



# “Estruturas de Concreto. Desempenho (NBR 15575) versus Prescrição (NBR 6118). Mitos e Verdades”



**Paulo Helene**

*Conselheiro IBRACON*

*Diretor PhD Engenharia*

*Miembro Red PREVENIR CYTED*

*fib (CEB-FIP) Member of Model Code for Service Life*

*M.Sc. PhD Prof. Titular da Universidade de São Paulo USP*

*Presidente Asociación Latino Americana de Control de Calidad y Patología ALCONPAT*

# NBR 6118:2007

Projeto de Estruturas de Concreto. Procedimento

225p.

Prefácio

Introdução

1. Objetivo
2. Referências normativas
3. Definições
4. Simbologia
5. Requisitos gerais de qualidade da estrutura e avaliação da conformidade do projeto
6. Diretrizes para durabilidade das estruturas de concreto
7. Critérios de projeto que visam a durabilidade
8. Propriedades dos materiais
9. Comportamento conjunto dos materiais
10. Segurança e estados limites
11. Ações
12. Resistências
13. Limites para dimensões, deslocamentos e abertura de fissuras
14. Análise estrutural
15. Instabilidade e efeitos de segunda ordem
16. Princípios gerais de dimensionamento, verificação e detalhamento
17. Dimensionamento e verificação de elementos lineares
18. Detalhamento de elementos lineares
19. Dimensionamento e verificação de lajes
20. Detalhamento de lajes
21. Regiões especiais
22. Elementos especiais
23. Ações dinâmicas e fadiga
24. Concreto simples
25. Interfaces do projeto com a construção, utilização e manutenção

## ANEXOS

- A Efeito do tempo no concreto estrutural
- B Índice geral
- C Índice de figuras e tabelas
- D Índice remissivo

# NBR 15575:2010

## Edifícios habitacionais de até 5 pavimentos. Desempenho

### **Parte 1 -Requisitos gerais . 60p.**

Prefácio

Introdução

1. Escopo
2. Referências normativas
3. Termos e definições
4. Exigências do usuário
5. Incumbências dos intervenientes
6. Avaliação de desempenho
7. Desempenho estrutural
8. Segurança contra incêndios
9. Segurança no uso e na operação
10. Estanqueidade
11. Desempenho térmico
12. Desempenho acústico
13. Desempenho lumínico
14. Durabilidade e manutenibilidade
15. Saúde, higiene e qualidade do ar
16. Funcionalidade e acessibilidade
17. Conforto tátil e antropodinâmico
18. Adequação ambiental

ANEXOS

### **Parte 2 -Requisitos para os sistemas estruturais. 35p.**

Prefácio

Introdução

1. Escopo
2. Referências normativas
3. Termos e definições
4. Exigências do usuário
5. Incumbências dos intervenientes
6. Avaliação de desempenho
7. Segurança estrutural
8. Segurança contra incêndios
9. Segurança ao uso e operação
10. Estanqueidade
11. Desempenho térmico
12. Desempenho acústico
13. Desempenho lumínico
14. Durabilidade e manutenibilidade
15. Saúde, higiene e qualidade do ar
16. Funcionalidade e acessibilidade
17. Conforto tátil e antropodinâmico
18. Adequação ambiental

ANEXOS

# Vida útil

## NBR 6118:2007

### 6.2 Vida útil de projeto

6.2.1 Por vida útil de projeto, entende-se o período de tempo durante o qual se mantêm as características das estruturas de concreto, desde que atendidos os requisitos de uso e manutenção prescritos pelo projetista e pelo construtor, conforme 7.8 e 25.4, bem como de execução dos reparos necessários decorrentes de danos acidentais.

O conceito de vida útil aplica-se à estrutura completa ou a todo ou às suas partes. Dessa forma, algumas partes das estruturas podem necessitar de consideração especial com valor de vida útil diferente do todo.

A durabilidade das estruturas de concreto depende da concepção e esforços coordenados de projeto, execução e manutenção nos processos de projeto, construção e utilização, devendo, como mínimo, seguir o que estabelece a ABNT NBR 12655, bem como as disposições de 25.4 referentes aos requisitos de uso, inspeção e

### 7.8 Inspeção e manutenção preventiva

7.8.1 O conjunto de projetos relativos a uma obra deve orientar-se sob uma estratégia explícita que facilite procedimentos de inspeção e manutenção preventiva da construção.

7.8.2 O manual de utilização, inspeção e manutenção deve ser produzido conforme 25.4.

### 25.4 Manual de utilização, inspeção e manutenção

Dependendo do porte da construção e da agressividade do meio e de posse das informações dos projetos, dos materiais e produtos utilizados e da execução da obra, deve ser produzido por profissional habilitado, devidamente contratado pelo contratante, um manual de utilização, inspeção e manutenção. Esse manual deve especificar de forma clara e sucinta, os requisitos básicos para a utilização e a manutenção preventiva, necessárias para garantir a vida útil prevista para a estrutura, conforme indicado na ABNT NBR 5674.

# Vida útil

## NBR 6118:2007

### 6.2 Vida útil de projeto

6.2.1 Por vida útil de projeto, entende-se o período de tempo durante o qual se mantêm as características das estruturas de concreto, desde que atendidos os requisitos de uso e manutenção prescritos pelo projetista e pelo construtor, conforme 7.8 e 25.4, bem como de execução dos reparos necessários decorrentes de danos acidentais.

6.2.2 O conceito de vida útil aplica-se à estrutura como um todo ou às suas partes. Dessa forma, determinadas partes das estruturas podem merecer consideração especial com valor de vida útil diferente do todo.

6.2.3 A durabilidade das estruturas de concreto requer cooperação e esforços coordenados de todos os envolvidos nos processos de projeto, construção e utilização, devendo, como mínimo, ser seguido o que estabelece a ABNT NBR 12655, sendo também obedecidas as disposições de 25.4 com relação às condições de uso, inspeção e manutenção.

### 7.8 Inspeção e manutenção preventiva

7.8.1 O conjunto de projetos relativos a uma obra deve orientar-se sob uma estratégia explícita que facilite procedimentos de inspeção e manutenção preventiva da construção.

7.8.2 O manual de utilização, inspeção e manutenção deve ser produzido conforme 25.4.

### 25.4 Manual de utilização, inspeção e manutenção

Dependendo do porte da construção e da agressividade do meio e de posse das informações dos projetos, dos materiais e produtos utilizados e da execução da obra, deve ser produzido por profissional habilitado, devidamente contratado pelo contratante, um manual de utilização, inspeção e manutenção. Esse manual deve especificar de forma clara e sucinta, os requisitos básicos para a utilização e a manutenção preventiva, necessárias para garantir a vida útil prevista para a estrutura, conforme indicado na ABNT NBR 5674.

# Vida útil

## NBR 15575:2010. Parte I. Anexo C

### 1. Medida temporal da durabilidade

Expressão de caráter econômico que representa a melhor relação custo global VS benefício

A VUP é uma decisão de projeto

A VUP da estrutura é igual à do edifício

Proprietário pode eleger entre VUP mínima ou superior

Deve ao Projetista de comum acordo

ou o Proprietário fixar a VUP

caso isso não esteja explícito vale

a VUP mínima da Tabela C.5, cujo

valor mínimo é de 10 anos e pode chegar

Tabela C.5 — Categorias de VUP para edifícios

Categoria	Descrição	Vida útil de projeto (VUP) para a categoria	Exemplos
1	Temporária	Por acordo e até 10 anos	Abrigos não permanentes e edifícios de exposição temporários
2	Vida curta	Período mínimo de 10 anos	Edifícios educacionais temporários, lojas de varejo, escritórios (renovação interna)
3	Vida média	Período mínimo de 30 anos	Edifícios industriais e renovação de edifícios habitacionais
4	Vida Normal	Período mínimo de 60 anos	Escolas e hospitais novos; edifícios habitacionais novos; renovação de alta qualidade de edifícios públicos
5	Vida longa	Período mínimo de 120 anos	Edifícios públicos e outros edifícios de alta qualidade

NOTA Esta Tabela é válida também para componentes, elementos e sistemas.

# Vida útil

## NBR 15575:2010. Parte I. Anexo C

1. Medida temporal da durabilidade
2. Expressão de caráter econômico
3. Melhor relação custo global VS benefício
4. A VUP é uma decisão de projeto
5. A VUP da estrutura é igual à do Edifício
6. Proprietário pode eleger entre VUP mínima ou superior
7. Cabe ao Projetista de comum acordo com o Proprietário fixar a VUP
8. Caso isso não esteja explícito vale VUP mínima da Tabela C.5, cujo mínimo é de 10 anos e pode chegar a 120 anos

Tabela C.5 — Categorias de VUP para edifícios

Categoria	Descrição	Vida útil de projeto (VUP) para a categoria	Exemplos
1	Temporária	Por acordo e até 10 anos	Abrigos não permanentes e edifícios de exposição temporários
2	Vida curta	Período mínimo de 10 anos	Edifícios educacionais temporários, lojas de varejo, escritórios (renovação interna)
3	Vida média	Período mínimo de 30 anos	Edifícios industriais e renovação de edifícios habitacionais
4	Vida Normal	Período mínimo de 60 anos	Escolas e hospitais novos; edifícios habitacionais novos; renovação de alta qualidade de edifícios públicos
5	Vida longa	Período mínimo de 120 anos	Edifícios públicos e outros edifícios de alta qualidade

NOTA Esta Tabela é válida também para componentes, elementos e sistemas.

