



**Seminário**  
**Durabilidade e vida útil:**  
**responsabilidades e impactos sobre**  
**projeto, construção e manutenção**  
**de edifícios.**

**2 de março de 2012**

**Projeto, tecnologia de materiais, construção, uso e manutenção**  
**como determinantes da vida útil de fachadas de edifícios.**

**Prof. Dr. Fernando Henrique Sabbatini**

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Construção Civil  
FHS Consultoria e Engenharia

# CONTEÚDO

- Conceitos básicos sobre fachadas e vida útil
- Determinação da VUP – Vida Útil de Projeto
- A importância da adoção da VUP para a construção de edifícios
- $VU_{real} \cong VUP$  de fachadas – como obter?

# CONCEITOS BÁSICOS

## FACHADAS

- ❖ Subdivisão do Sistema Edifício em subsistemas funcionais.
- ❖ Subsistema com a função de prover habitabilidade ao edifício – está em contato com o meio externo – barreira entre o meio externo e o edifício (função proteção e controle da ação dos agentes externos. Também conhecido como: vedação vertical exterior, ou envelope, ou invólucro do edifício.
- ❖ Elementos da fachada – maiores partes funcionais
  - vedação propriamente dita (ex. parede de alvenaria) – função: vedar
  - Esquadrias – função: controlar a passagem dos agentes pelo envelope
  - Revestimentos – funções: proteção das vedações e da estrutura e de acabamento
  - Outros (varandas, escadas externas, etc.)

# CONCEITOS BÁSICOS

VIDA ÚTIL (VU)

*“service life”*

Período de tempo durante o qual o edifício, ou suas partes, mantêm o desempenho esperado, quando submetido apenas às atividades de manutenção pré definidas em projeto.

# CONCEITOS BÁSICOS

## VIDA ÚTIL

- A **vida útil requerida (VUR)** – vida útil definida para atender às exigências do usuário. A ser estabelecida em projeto ou em especificações de desempenho
- A **vida útil de projeto (VUP)** (“*design life*”) – vida útil requerida para o edifício ou sua parte pré-estabelecida na etapa de projeto.

