

# Workshop e Mesa-Redonda SECOVI:

Inspeções Prediais e Estratégias de Manutenção para a Gestão da Conservação de Edificações

21 de Setembro 2012

Principais **mecanismos** que  
**comprometem o desempenho**  
**estrutural** ao longo da vida útil.

Francisco Paulo Graziano  
Pasqua & Graziano

# Vida útil de projeto

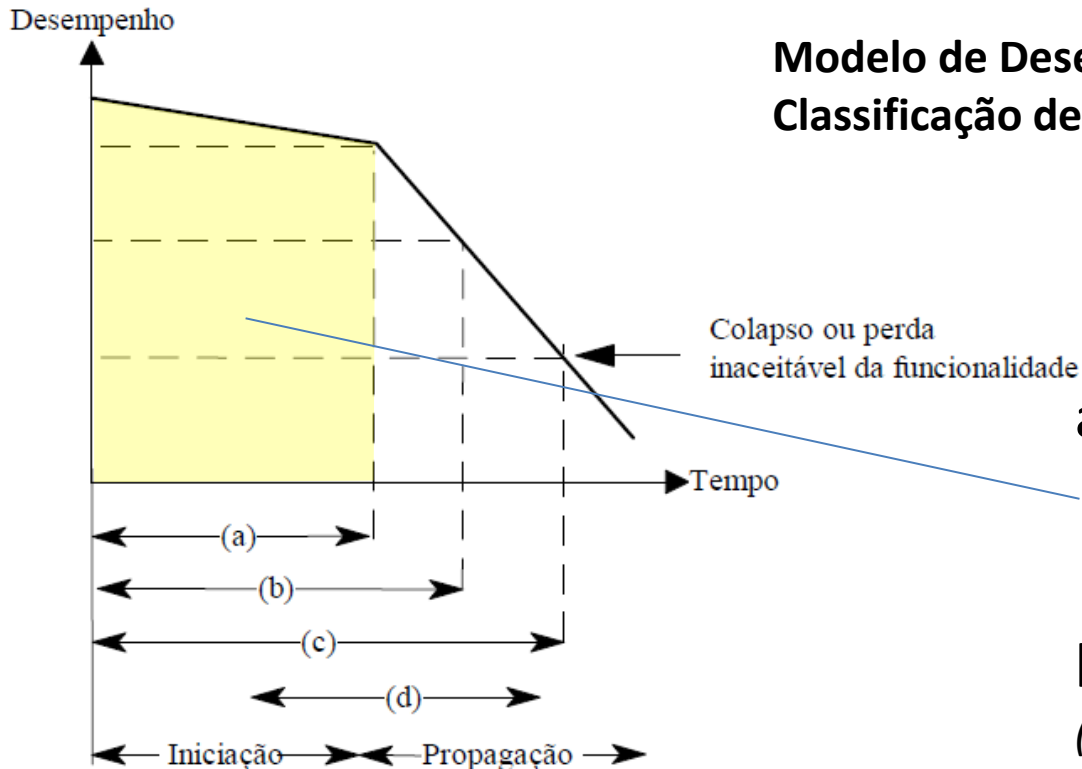
item 6 da NBR-6118

- **Diretrizes para durabilidade das estruturas de concreto**

## 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 sua **segurança, estabilidade e aptidão em serviço** durante o período correspondente **à sua vida útil**.

# O que é de vida útil de projeto



## Modelo de Desempenho com o tempo e Classificação de vida útil

- a) Vida útil de Projeto  
*(ausência de intervenções exceto as previstas no manual de manutenção)*
- b) Vida útil de Serviço  
*(necessário intervenções e correções)*
- c) Vida útil Total

(Paulo Helene - 1993)

# Fatores que comprometem a vida útil de projeto

- Mudança do uso ou finalidade do edifício
- Alteração das características do carregamento atuante
- Mudança ambiental onde a obra está inserida ou do ambiente interno desta.
- Falta de inspeção e manutenção

