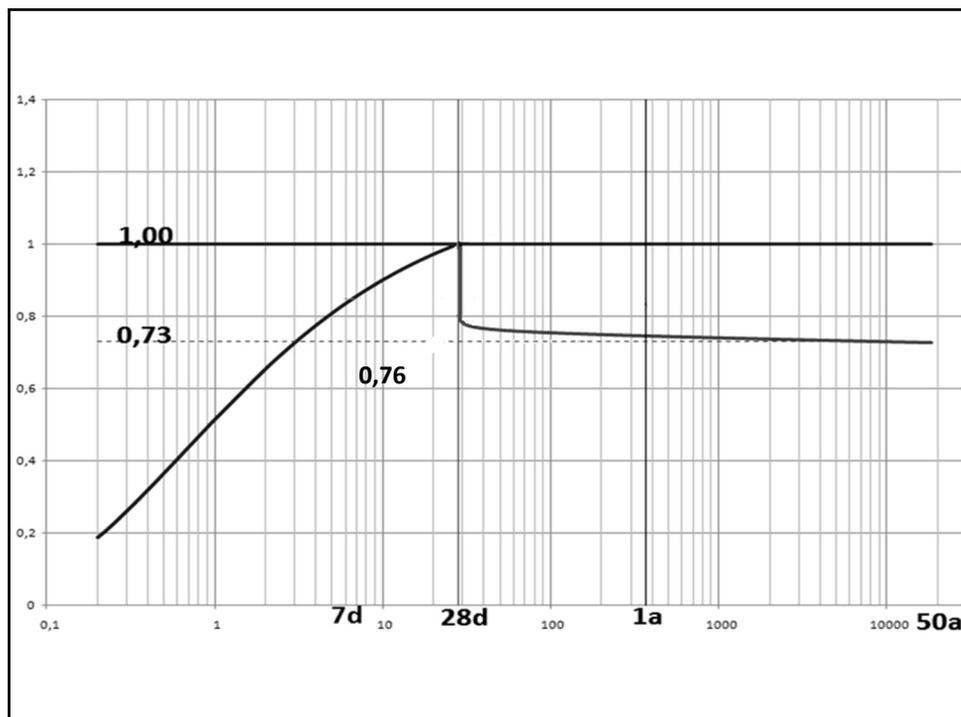
1. Qual a carga que realmente começa a reduzir a resistência?
2. Modelo para uma condição idealizada de laboratório?
3. Qual a história efetiva de carregamento?
4. Teria influência a cura, adensamento, temperatura, UR, cargas cíclicas, carbonatação,...

250

Incertezas ...

Desconhecimentos ...

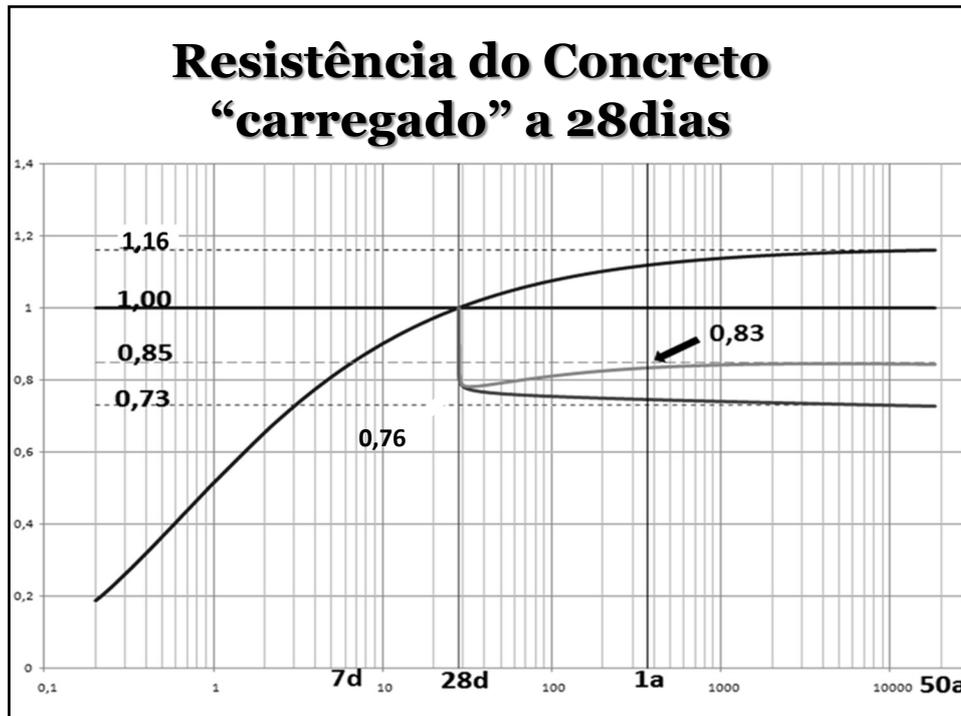
251



252

Combinando crescimento com decréscimo a partir de 28dias ?