# CONCEITOS BÁSICOS

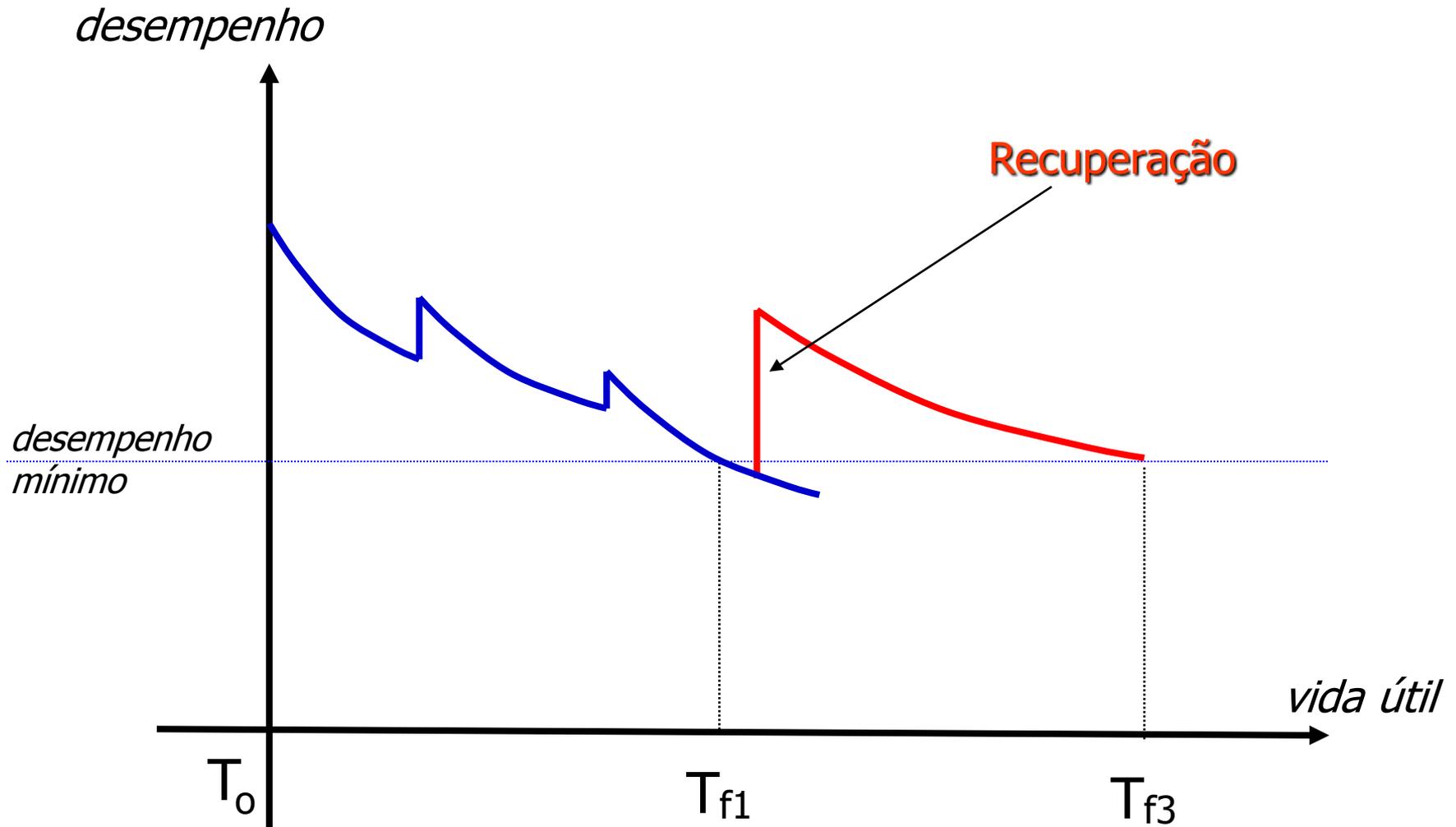
## VIDA ÚTIL

A VU de um edifício ou de suas partes se encerra quando este ou suas partes, deixa de atender o nível mínimo de desempenho exigido no cumprimento de uma ou mais funções.

No entanto, pode ser possível uma intervenção técnica para aumentar a sua vida útil ⇒ **Recuperação**