# Mudança do uso ou finalidade do edifício

- Exemplo de Edifício residencial transformado em comercial.
  - *Aumento das cargas de utilização de  $1,5\text{kN/m}^2$  para  $3,0\text{kN/m}^2$*
  - *Diferentes equipamentos e utilidades (furos, passagens,...)*
  - *Retirada de divisórias (alvenarias) que podem estar colaborando na estabilidade global.*
  - *Risco de dano de algum elemento estrutural durante a reforma*

# Alteração das características do carregamento atuante

- Mesmo sem mudar a finalidade do imóvel, mudanças de cultura e hábitos da população podem induzir a aumento de cargas ou interferência com o bom funcionamento estrutural:
  - Reformas do apartamento de alto padrão
  - Aumento da família, novo dormitório condicionado
  - Separação do casal: aquário na sala, ofurô no terraço.

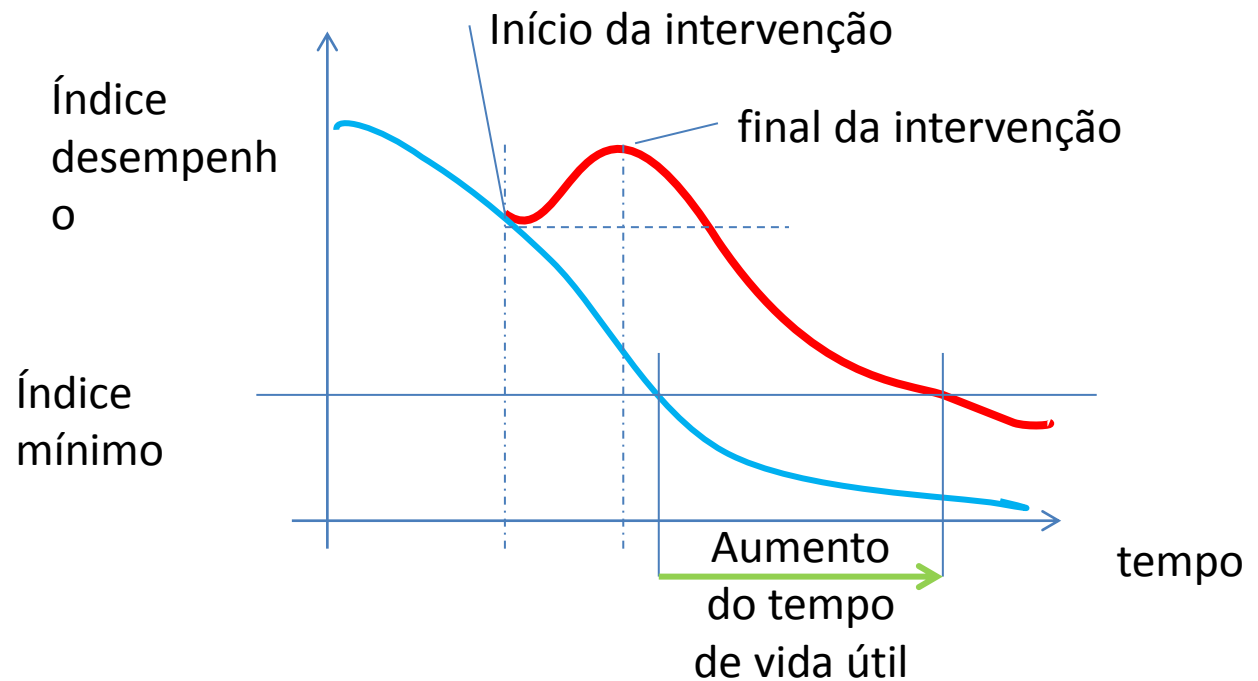


# Mudança ambiental onde a obra está inserida ou do ambiente interno desta.

- *Exemplos:*
  - *Uma edificação que inicialmente encontrava-se em região campestre agora está inserida em região industrial.*
  - *Um edifício é invadido e os ocupantes utilizam um dormitório como cozinha ou banheiro.*

# Falta de inspeção e manutenção

- A vida útil TOTAL pode ser estendida com inspeções rotineiras que realizem diagnóstico e promovam manutenções preventivas e corretivas.