253



254

Problema

$$f_{ck,est,j} = [1 + (k_1 + k_2 + k_3 + k_4)] * k_5 * k_6 * f_{c,ext,j}$$

$f_{ck,est}$ = resistência à compressão característica do concreto equivalente à obtida de corpos de prova moldados, a j dias de idade;

255

onde j é a idade do concreto em dias.

Retorno a 28 dias

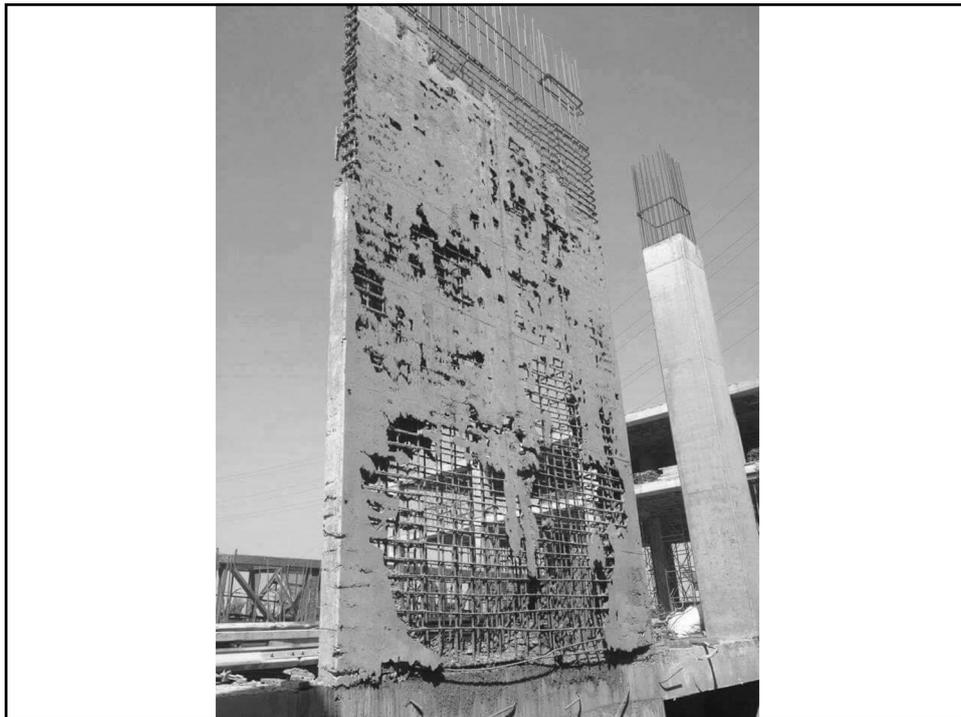
$$k_5 = \left\{ e^{0.16 \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{28}{j}} \right)} \right\}^{-1}$$

$$k_6 = \left\{ 0.96 - 0.12 \sqrt[4]{\ln[72(j - 28)]} \right\}^{-1}$$

256

qualidade e segurança da obra...