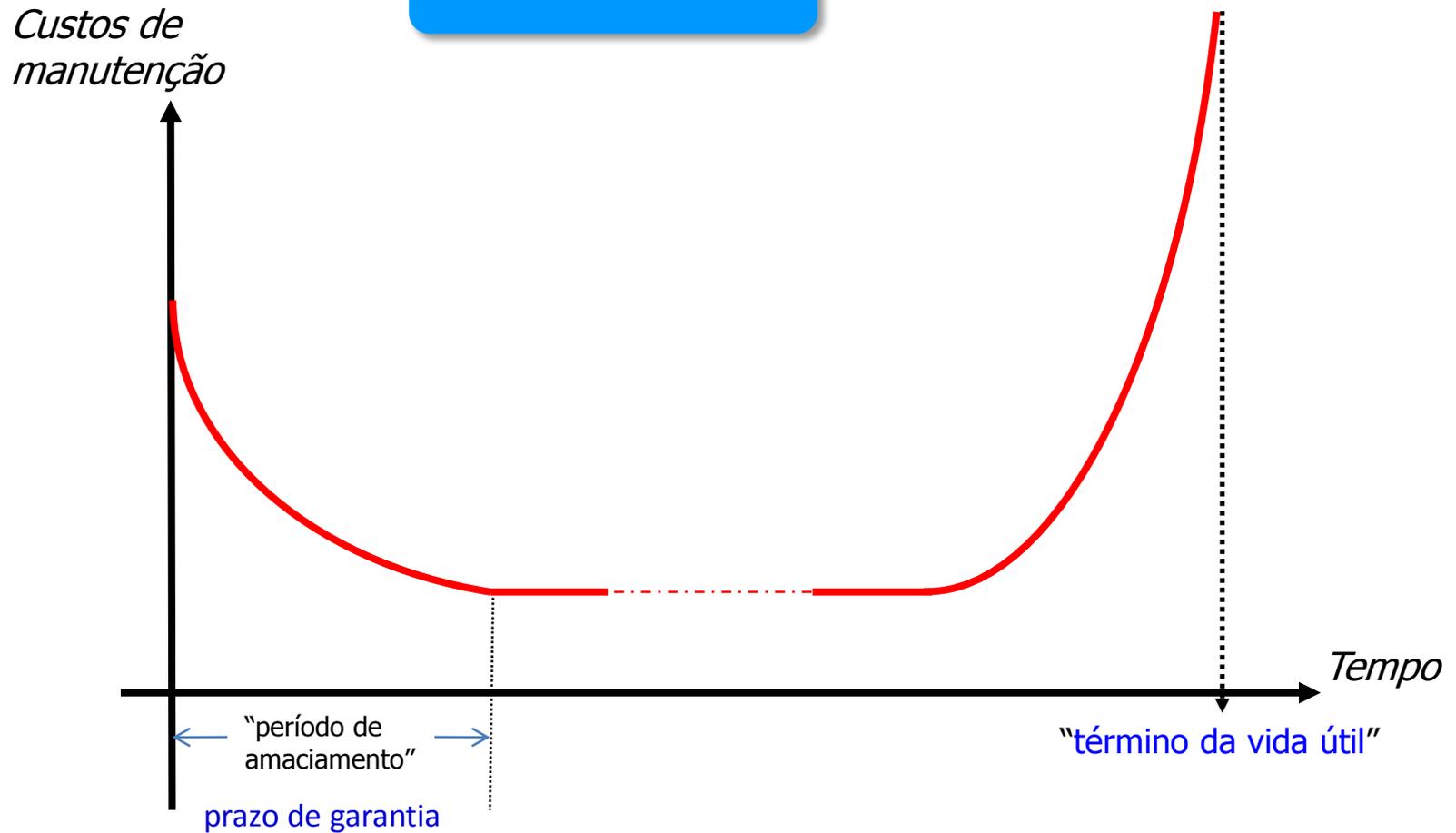


# CONCEITOS BÁSICOS



# CONCEITOS BÁSICOS

## VIDA ÚTIL

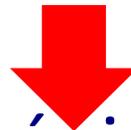


# CONCEITOS BÁSICOS

VIDA ÚTIL

(CONCEITO PROBABILÍSTICO)

a **VU** é um valor médio, estatisticamente determinável, da **VU<sub>real</sub>** de produtos ou sistemas idênticos (a VU do brasileiro é de 73,5 anos)



A **VU<sub>real</sub>** de um único produto pode ser maior, igual ou menor que a vida útil média

# CONCEITOS BÁSICOS

## VIDA ÚTIL

(SÍNTESE)

- Cada um dos elementos (vedações, esquadrias, revestimentos) apresenta VU diferente
- Cada um dos elementos é constituído por um agregado de componentes (conceito funcional)
- Cada um dos componentes apresenta vida útil diferente

A  $VU_{real}$  da fachada (e de outros sistemas complexos) é dependente de um conjunto de componentes, cada um deles com VUs próprias coerentes com sua função no todo, acoplados em obra e que devem estar completamente integrados entre si para que a VUP seja efetivamente alcançada.

# DETERMINAÇÃO DA VIDA ÚTIL DE PROJETO

- A **VUP** é basicamente uma expressão de caráter econômico de uma exigência do usuário. É uma manifestação do desejo do usuário do quanto ele acha razoável que deva durar o bem que irá usufruir e pagar por ele.
- A melhor forma para se determinar a **VUP** para uma parte de uma edificação, na qual o usuário é coletivo, é através de pesquisas de opinião entre técnicos, usuários e agentes envolvidos com o processo de construção, na qual são determinadas os **VU** médias esperadas para as diversas partes..
- Em países europeus e na América do Norte isto foi feito durante as décadas de 60 e 70 para a regulamentação dos valores das VUP mínimas exigíveis e ou para estabelecer diretrizes e recomendações para projeto.