# Comparação

## Vida útil

### NBR 15575:2010. Parte I. Anexo C

1. Medida temporal da durabilidade
2. Expressão de caráter econômico
3. Melhor relação custo global VS benefício
4. A VUP é uma decisão de projeto
5. A VUP da estrutura é igual à do Edifício
6. Proprietário pode eleger entre VUP mínima ou superior
7. Cabe ao Projetista de comum acordo com o Proprietário fixar a VUP
8. Caso isso não esteja explícito vale VUP mínima da Tabela C.5, cujo mínimo é de 10 anos e pode chegar a 120 anos

Tabela C.5 — Categorias de VUP para edifícios

Categoria	Descrição	Vida útil de projeto (VUP) para a categoria	Exemplos
1	Temporária	Por acordo e até 10 anos	Abrigos não permanentes e edifícios de exposição temporários
2	Vida curta	Período mínimo de 10 anos	Edifícios educacionais temporários, lojas de varejo, escritórios (renovação interna)
3	Vida média	Período mínimo de 30 anos	Edifícios industriais e renovação de edifícios habitacionais
4	Vida Normal	Período mínimo de 60 anos	Escolas e hospitais novos; edifícios habitacionais novos; renovação de alta qualidade de edifícios públicos
5	Vida longa	Período mínimo de 120 anos	Edifícios públicos e outros edifícios de alta qualidade

NOTA Esta Tabela é válida também para componentes, elementos e sistemas.

9. Definição da VUP
  - a) materiais
  - b) execução
  - c) manutenção
  - d) uso correto
  - e) não alterar funcionalidade



# Comparação

Descrição	NBR 15575:2010	NBR 6118:2007
<b>Nº de Pavimentos</b>	edifícios habitacionais de até 5 pavimentos	todos os edifícios
<b>Retração</b>	Parte II. 7.2.1 Nota 1: podem ser desprezadas as solicitações devidas a retração por secagem, onde aplicável, caso os materiais apresentem índices de retração livre em corpos-de-prova de laboratório inferiores a 0,06 %.	8.2.11 Considera que a retração de secagem do concreto armado varia de 0,009% a 0,044%
<b>Variação de temperatura</b>	Parte II. 7.2.1 Nota 2: podem ser desprezadas as solicitações devidas a variação de temperatura, caso sejam empregados materiais com coeficientes de dilatação térmica linear $\leq 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ .	8.2.3 para efeito de análise estrutural, o coeficiente de dilatação térmica do concreto pode ser admitido $= 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ . 8.4.3 o coeficiente de dilatação térmica do aço pode ser admitido $= 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ .

# Comparação

Descrição

NBR 15575:2010

NBR 6118:2007

<p><b>Umidade relativa do ar</b></p>	<p>Parte II. 7.2.1 Nota 3: podem ser desprezadas as solicitações devidas a variação da umidade relativa do ar, caso sejam empregados materiais que, no aumento da umidade relativa de 50 % para 100 %, estabilizam-se com expansão não superior a 0,1 %;</p>	<p>8.2.11 Considera que a expansão máxima do concreto armado de 50% a 100% de UR é da ordem de 0,08%</p>
<p><b>Combinações de serviço</b></p>	<p>Parte II. 7.3.2.1  <math>\Psi_g=1,0</math>  <math>\Psi_q=0,7</math></p>	<p>11.8.2.4 Tabela 11.3  <math>\Psi_o=1,0</math>  <math>\Psi_1=0,7</math>  <math>\Psi_2</math>=considera a ação do vento</p>
<p><b>Incêndio</b></p>	<p>Parte I. 8.1 Remete à NBR 14432</p>	<p>10.3 Remete à NBR 15200, que por sua vez remete à NBR 14432</p>
<p>Portanto, estão isentas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ qualquer edificação com área &lt;750m<sup>2</sup>;</li> <li>➤ qualquer edificação térrea;</li> <li>➤ qualquer sobrado com área &lt;1500m<sup>2</sup> e carga de incêndio específica &lt;1000MJ/m<sup>2</sup></li> </ul>		

# Comparação

Limites para deslocamentos

NBR 15575:2010  
Parte II. Item 7.3.1

NBR 6118:2007  
Item 13.3

<b>Coberturas e Varandas</b>		L/320	L/250
<b>Vibrações sentidas no piso</b>		Não especifica	L/350
<b>Paredes</b>	<b>alvenaria</b>	L/400	L/500
	<b>divisórias</b>	L/330	L/250
<b>Forros</b>	<b>rígido</b>	L/300	$H_i^*/500$
	<b>falso</b>	L/260	L/175

\*Pé-direito

# DURABILIDADE

- Capacidade do concreto resistir às *condições de serviço previstas em projeto*.
- Capacidade de se manter íntegro, não se deteriorar ao longo do tempo.

**Logo, o concreto é considerado durável quando conserva sua forma original, qualidade e capacidade de utilização, estando exposto às condições de serviço.....**

***Portanto, abordar durabilidade em condições não explícitas de exposição... merece cautela.  
Descreve-se os mecanismos de deterioração e as medidas preventivas em projetos estruturais***

# Durabilidade

É uma das Necessidades do Usuário tal como definido no conceito de desempenho pela ISO 6241 “*Performance standards in building -- Principles for their preparation and factors to be considered*”  
*Na década de 70...*

# Durabilidade

É o resultado da interação entre a estrutura de concreto, o ambiente e as condições de uso, operação e manutenção. Portanto não é uma propriedade inerente ou intrínseca à estrutura ou ao concreto. Uma mesma estrutura pode ter diferentes comportamentos, ou seja, diferentes *funções de durabilidade versus tempo.*

# **Durabilidade “NBR 6118”**

**Capacidade de uma estrutura, componente, produto ou construção de manter sua aptidão funcional para aquilo que haja sido projetada ou construída, durante um tempo mínimo especificado.**

# Durabilidade “NBR 6118”

**Segundo este conceito, as estruturas de concreto devem ser projetadas e construídas de modo que, sob as condições ambientais previstas na época do projeto e quando utilizadas conforme preconizado em projeto, conservem sua segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante o período correspondente à sua vida útil.**



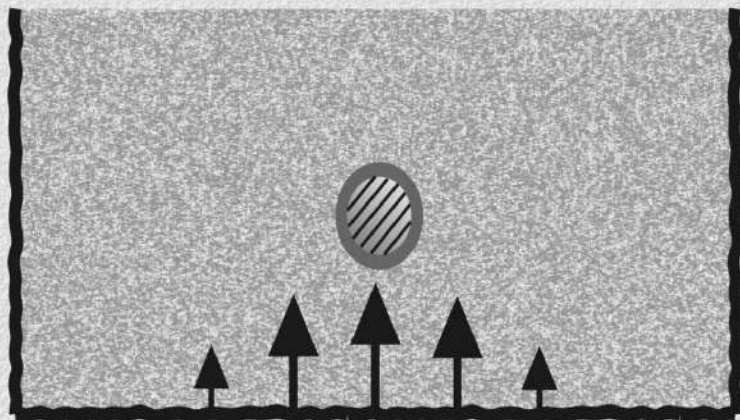
# IMPORTÂNCIA

Segundo a NBR 6118:2007, ao se projetar uma estrutura de concreto, a sua durabilidade é propriedade fundamental e deve ser considerada de forma simultânea aos aspectos de segurança.

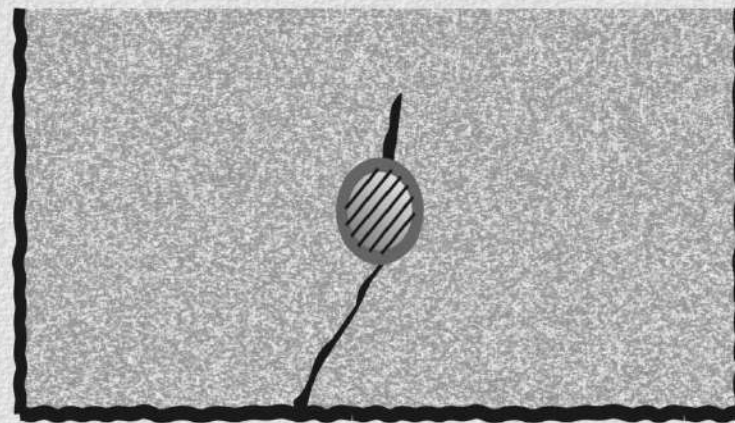
*Portanto, as condições de serviço precisam ser previamente analisadas e definidas*

# NBR 6118:2007; NBR 12655:2006; NBR 14931:2004 Vida Útil

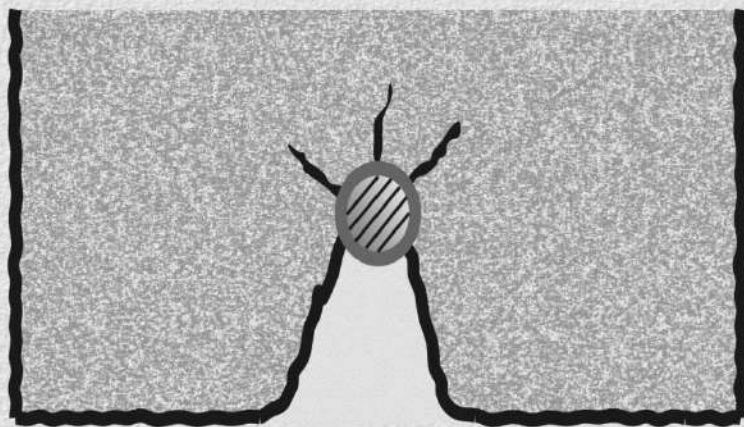
1. Define
2. Enumera os responsáveis
3. Classifica agressividade ambiental em 4 classes
4. Descreve 4 mecanismos de deterioração do concreto ; 2 das armaduras e 1 da estrutura
5. Recomenda detalhamento
6. Para cada classe recomenda qualidade do cobrimento
7. Para cada classe recomenda espessura mínima de cobrimento à armadura
8. Recomenda cura
9. Controla fissuração e flechas
10. Recomenda medidas especiais
11. Exige manutenção