# Mecanismos de perda de durabilidade

- Corrosão das armaduras de aço
  - *Despassivação do concreto*
    - *Concreto com cobrimento insuficiente*
    - *Concreto poroso*
    - *Tempo de vida útil esgotado ( edifícios antigos)*
  - Contaminação por cloretos ( além das condições acima)
    - *Exposição a cloretos (zona marinha, academias, caixas d'água, etc..)*

# Mecanismos de perda de durabilidade

- Desagregação ou perda das características mecânicas do concreto:
  - *Abrasão*
  - *Lixiviação*
  - *Ataques ao concreto por agentes químicos*

# Perda da durabilidade por falha de projeto ou de construção

- Projeto arquitetônico com falta de proteção às intempéries.
- Cobrimento ou proteção inadequados
- Fator A/C alto para o nível de exposição
- Alojamento das armaduras em posição equivocada (excesso de cobrimento) induzindo a fissuração e perda da capacidade portante (negativos em lajes em balanços)



# Risco e Durabilidade

- O risco de patologias e de ruptura de uma construção pode ser avaliado pela seguinte expressão, que qualifica a influencia de cada fase da obra. Esta medida procura medir a probabilidade de ocorrer ruptura

Qualidade da Documentação = 0 a 1

Qualidade da Fiscalização = 0 a 1

$$\text{Risco} = \frac{1}{\text{QC} \times \text{QD} \times \text{QF} \times \text{QM}} < \frac{1}{1.000.000}$$