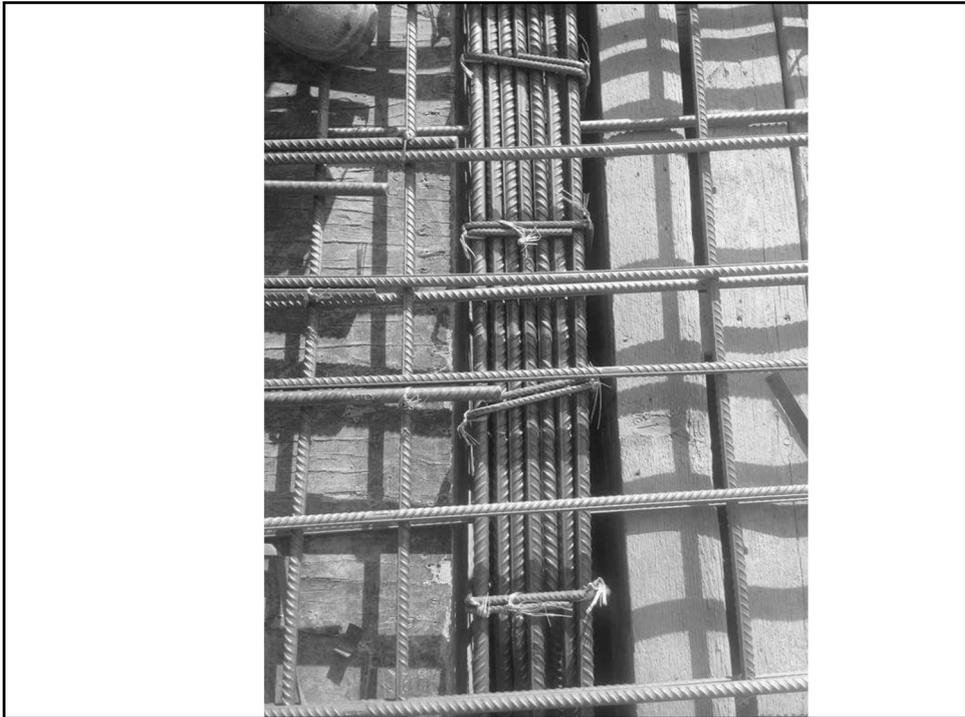
257



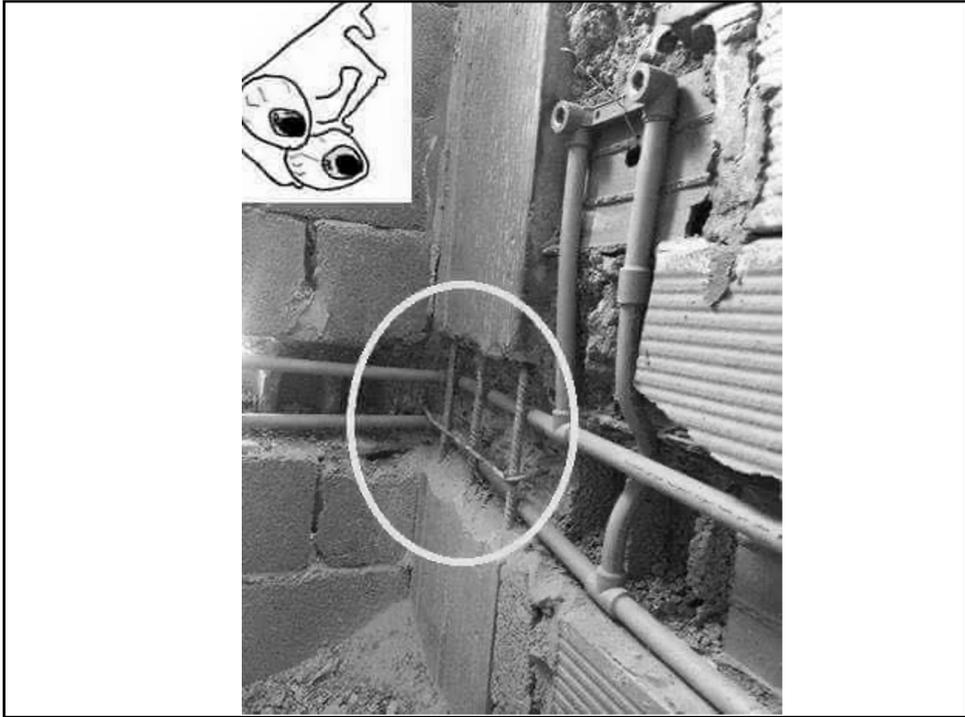
258



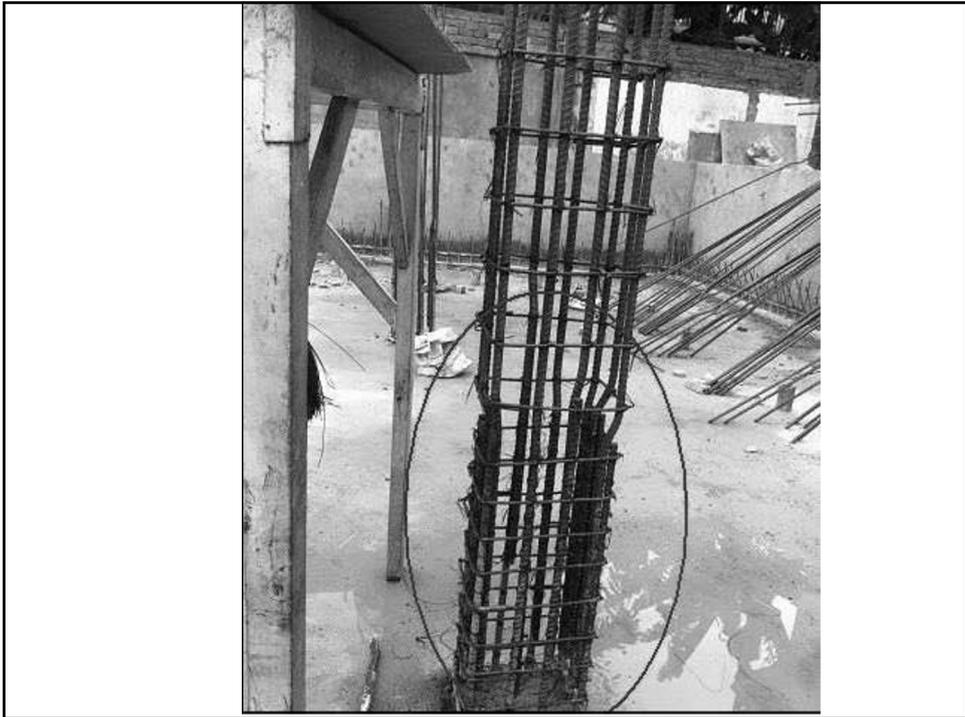
259



260



261



262



263



264

Conformidade do Concreto

***Consultores, Projetistas,
Controladores, Gerenciadores,
Construtores, Fiscais***

***Falta de ética
Atuação venal
Mezquinhez
Avareza
Corrupção
Onipotência
Ignorância
(omissão e despreparo)***

265

Conformidade do Concreto

***Consultores, Projetistas, Controladores,
Gerenciadores, Construtores, Fiscais***

***Falta de ética
Atuação venal
Mezquinhez
Avareza
Corrupção
Onipotência
Ignorância
(omissão e despreparo)***

***“não há tecnologia
que resolva...”***

266

Estruturas de Concreto para Edificações

Atividade profissional regida por normas técnicas:

- de PROJETO
- de MATERIAIS
- de EXECUÇÃO
- de CONTROLE
- de OPERAÇÃO & MANUTENÇÃO
- e, Complementares (NR4; NR 6; NR9; NR18 do MT, PMs)

que têm força de lei por conta do CDC

267



268

Reflexão

269

Documentos exigidos por algumas empresas no CONTRATO

- ✓ **Contrato ou Estatuto Social, com última alteração;**
- ✓ **Comprovante de inscrição junto ao CNPJ/MF;**
- ✓ **Comprovante de Inscrição Estadual – DECA ou declaração de isenção de inscrição emitida por contador;**
- ✓ **Comprovante de Inscrição Municipal;**
- ✓ **Certidão Negativa de Débito junto ao INSS;**
- ✓ **Certidão Negativa Conjunta de Débitos Relativos a Tributos Federais e a Dívida Ativa da União;**