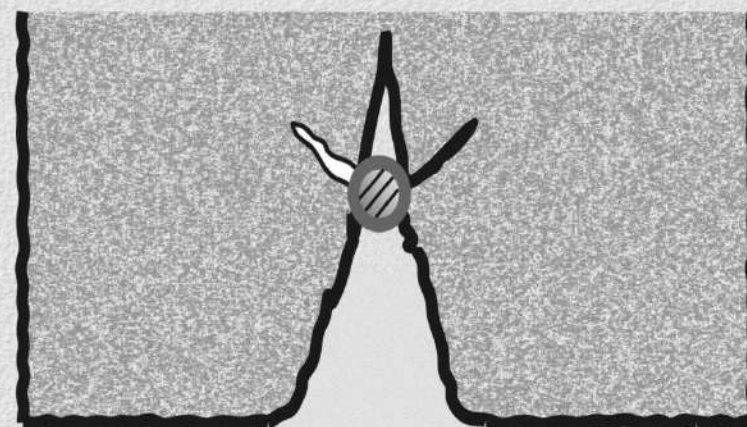
**A) Penetração de agentes agressivos por difusão, absorção ou permeabilidade**



**B) Fissuração devida as forças de expansão dos produtos de corrosão**

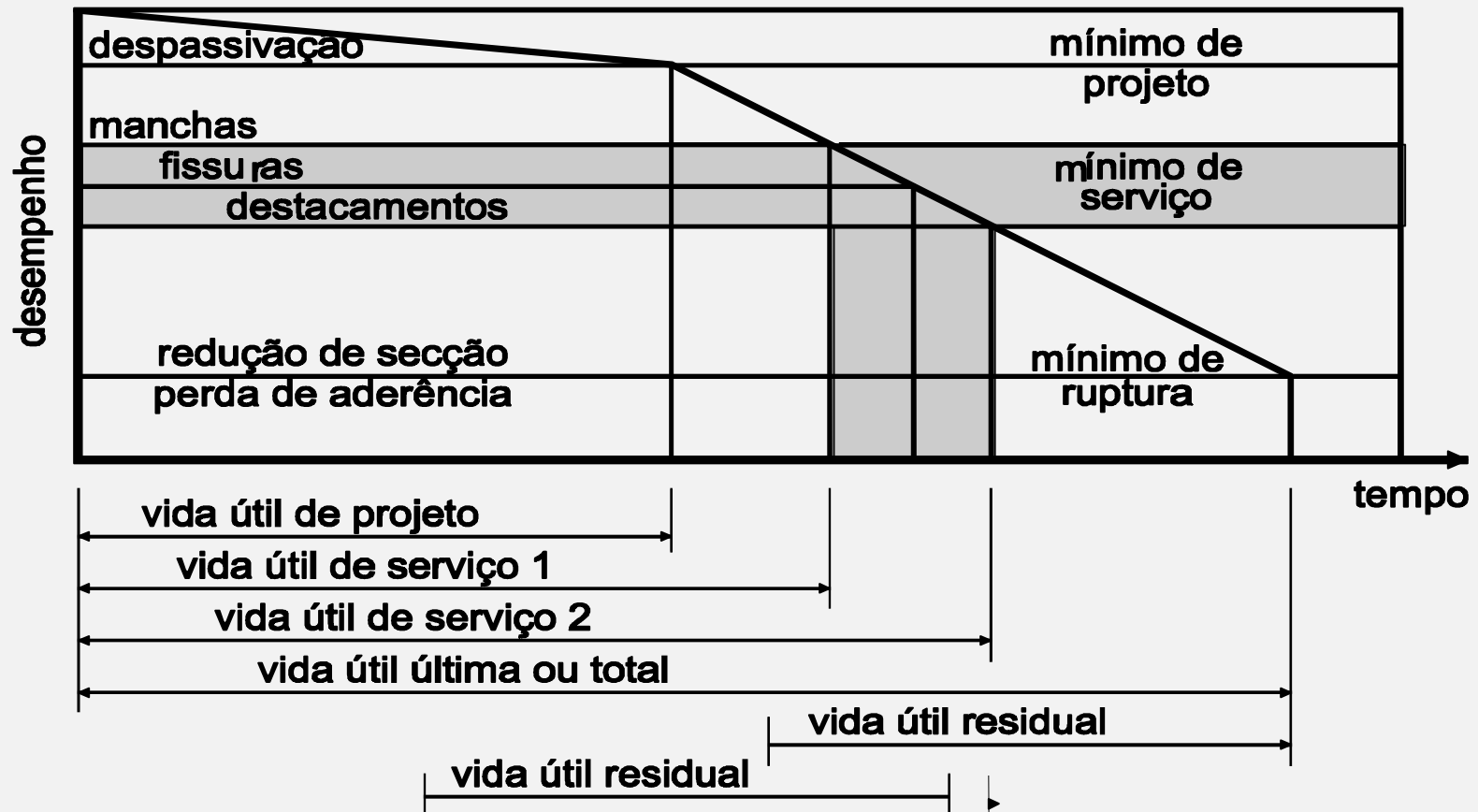


**C) Lascamento do concreto e corrosão acentuada**



**D) Lascamento acentuado e redução significativa da secção da armadura**

# Vida Útil das Estruturas de Concreto



*Conceituação de vida útil das estruturas de concreto tomando-se por referência o fenômeno de corrosão das armaduras*

# NBR 6118:2007

## *“define”*

### 6.1 EXIGÊNCIAS de DURABILIDADE

*“As estruturas de concreto devem ser projetadas e construídas de modo que sob as condições ambientais previstas na época do projeto e quando utilizadas conforme preconizado em projeto conservem suas segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante o período correspondente à sua vida útil”*

# **NBR 5674:1999** *Manutenção de Edificações. Procedimento*

## **3.4** MANUAL DE OPERAÇÃO, USO E MANUTENÇÃO

*Documento que reúne apropriadamente todas as informações necessárias para orientar as atividades de operação, uso e manutenção da edificação.*

*Deve ser elaborado em conformidade com a NBR 14037 Manual de operação, uso e manutenção das edificações. Conteúdo e recomendações para elaboração e apresentação.*

# Modelos de Previsão de Vida Útil

✓ Experiência

✓ Ensaios Acelerados

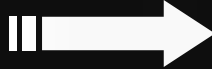
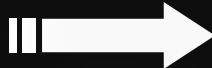

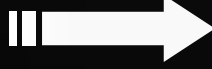
✓ Mecanismos de Transporte (determinísticos)

✓ Estocásticos (probabilístico)

# Modelos de Previsão de Vida Útil

## Experiência

### *Primeiras Normas sobre Estruturas de Concreto*

1903		Suíça
1903		Alemanha
1906		França
1907		Inglaterra



# Modelos de Previsão de Vida Útil

## Experiência

STANDARD BUILDING REGULATIONS for the USE of REINFORCED CONCRETE

National Association of Cement Users Philadelphia, USA, Feb.1910

“the main reinforcement in column shall be protect by a minimum of two inches (> 5cm) of concrete cover, reinforcement in beams by one and one-half inches (> 3,8cm) and floor slabs by one inch (>2,5 cm).”

# Modelos de Previsão de Vida Útil

## Experiência

Norma Brasileira de 1931

- ✓ Água não pode conter cloreto, sulfatos e matéria orgânica
- ✓ Cobrimento  $\geq 1,0\text{cm}$  p/lajes
- ✓ Cobrimento  $\geq 1.5\text{cm}$  p/vigas
- ✓ Cobrimento  $\geq 2.0\text{cm}$  p/pilares

# Modelos de Previsão de Vida Útil

✓ Experiência

✓ Ensaios Acelerados

✓ Mecanismos de Transporte (determinísticos)

✓ Estocásticos (probabilístico)

# Modelos de Previsão de Vida Útil

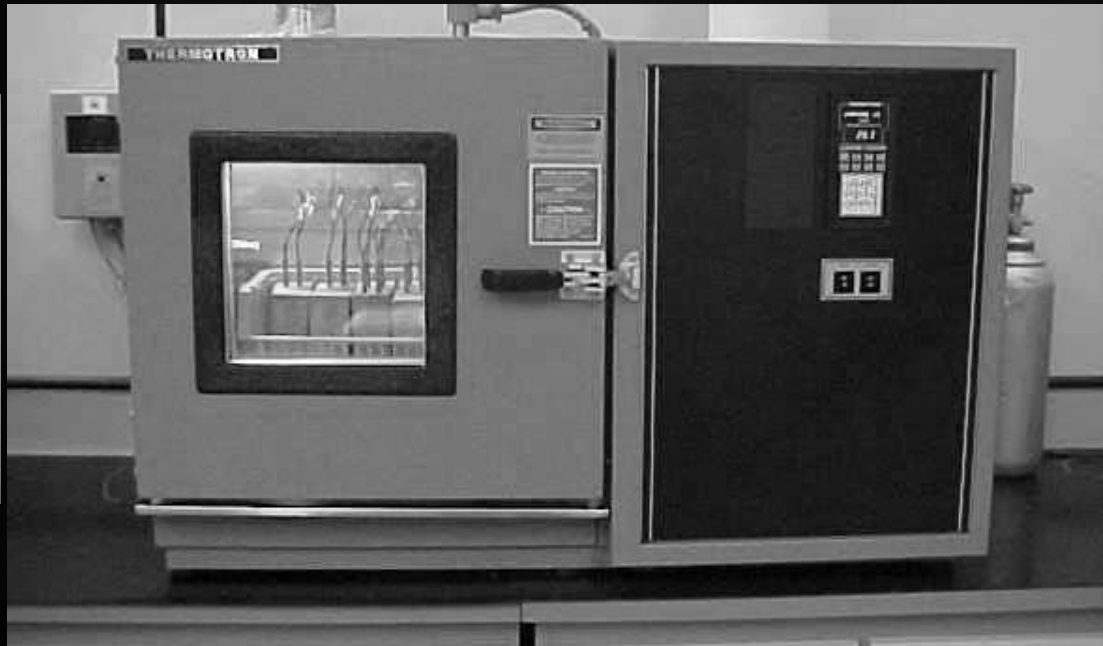
## Ensaio Acelerados

*“risco de alterar o mecanismo que ocorre ao natural”*

1. *Carbonatação acelerada*
2. *Migração de Cl<sup>-</sup> acelerada*
3. *Difusão de Cl<sup>-</sup> acelerada*
4. *Permeabilidade acelerada*
5. *Outros mecanismos*