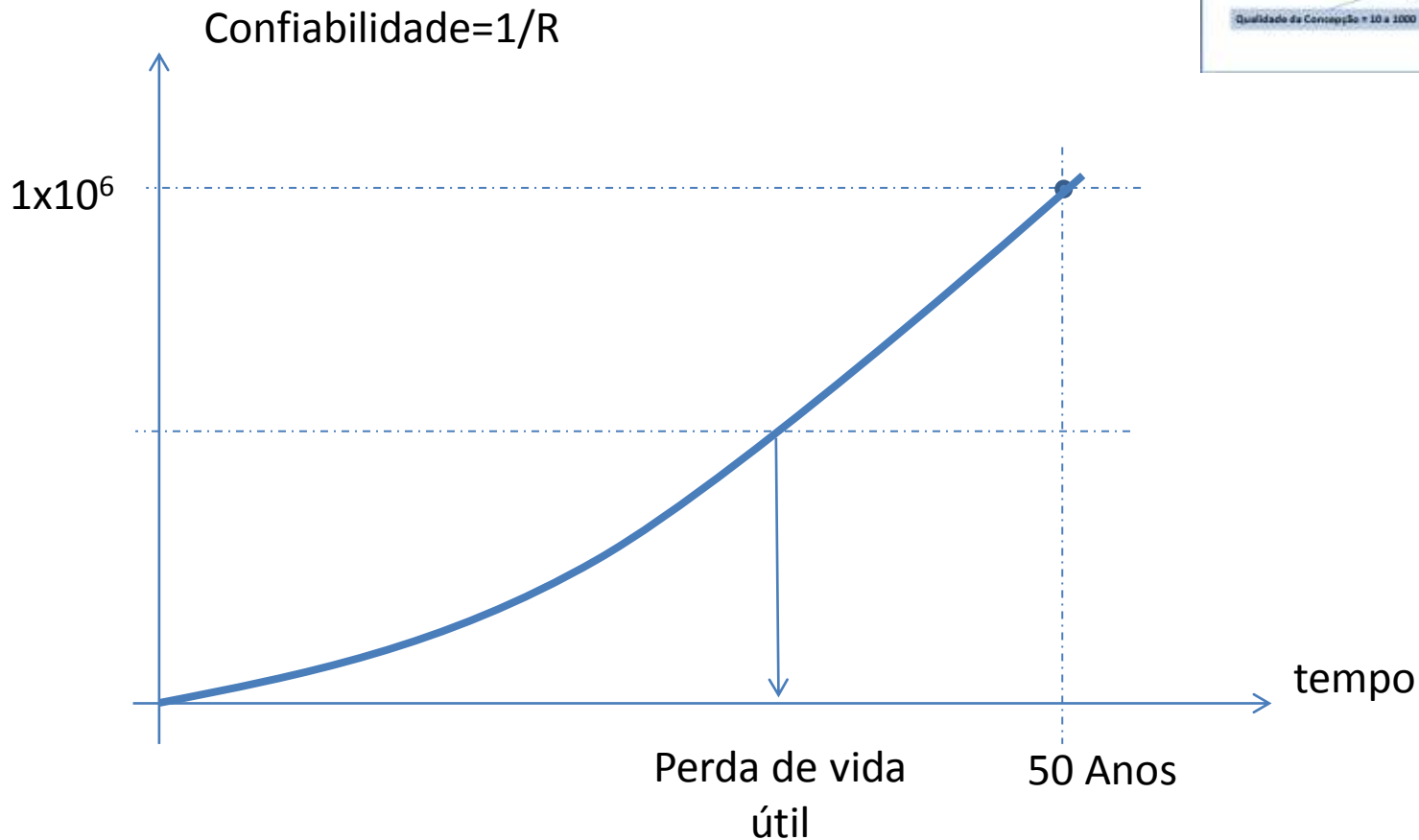
Qualidade da Concepção = 10 a 1000

Qualidade dos Materiais = 10 a 1000

# Vida útil de projeto

## X

# confiabilidade estrutural



### Risco e Durabilidade

- O risco de patologias e de ruptura de uma construção pode ser avaliado pela seguinte expressão, que qualifica a influencia de cada fase da obra. Esta medida procura medir a probabilidade de ocorrer ruptura

$$\text{Risco} = \frac{1}{Q_C \times Q_D \times Q_F \times Q_M} < \frac{1}{1.000.000}$$

Qualidade da Documentação = 0 a 1

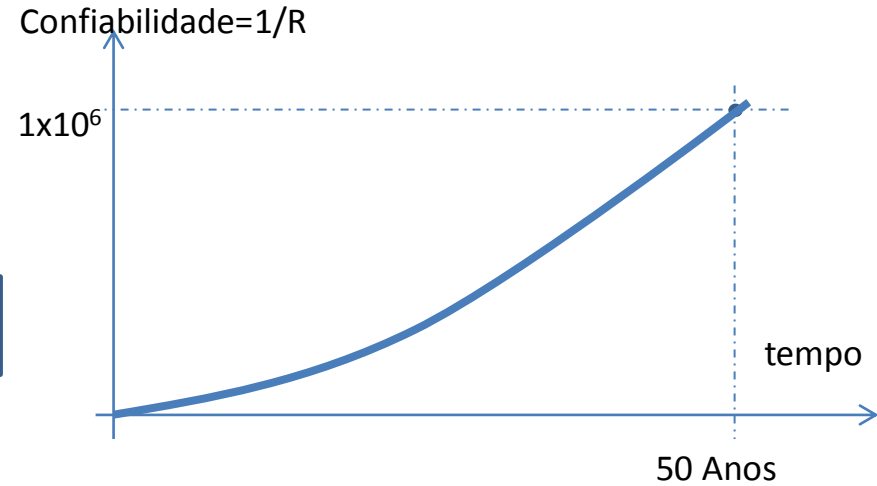
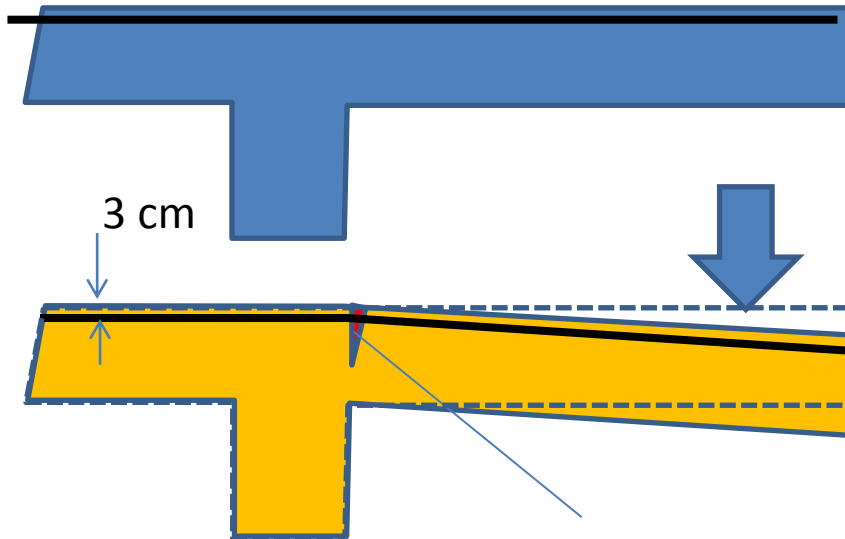
Qualidade da Fixação = 0 a 1