# DETERMINAÇÃO DA VIDA ÚTIL DE PROJETO

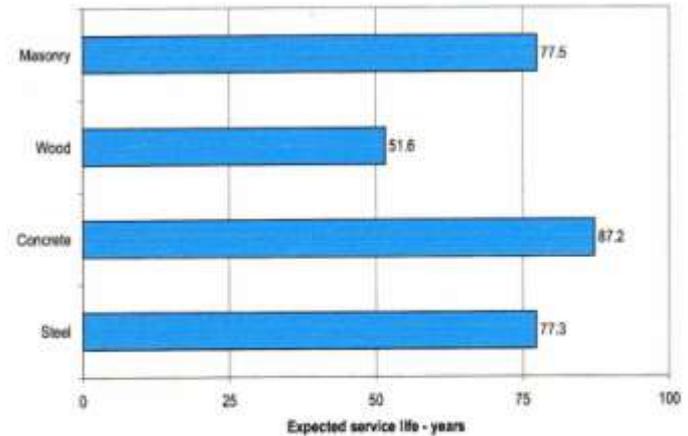
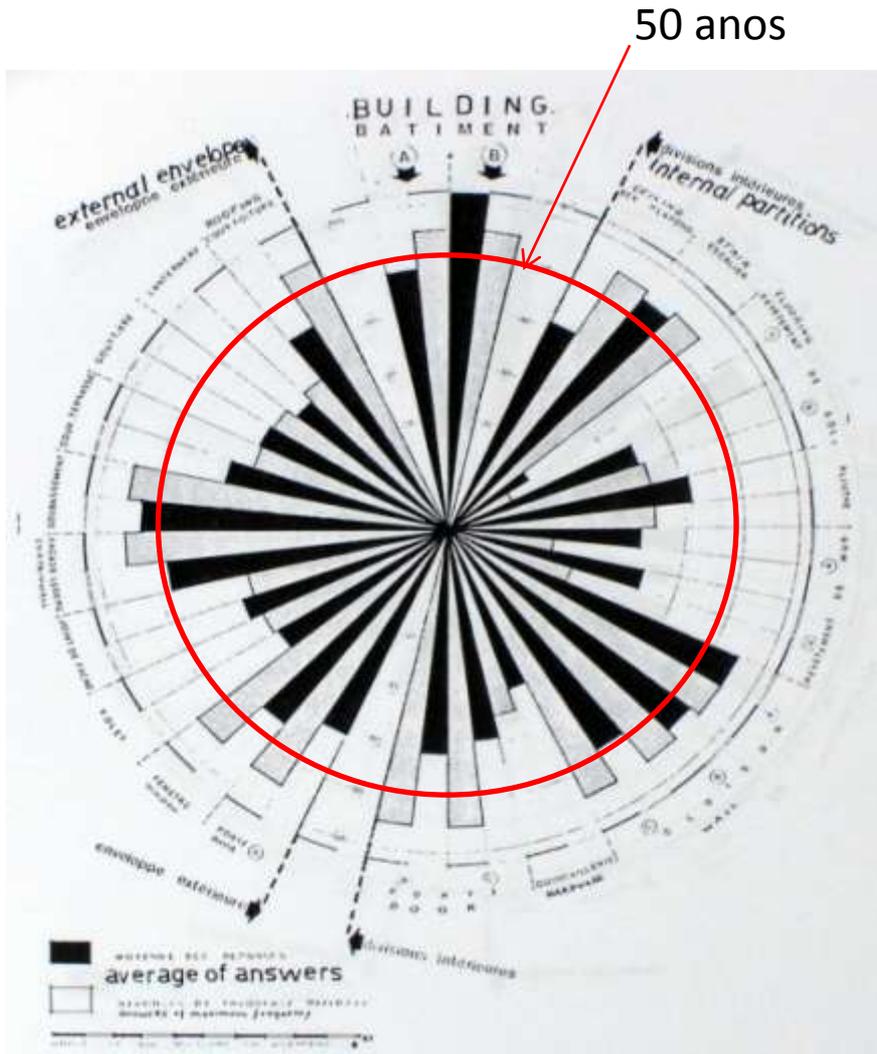


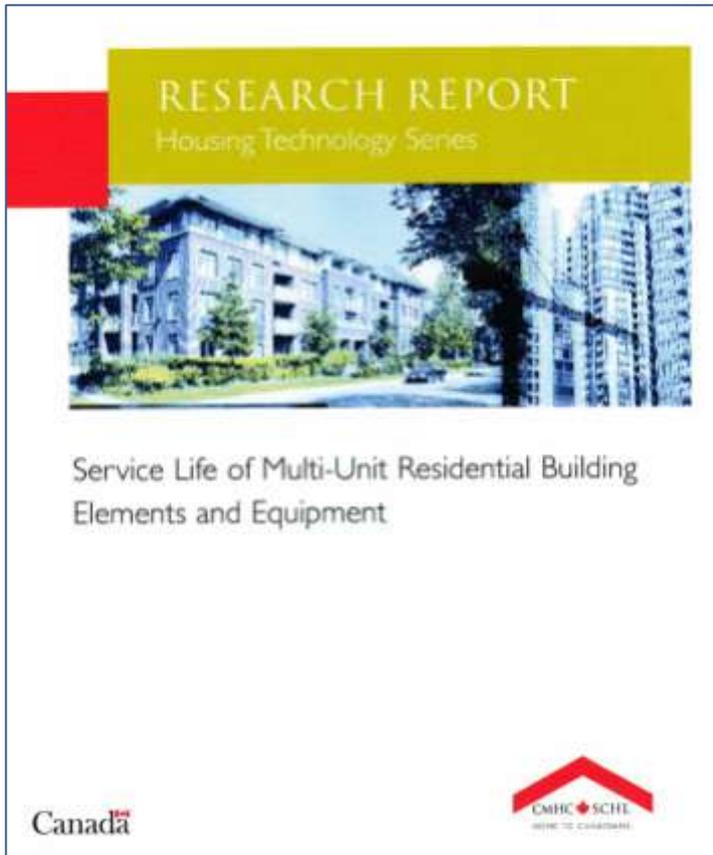
Figure 1 Average expected service life for non-residential buildings by primary structural material. From surveys of architects, structural engineers, builders and developers in the United States and Canada (1,2). N=683.