# Modelos de Previsão de Vida Útil

## Ensaio Acelerados Carbonatação acelerada



# Modelos de Previsão de Vida Útil

## Ensaio Acelerados Migração de Cl<sup>-</sup> acelerada



# Modelos de Previsão de Vida Útil

## Ensaio Acelerados

Difusão de  $\text{Cl}^-$  acelerada



Imersão em solução de  $\text{NaCl}$  por um determinado tempo



Coeficiente de difusão de  $\text{Cl}^-$

# Modelos de Previsão de Vida Útil

## Ensaio Acelerados Permeabilidade acelerada





# Modelos de Previsão de Vida Útil

- ✓ Experiência
- ✓ Ensaios Acelerados
- ✓ Mecanismos de Transporte (determinísticos)
- ✓ Estocásticos (probabilístico)

# Principais mecanismos de transporte que atuam no concreto

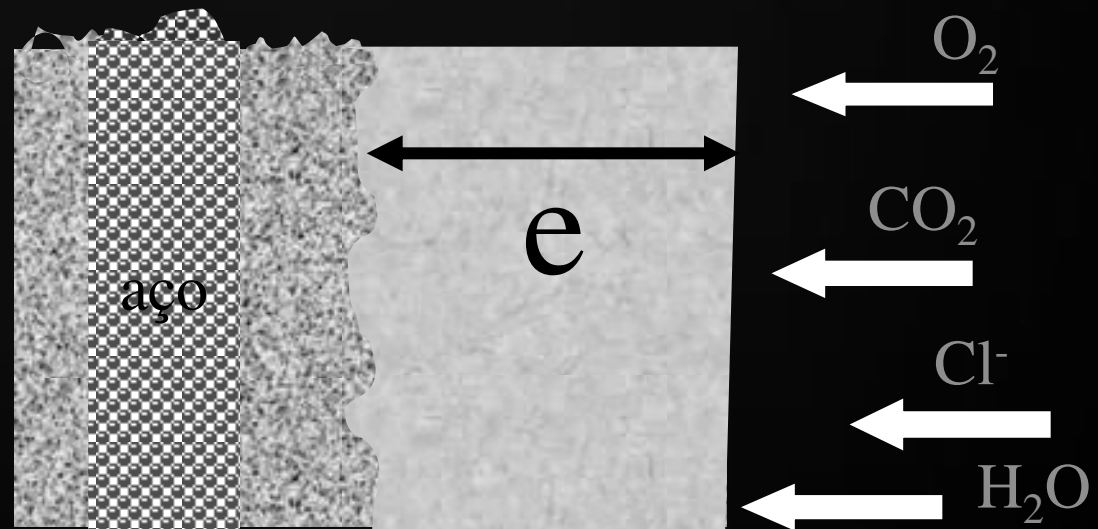
- *Permeabilidade (gradiente de pressão A&G);*
- *Sucção capilar (forças capilares de A);*
- *Difusão (gradiente de concentração salina, temperatura ou densidade AI&G);*
- *Migração (diferença de potencial AI&G).*

# Modelos de Previsão de Vida Útil

## Mecanismos de Transporte (determinísticos)

*Generalização*

$$e = k \cdot \sqrt{t}$$



# Carbonatação

$$t = \frac{e_{\text{CO}_2}^2}{k_{\text{CO}_2}^2} \text{ (anos)}$$

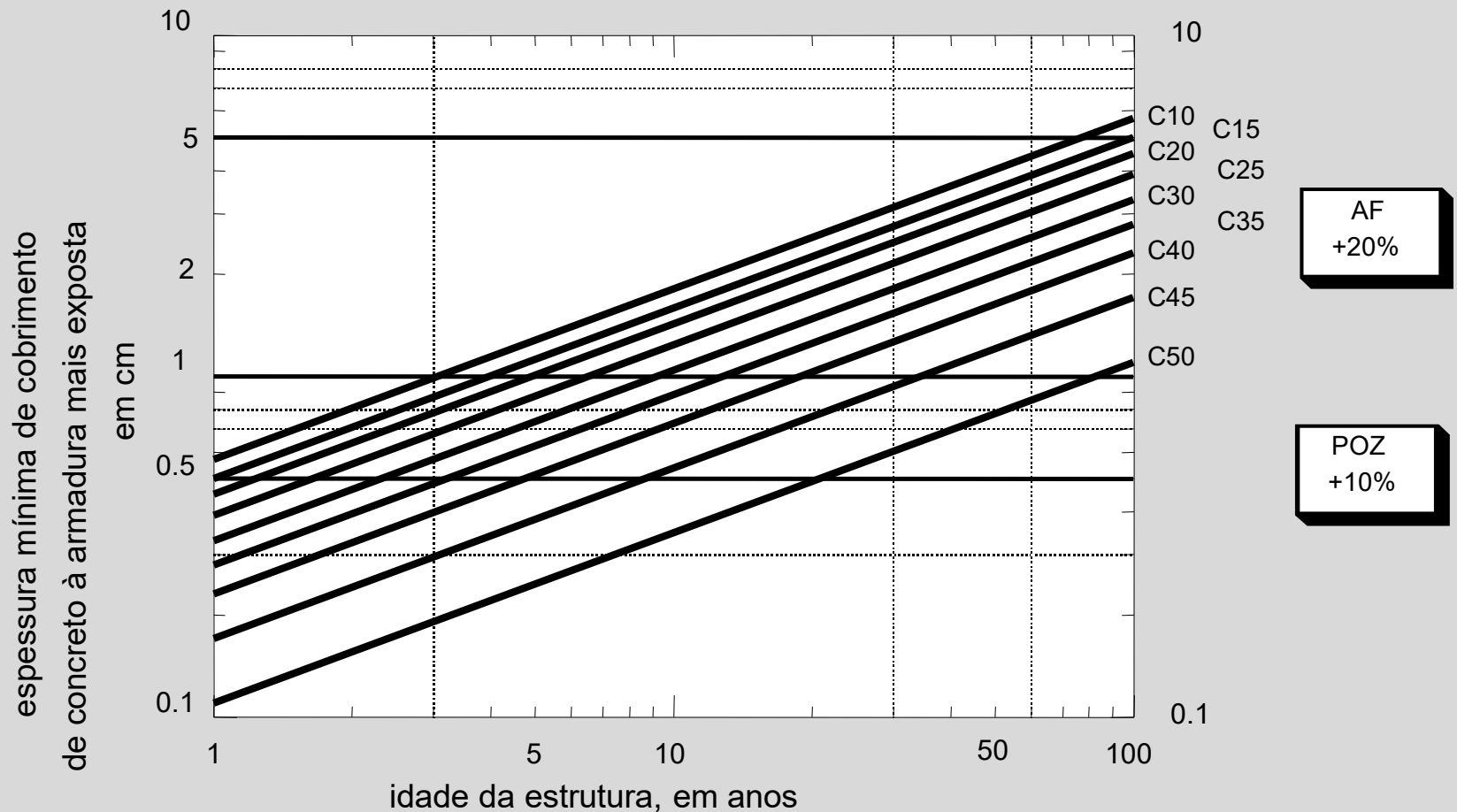
➤  $e_{\text{CO}_2} \rightarrow 1 \text{ a } 5\text{cm}$

➤  $k_{\text{CO}_2} \rightarrow 0.1 \text{ a } 1.0 \text{ cm/ano}^{1/2}$

referência

# Carbonatação

em faces dos componentes estruturais de concreto  
expostos à intempérie externas




# Modelos de Previsão de Vida Útil

- ✓ Experiência
- ✓ Ensaios Acelerados
- ✓ Mecanismos de Transporte (determinísticos)
- ✓ Estocásticos (probabilístico)