- ✓ **Certidão Negativa de Débito de Tributos Estaduais ou Declaração de isenção de inscrição estadual;**
- ✓ **Certidão Negativa de Débito de Tributos Municipais;**
- ✓ **Certidão de Regularidade junto ao FGTS (CRF);**
- ✓ **RG, CPF e comprovante de endereço do representante legal;**
- ✓ **Prova do Registro no CREA pertinente à atividade exercida pela empresa.**

270

Documentos Exigidos para Pagamentos

Cópia dos seguintes documentos relativos a competência do mês imediatamente anterior:

- ✓ **GPS (Guia da Previdência Social – INSS);**
- ✓ **GFIP/SEFIP (Guia do Fundo de Garantia e Informação à Previdência) ou Declaração de ausência de fato gerador para recolhimento de FGTS completa (GFIP/SEFIP) ;**
- ✓ **GRF (Guia de Recolhimento do Fundo de Garantia);**
- ✓ **Folha de Pagamento mensal completa dos funcionários;**
- ✓ **Comprovante de recolhimento do ISS (Imposto sobre Serviços);**
- ✓ **Declaração do contador comprovando a escrituração contábil regular da empresa;**
- ✓ **Declaração do contador atestando que não há recolhimento de GPS e de FGTS;**
- ✓ **Declaração do contador atestando que não há retirada de pró-labore do(s) sócio(s) da empresa;**
- ✓ **ART do CREA referente ao serviço.**

271

**Por que não
exigimos os
ensaios e
documentações?**

272

OBRIGADO !



"do Laboratório de Pesquisa ao Canteiro de Obras"

www.phd.eng.br

11-2501-4822 / 23

11-95045-5408