Qualidade da Concepção = 10 a 1000

Qualidade dos Materiais = 10 a 1000

# Exemplo 1

Laje com  $h=10$  cm



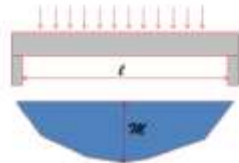
Posição correta da armadura e fissuração sob controle  
Confiabilidade adequada

## Exemplo de fator que aumentam riscos e que influem na QF

Tabela 5 – Tolerâncias dimensionais para o comprimento de elementos estruturais lineares

Dimensão (l) m	Tolerância (t) mm
l < 3	± 5
3 < l < 9	± 10
9 < l < 18	± 15
l > 18	± 20

NOTA: A tolerância dimensionais de elementos lineares sujeitos a esforços deve ser verificada após a execução final.



$$f_{max} = (q_{per} + 10N) (l^4 / 8EI)$$

$$= 1,10 \times (q_{per} l^4 / 8EI)$$

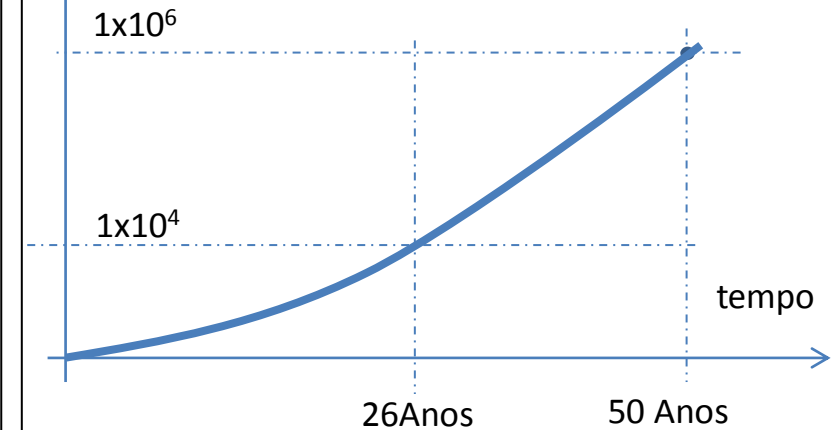
$$W_{total} = 1,21 \times W_{per} l^4 / 8EI$$

Risco de um erro de vão de uma viga (erro de 10%)

A confiabilidade cai 580 vezes, de 1.000.000 para 1.724.