# Modelos de Previsão de Vida Útil

## Estocásticos (probabilistas)

Estatística aplicada aos modelos deterministas

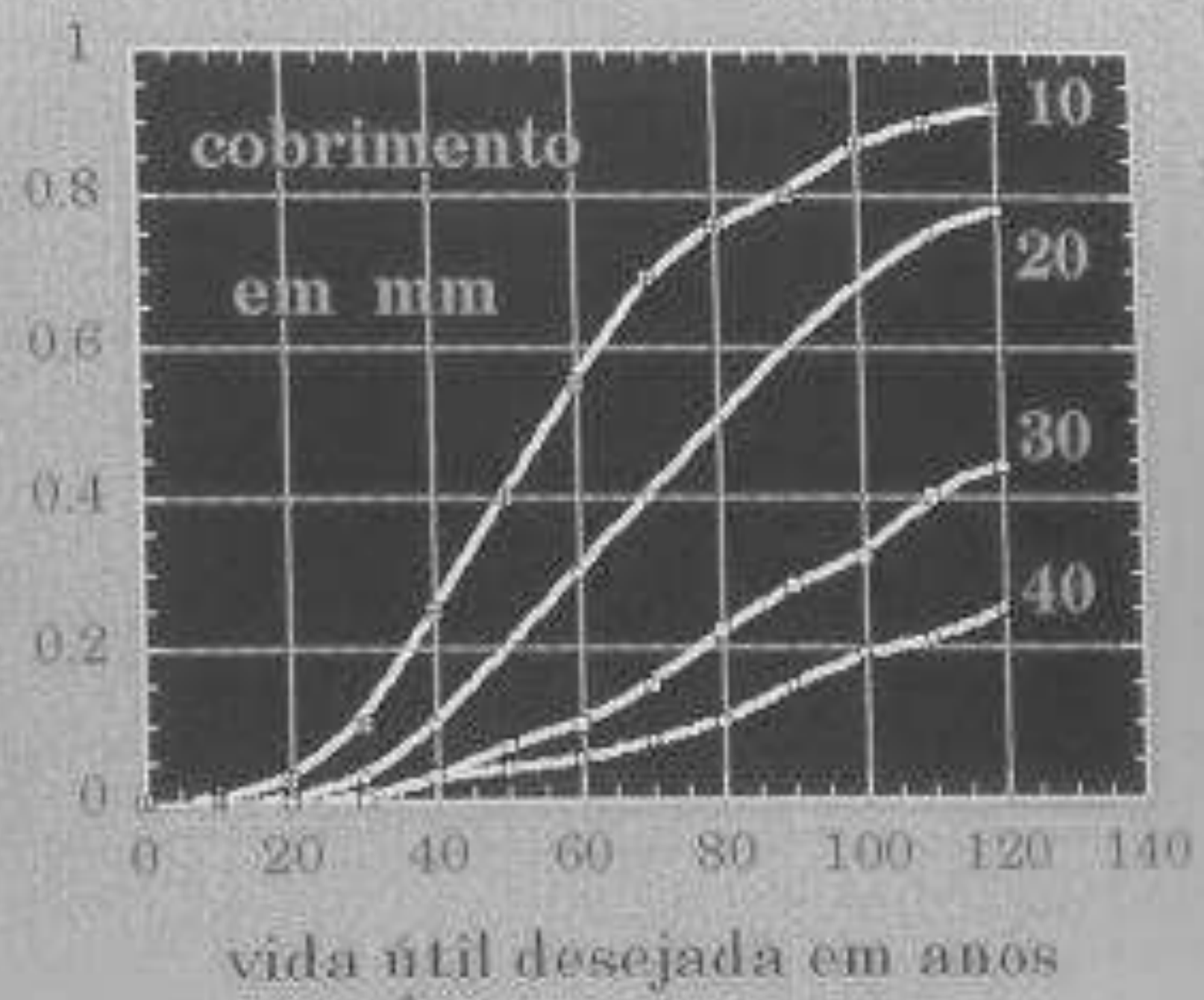


Conceito de risco (Probabilidade de falha)  
Conceito de confiabilidade



Ainda pouco utilizado

probabilidade de falha





# NBR 12655:2006

## *“enumera responsáveis”*

### 4. ATRIBUIÇÕES de RESPONSABILIDADES

*A durabilidade das estruturas de concreto requer cooperação e esforço coordenados de pelo menos seis responsáveis:*

- ✓ *proprietário,*
- ✓ *responsável pelo projeto arquitetônico,*
- ✓ *responsável pelo projeto estrutural,*
- ✓ *responsável pela tecnologia do concreto,*
- ✓ *responsável pela execução da estrutura/obra,*
- ✓ *proprietário/usuário da estrutura/obra.*

# NBR 6118:2007

*“descreve mecanismos de deterioração e envelhecimento”*

## 6.3.2 Concreto

- ✓ lixiviação;
- ✓ expansão → sulfatos
- ✓ expansão → AAR
- ✓ intemperismo → pirita/ferruginosos

## 6.3.3 Aço

- ✓ corrosão por carbonatação
- ✓ corrosão por cloretos

## 6.3.4 Estrutura

ações mecânicas, movimentações térmicas, impactos, ações cíclicas, retração, fluência e relaxação

# NBR 6118:2007

## *“classifica agressividade ambiental”*

Tabela 6.1 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 <sup>1), 2)</sup>	Pequeno
III	Forte	Marinha <sup>1)</sup>	Grande
		Industrial <sup>1), 2)</sup>	
IV	Muito forte	Industrial	Elevado
		Respingo de maré <sup>1), 3)</sup>	

# NBR 6118:2007

## *“classifica agressividade ambiental”*

- 1) uma classe de agressividade mais branda para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros cozinhas e áreas de serviço de apartamento residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).
- 2) uma classe de agressividade mais branda em: obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual a 65% partes de estruturas protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos, ou regiões onde chove raramente.
- 3) Ambientes quimicamente agressivos tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazém de fertilizantes, indústrias químicas.

# NBR 6118:2007

## “recomenda detalhamentos”

### 7.1 Simbologia

$c_{min}$  → *cobrimento mínimo de concreto à armadura, referido à distância entre a superfície do componente estrutural e a face mais externa da armadura (em geral estribo)*

$c_{nom}$  → *cobrimento nominal ( $c_{min} + \Delta_c$ )*

UR → *umidade relativa do ar em %*

$\Delta_c$  → *tolerância da espessura de cobrimento*

### 7.2 Drenagem

*Limpeza, lavagem, águas pluviais, condutores, ralos, rufos, chapins, pingadeiras, juntas de movimentação, juntas de construção, selantes, troca de aparelhos de apoio, acessos a caixões “perdidos”, insertos, renovação da impermeabilização (estanqueidade), etc.*

# NBR 6118:2007 & NBR 12655:2006

## *“qualidade do cobrimento”*

7.4.1 Devem existir estudos experimentais. Na falta adotar Tabela 7.1. (Tabela 2)

Tabela 7.1 (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	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
	CP	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$
classe de concreto (NBR 8953)	CA	$\geq C20$	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C40$
	CP	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C35$	$\geq C40$
consumo de cimento kg/m <sup>3</sup>	CA /CP	$\geq 260$	$\geq 280$	$\geq 320$	$\geq 360$

# NBR 6118:2007 & NBR 12655:2006

## *“qualidade do cobrimento”*

Tabela 3 Requisitos para o concreto em condições especiais de exposição

Concreto	Concreto de baixa permeabilidade à água	Concreto sujeito a gelo e degelo	Concreto sujeito a sais de degelo; água salgada; água de mar; zona de respingos de maré
relação a/c em massa	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$	$\leq 0,40$
classe de concreto (NBR 8953)	$\geq C35$	$\geq C40$	$\geq C45$

# NBR 6118:2007 & NBR 12655:2006

## *“qualidade do cobrimento”*

Tabela 4 Requisitos para concreto exposto a soluções contendo sulfatos

classe de agressividade	teor de sulfato solúvel na água do solo (SO <sub>4</sub> ), % em massa	teor de sulfato solúvel na água (SO <sub>4</sub> ), % em massa	relação a/c	classe de concreto (NBR 8953)
água de mar	0,10 a 0,20	0,015 a 0,15 150ppm a 1500ppm	< 0,50	> C35
esgotos, indústrias	> 0,20	➤ 0,15 ➤ 1500ppm	< 0,45	> C40

*Obs.: sempre dar preferência a cimentos resistentes a sulfatos conforme NBR 5737*



# NBR 6118:2007 & NBR 12655:2006

## *“qualidade do cobrimento”*

Tabela 5 Teor máximo de cloretos no concreto para proteção às armaduras

classe de agressividade e tipo de estrutura	teor total de íons cloreto Cl <sup>-</sup> , % em massa de cimento
concreto protendido	< 0,05
concreto armado exposto a cloretos	< 0,15
concreto armado em ambiente seco	< 0,40
outras situações	< 0,30

*Obs.: proibido o uso de aditivos contendo cloretos.*

# NBR 6118:2007

## “*espessura do cobrimento*”

7.4.7.5  $c_{nom} \geq \phi$  barra ou fio;

$c_{nom} \geq \phi$  feixe =  $\phi_n = \phi$  raiz (*ng*)

$c_{nom} \geq 0,50 \phi$  bainha

$c_{nom} \geq 0,83 \phi d_{max}$

$c_{nom} \geq 15\text{mm}$  *sempre!*

# NBR 6118:2007

## “*espessura do cobrimento*”

Tabela 7.2 Correspondência entre classe de agressividade ambiental e espessura de cobrimento nominal para  $\Delta_c = 10\text{mm}$

tipo de estrutura	componente	classe de agressividade			
		I	II	III	IV
concreto armado	laje	$\geq 20$	$\geq 25$	$\geq 35$	$\geq 45$
	viga / pilar	$\geq 25$	$\geq 30$	$\geq 40$	$\geq 50$
concreto protendido	todos	$\geq 30$	$\geq 35$	$\geq 45$	$\geq 55$

7.4.7.4 Para controle de qualidade rigoroso e rígidos limites de tolerância da execução, permite-se adotar  $\Delta_c = 5\text{mm}$  e portanto reduzir em 5mm os limites da Tabela 7.2 (cuidado com anti-ética!)

7.4.7.7 Para pré-moldados seguir NBR 9062.

# NBR 6118:2007

## “controle da fissuração”

Tabela 13.3 Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura, em função das classes de agressividade ambiental

tipo de estrutura	combinações de ações em serviço a utilizar	classe de agressividade		
		I	II & III	IV
concreto simples	--	qq	qq	qq
concreto armado	combinação frequente	$W_k \leq 0,4\text{mm}$	$W_k \leq 0,3\text{mm}$	$W_k \leq 0,2\text{mm}$
concreto protendido, nível 1, protensão parcial	combinação frequente	$W_k \leq 0,4\text{mm}$	$W_k \leq 0,2\text{mm}$	<i>nihil</i>

# NBR 6118:2007

## *“controle da fissuração”*

1. Só vale para componentes fletidos e nas condições de serviço. E.L.S.;
2. Só vale para a abertura de fissura na superfície do componente e na direção transversal à armadura principal;
3. Como controlar fissuras decorrentes de efeitos térmicos, retração, expansão, corrosão do aço?
4. As consequências de uma fissura são somente corrosão do aço/armadura, ou seja, durabilidade?
5. Conta efeito psicológico?
6. E mecânico de comportamento global?

# NBR 14931:2004

## *“controle da execução”*

### 10.1 Cura e cuidados especiais

- ✓ Para fins de assegurar eficiente hidratação do cimento é necessário curar com água potável ou alcalina as superfícies expostas do concreto até que este atinja 15MPa;
- ✓ Para fins de assegurar qualidade da superfície do ponto de vista da abrasão e acabamento deve-se curar até atingir 0,85 de  $f_{ck}$ ;
- ✓ Para evitar fissuração deve-se curar até que a resistência do concreto à tração supere as tensões de tração decorrentes dos esforços de retração restringida;
- ✓ Vale para retração hidráulica e para retração térmica.

# NBR 6118:2007

## *“medidas especiais”*

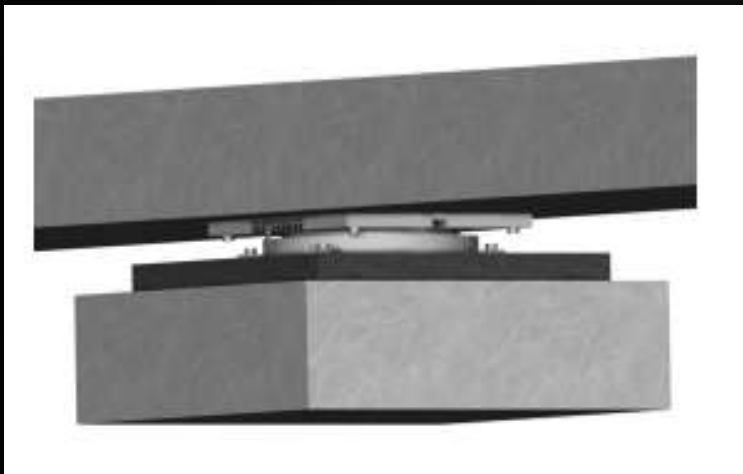
7.7 “Em condições de exposição adversas devem ser tomadas medidas especiais do tipo:

- ✓ aplicação de revestimento hidrofugantes;
- ✓ pinturas impermeabilizantes;
- ✓ revestimentos de argamassas e cerâmicas ou outros;
- ✓ galvanização da armadura;
- ✓ proteção catódica da armadura;
- ✓ outros.

# Considerações Finais

Toda estrutura de concreto pode conter elementos com vida útil inferior à da estrutura ou edifício.

Exemplos:



Aperelhos de apoio



Proteção superficial de concreto



# Qualidade da Construção



Colapso de metade do  
Edifício Palace II  
Barra da Tijuca, RJ 1974

Diagnóstico:  
um dos pilares foi projetado e  
construído para 270t e na realidade  
deveria suportar 420t

Moral da História

O conceito de Vida Útil não resolve  
problemas de erros grosseiros,  
ganância, omissões, falta de ética,  
desonestidade, malandragem.

# Edifício Comercial

---

2009

fissuras em lajes

*obra nova*





Diagnóstico:  
Mal posicionamento de armadura  
negativa das lajes adjacentes, sobre as  
vigas, devido a pisoteio durante a  
concretagem



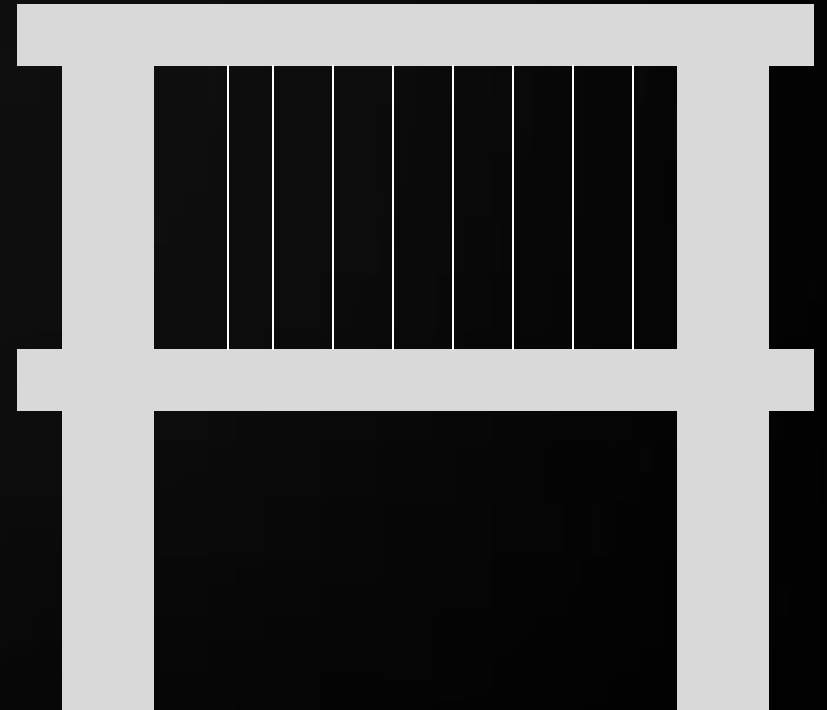




Laje de 15cm de espessura :  
 $375\text{kg/m}^2$

Dimensionada para  $150\text{kg/m}^2$

1 ano de idade







# Edifício Habitacional

---

armadura de

pilares

*obra nova*







Cabeça de pilar sem  
ganchos transversais  
nem estribos











Qual o papel  
do  
Construtor?

- ✓ Tornar realidade um Projeto
- ✓ Compatibilizar sonhos (projetos)
- ✓ Realizar expectativas
- ✓ Liderar operários (dar o exemplo, saber fazer, dar importância ao que eles fazem)
- ✓ Não é gerenciar, nem projetar!

terceirizar um

serviço  $\neq$

terceirizar

responsabilidade

---

**outro caso**

**desastroso!**

## LEVANTAMENTO DE CAMPO DAS ARMADURAS PILARES

PILAR	DIMENSÃO PILAR NO SUBSOLO (cm)	FERRO LONGITUDINAL EXECUTADO (QUANT./mm)	FERRO LONGITUDINAL PROJETADO (QUANT./mm)	diferença
01	(20 x 100)	10 Ø 12.5	14 Ø 10.0	+12 %
02	(30 x 50)	22 Ø 12.5	16 Ø 16.0	- 16 %
03	(20 x 100)	48 Ø 16.0	50 Ø 16.0	- 4 %
04	(20 x 100)	24 Ø 16.0	36 Ø 16.0	- 33 %
05	(30 x 50)	24 Ø 12.5	18 Ø 16.0	- 19 %
06	(20 x 100)	10 Ø 12.5	14 Ø 10.0	+12 %
07	(20 x 70)	10 Ø 10.0	10 Ø 10.0	-----
08	(20 x 70)	08 Ø 12.5	08 Ø 10.0	+ 56 %
09	(25 x 80)	28 Ø 16.0	20 Ø 20.0	- 10 %

Registrado em 06 de abril de 2011.

Livro: 010/ENG.

				<b>diferença</b>
<b>10</b>	(20 x 100)	34 Ø 12.5	34 Ø 16.0	<b>- 39 %</b>
<b>11</b>	(25 x 125)	18 Ø 12.5	28 Ø 10.0	<b>+5 %</b>
<b>12</b>	(25 x 178)	38 Ø 10.0	38 Ø 10.0	-----
<b>13</b>	(25 x 178)	16 Ø 16.0	38 Ø 10.0	<b>+8 %</b>
<b>14</b>	(25 x 125)	18 Ø 12.5	28 Ø 10.0	<b>+0,5 %</b>
<b>15</b>	(20 x 218)	34 Ø 10.0	34 Ø 10.0	-----
<b>16</b>	(20 x 218)	Ø 10.0	34 Ø 10.0	-----
<b>17</b>	(20 x 70)	10 Ø 10.0	10 Ø 10.0	-----
<b>18</b>	(30 x 70)	18 Ø 12.5	28 Ø 10.0	<b>+0,5 %</b>
<b>19</b>	(30 x 70)	08 Ø 16.0	20 Ø 10.0	<b>+2 %</b>
<b>20</b>	(20 x 70)	08 Ø 12.5	08 Ø 10.0	<b>+56 %</b>
<b>21</b>	(20 x 70)	12 Ø 12.5	30 Ø 10.0	<b>- 37 %</b>
<b>22</b>	(“25” x 100)	42 Ø 16.0	30 Ø 20.0	<b>- 10 %</b>
<b>23</b>	(“25” x “208”)	34 Ø 12.5	76 Ø 10.0	<b>- 30 %</b>
<b>24</b>	(“25” x 100)	42 Ø 16.0	34 Ø 20.0	<b>- 21 %</b>
<b>25</b>	(20 x 70)	08 Ø 12.5	16 Ø 10.0	<b>- 22 %</b>

Obs: Foi constatado que todos os estribos possuíam bitolas de 4.2mm com espaçamento entre eles de 15cm exceto o pilar P15 que possui estribos de 6.3mm e espaçamento igual aos demais.