**Conduta:**  
Verificar o desaprumo dos pilares e locação das peças estruturais

Confiabilidade = 1/R



eventos  
ETC  
2011

Francisco Paulo Graziano



Pasqua & Graziano  
associados

ETC  
2011

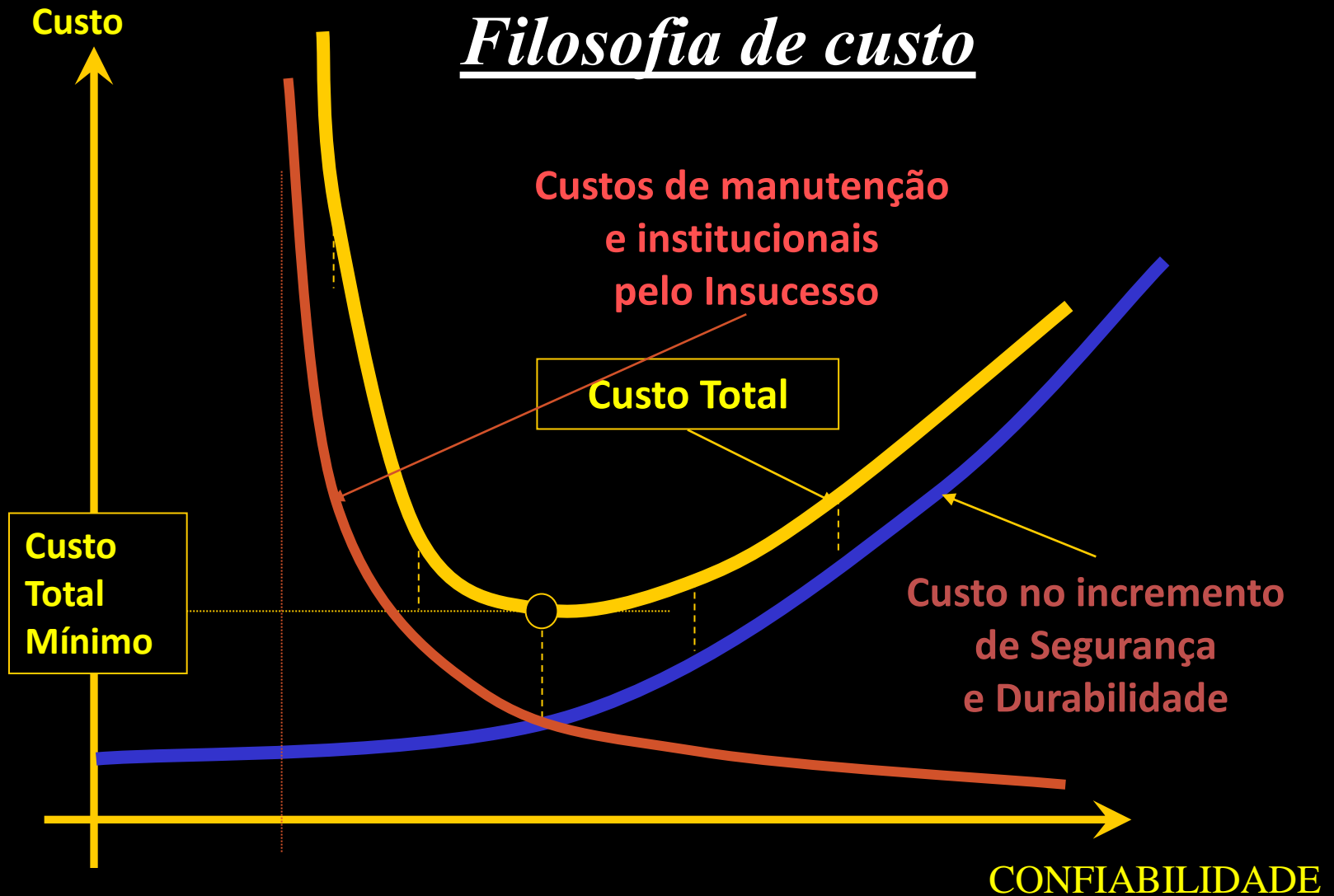
Francisco Paulo Graziano



Pasqua & Graziano  
associados

Posição incorreta da armadura e fissuração descontrolada  
Confiabilidade inadequada, maior risco de ruína

# Filosofia de custo





# CONCLUSÕES

**Criar método de avaliação do projeto e execução de forma a que a aceitação das diversas etapas do projeto e da obra dependa deste critério.**

**Estabelecer rotina de verificação para o posicionamento das armaduras, em especial as negativas.**

**Estabelecer rotina de verificação de desaprumo dos pilares e locação das peças estruturais antes e depois da concretagem.**

**Investir em conhecimento e formação da cadeia da construção.  
Valorizar a etapa de concepção de projeto e a escolha de fornecedores e materiais com critérios técnicos de controle de qualidade.**

**Aumentar grau de industrialização de toda a cadeia baixando a variabilidade e as incertezas.**

**Valorizar a cultura técnica da empresa, criar banco de dados de sucessos e soluções vitoriosas, bem como daquelas que acarretaram o insucesso.**

**Fazer valer os procedimentos de qualidade, não como algo que burocraticamente deve ser cumprido , mas que tem uma finalidade real e prática na segurança e bom desempenho da obra.**

OBRIGADO !