# Edifício Real Class



*Belém do Pará*

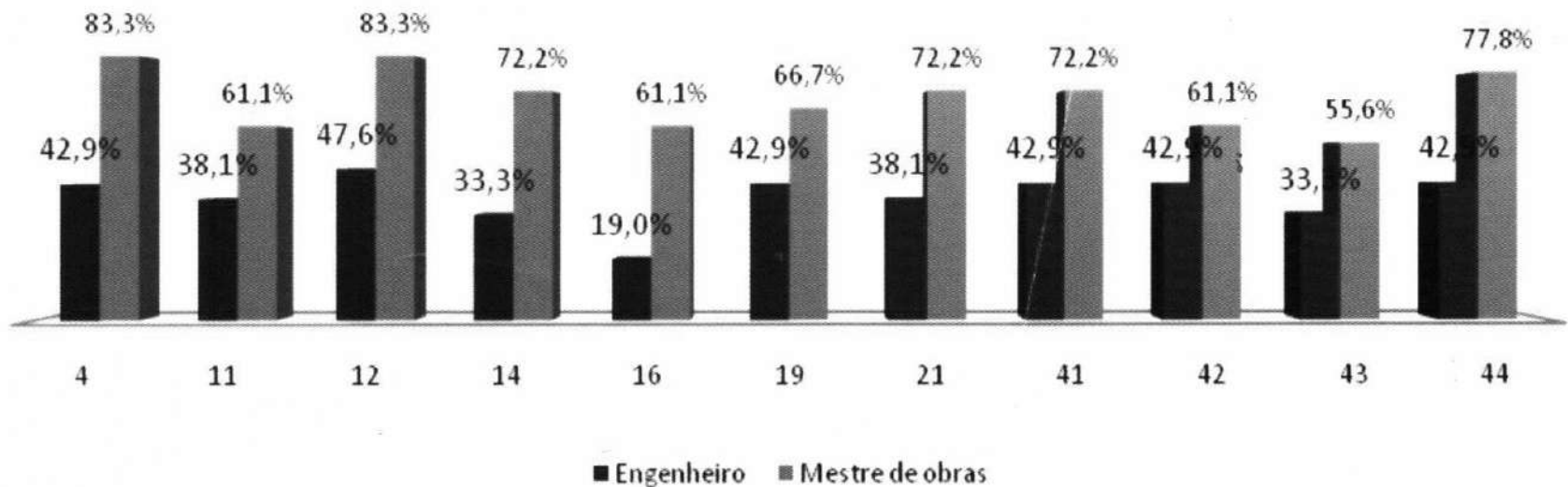
*34 pavimentos*

*105m*

*20.01.2011*

*35MPa*

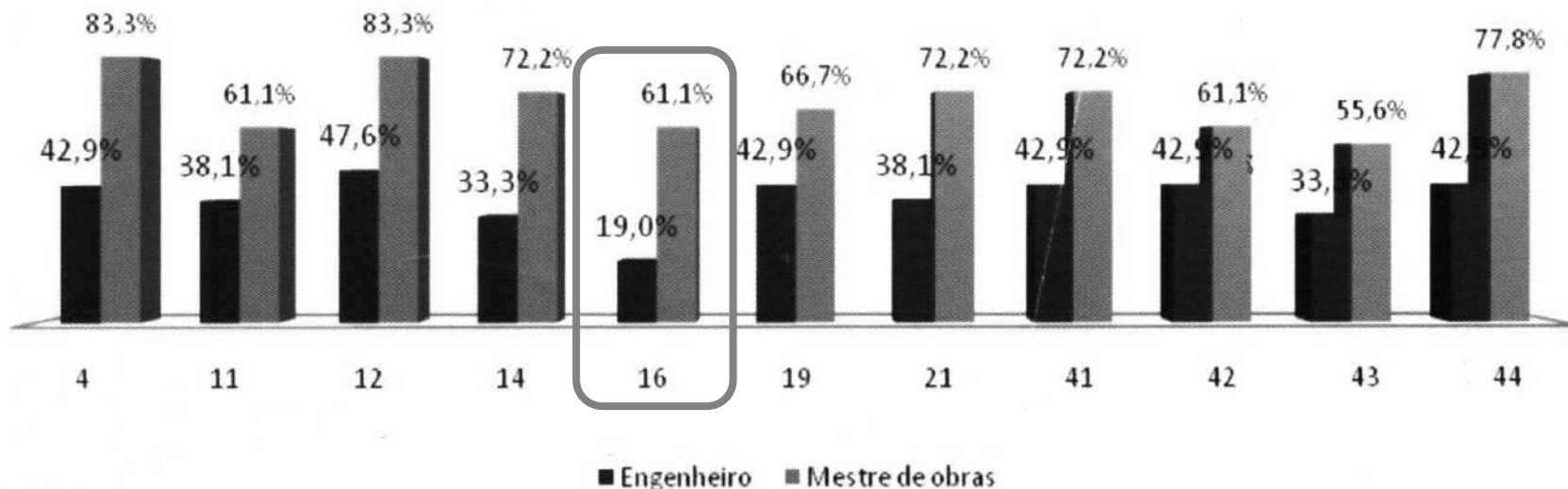
**Figura 3 – Desvios de função**



### DESVIOS DE FUNÇÃO DE UM MESTRE DE OBRAS

- 4. Decidir onde serão depositados os materiais utilizados no decorrer da obra, de acordo com a sua experiência.
- 11. Fazer a locação da obra a partir de pontos de referência definidos pelo topógrafo (ou outro profissional).
- 12. Conferir os gabaritos de marcação de obra (distância entre eixos e níveis de referência) antes de dar seqüência aos serviços.
- 14. Relatar todas as excentricidades, ocorridas na execução da fundação ao engenheiro residente ou calculista.
- 16. Autorizar trocas de bitolas de aço na falta dos materiais pré-determinados.
- 19. Autorizar a substituição de materiais por conta própria (madeiras/compensados) na falta daqueles previstos.
- 21. Definir os espaçamentos das escoras.
- 41. Solicitar compras de materiais.
- 42. Solicitar (compra/aluguel) máquinas e equipamentos de pequeno e médio porte.
- 43. Conhecer a freqüência diária de todos os funcionários inclusive de empreiteiros.
- 44. Acompanhar a movimentação (material/equipamentos/resíduos) tudo o que entra e sai do canteiro diariamente.

Figura 3 - Desvios de função



### DESVIOS DE FUNÇÃO DE UM MESTRE DE OBRAS

4. Decidir onde serão depositados os materiais utilizados no decorrer da obra, de acordo com a sua experiência.
11. Fazer a locação da obra a partir de pontos de referência definidos pelo topógrafo (ou outro profissional).
12. Conferir os gabaritos de marcação de obra (distância entre eixos e níveis de referência) antes de dar seqüência aos serviços.
14. Relatar todas as excentricidades, ocorridas na execução da fundação ao engenheiro residente ou calculista.
16. Autorizar trocas de bitolas de aço na falta dos materiais pré-determinados.
19. Autorizar a substituição de materiais por conta própria (madeiras/compensados) na falta daqueles previstos.
21. Definir os espaçamentos das escoras.
41. Solicitar compras de materiais.
42. Solicitar (compra/aluguel) máquinas e equipamentos de pequeno e médio porte.
43. Conhecer a freqüência diária de todos os funcionários inclusive de empreiteiros.
44. Acompanhar a movimentação (material/equipamentos/resíduos) tudo o que entra e sai do canteiro diariamente.

**Edifício Habitacional**

---

concretagem

de pilares

*obra nova*







P5 - 2:55





P10-2:55



# CONSTRUTOR

precisa ter consciência  
de que a consequência  
de seus atos pode levar  
anos para aparecer!

# Edifício Areia Branca

Recife, Pernambuco

14 de outubro de 2004

quinta-feira às 20:30h

1977 → 1979

25 anos

12 andares + térreo + 1 garagem



EDIFÍCIO AREIA BRANCA – Pernambuco

semanas antes

ED AREIA BRANCA 2862





Escombros - manhã seguinte do desabamento





Edificações Vizinhas









Ligação pilar - sapata com redução da  
seção transversal do pilar









Ligação pilar - sapata com redução da seção transversal do pilar



> 20cm!!!





**Edifício Solar da Piedade**

vizinho ao

**Areia Branca**

**Recife, Pernambuco**

**novembro de 2004**

**inspeção impede colapso**



Edifício Solar da Piedade, Boa Viagem, Recife PE









# CONSTRUTOR

precisa ter consciência  
de que as consequências  
de seus atos podem ser  
desastrosas e onerosas!

# Shopping Center

bicheiras e ninhos de  
concretagem em vigas



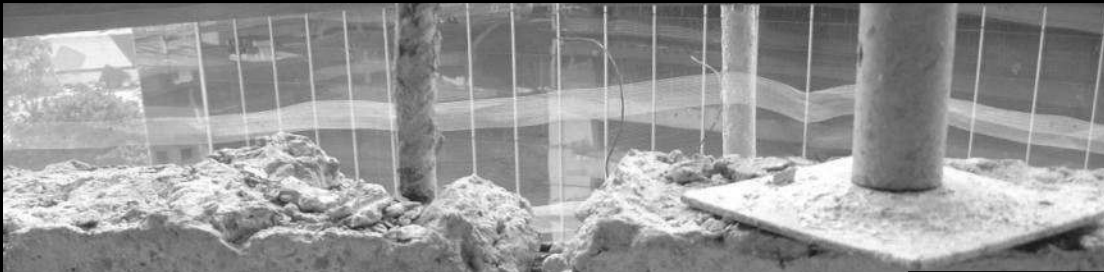
# *Bicheiras nas Vigas (falta de adensamento)*



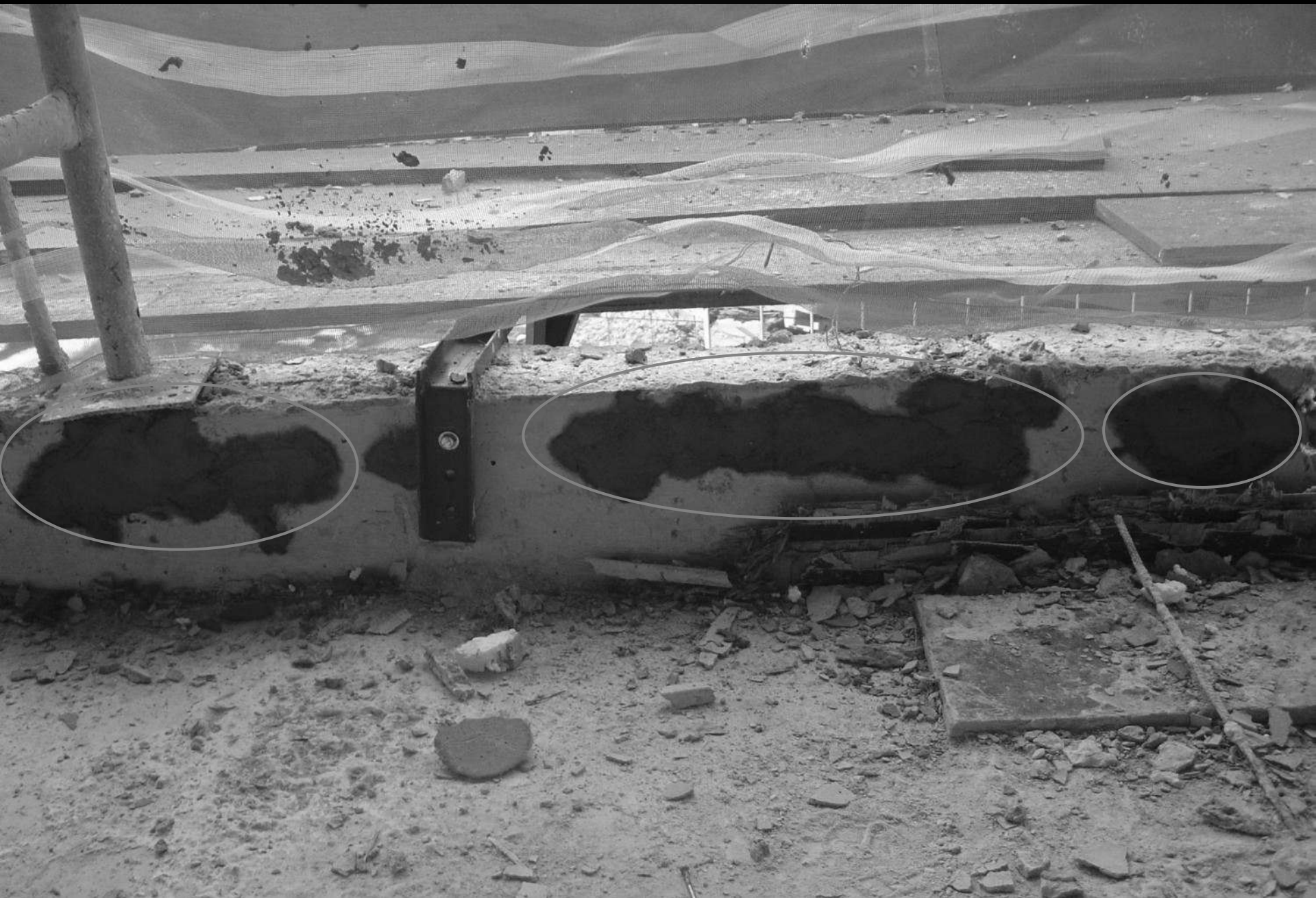
# *Bicheiras nas Vigas (falta de adensamento)*



# *Bicheiras nas Vigas (falta de adensamento)*



# “Recuperação” das Bicheiras com Argamassa Comum



# *Vigas “Recuperadas”*



# *Vigas “Recuperadas” (fissuradas)*



# Edifício Emblemático

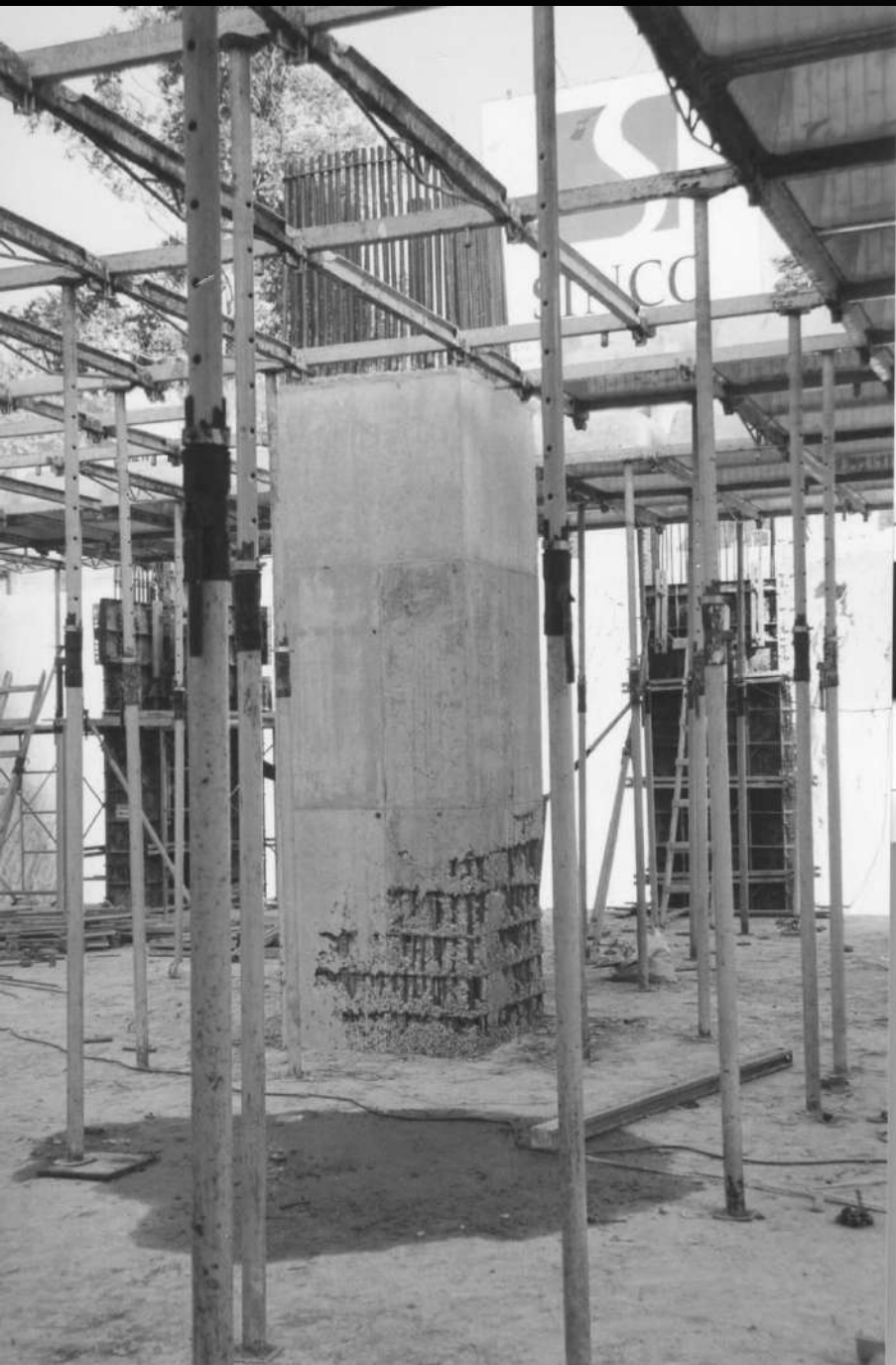
Alphaville, São Paulo

50MPa

35 andares

Comercial

ninho de concretagem





















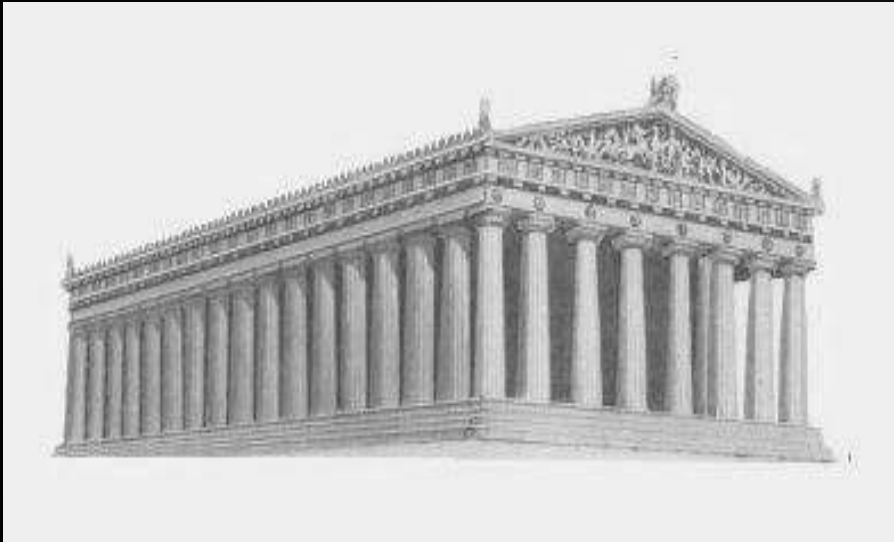


**Qual a  
MISSÃO do  
Construtor?**

# O CONCEITO DE CONSTRUIR COM DURABILIDADE EXISTE NAS OBRAS DESDE A ANTIGUIDADE

*razão áurea C/L = 1,618 número phi (Phidias)*

Arquitetos Ictinos de Mileto e Calícrates (*escultor Fídias*)



**Pártenon, 440 aC**  
**“século de Péricles”**



Panteão  
de  
Roma





# Cúpula do Panteão de Roma

Século II dC → Diâmetro de 44m





# *Catedral de Notre Dame*



1163-1330

Abóbada da nave central → 35 m de altura



# Ouro Preto

Foto De Laila



# Parati





**Comprometimento!**

**Do your best!**

Obrigado!