Estados Unidos e Canadá

FORNE: Survey on actual service lives for North American buildings (2004)

Bélgica

# DETERMINAÇÃO DA VIDA ÚTIL DE PROJETO



EXTERIOR WALLS	EXPECTED SERVICE LIFE (YEARS)		
	Low end average	High end average	Median (L+H)/2
Precast Concrete Panels	34	49	<b>42</b>
Brick Venner	27	42	<b>35</b>
Curtain Wall	26	44	<b>35</b>
Stucco	17	25	<b>21</b>
Concrete	21	29	<b>25</b>

Canada Mortgage and Housing Corporation (CMHC) has been Canada's national housing agency for more than 60 years.

Final Report (2000)

# DETERMINAÇÃO DA VIDA ÚTIL DE PROJETO

- A VUP é uma decisão de projeto, que tem de ser estabelecida inicialmente para balizar todo o processo de produção do bem;
- Quando se projeta um subsistema ou um elemento, por exemplo - a impermeabilização de uma laje, é possível escolher entre uma infinidade de técnicas e materiais;
- Alguns, pelas suas características poderão ter vida útil (VU) de 20 anos, sem manutenção, e outros não mais que 5 anos;
- Evidentemente, as soluções têm custo e desempenho ao longo do tempo muito diferentes;
- A escolha de uma ou outra depende apenas da vida útil requerida (VUR) pelo usuário.

# IMPORTÂNCIA DA APLICAÇÃO DA VU PARA O SETOR

- ❖ Estabelecer parâmetros para uma concorrência saudável no mercado imobiliário
- ❖ Estabelecer referenciais técnicos para contratação de obras
- ❖ Estabelecer limites máximos de tempo para demandas judiciais
- ❖ Estabelecer critérios para definição do custo global de uma construção

- ❖ Estabelecer parâmetros para uma concorrência saudável no mercado imobiliário

## Premissas

- O desempenho de qualquer produto decai com o tempo
- Inicialmente o desempenho de diferentes produtos se equivalem
- A diferenciação do desempenho de produtos diversos somente é perceptível com o tempo
- Se o tempo não for considerado como pré-requisito para a definição do nível de desempenho requerido a concorrência entre empresas tende a ser predatória → empresas inescrupulosas ou de baixa qualificação técnica passam a ser mais competitivas que as empresas corretas e competentes → **DETERIORAÇÃO DO MERCADO.**

- ❖ Estabelecer referenciais técnicos para contratação de obras
  - Com raríssimas exceções as NBR não estabelecem especificações e ensaios de avaliação de durabilidade de materiais e componentes;
  - Produtos de diferentes fabricantes, mesmo atendendo às prescrições normativas, podem ter durabilidade muito diferenciada;
  - Sem o estabelecimento prévio de um referencial que considere a VU, os contratantes ficam sujeitos à receberem produtos com durabilidade muito aquém do desejado.

# *IMPORTÂNCIA DA APLICAÇÃO DA VU PARA O SETOR*



# IMPORTÂNCIA DA APLICAÇÃO DA VU PARA O SETOR

- ❖ Estabelecer limites máximos de tempo para demandas judiciais
  - Hoje, na prática, não existe limite de tempo para que qualquer pessoa, grupo ou empresa entre com uma demanda judicial contra uma construtora ou o empreendedor público, reclamando indenizações pela ocorrência de patologias
  - Com o estabelecimento da vida útil do edifício e de suas partes, não caberão ações após o vencimento deste período de tempo pré-determinado.

# GARANTIAS, VIDA ÚTIL E O CDC

“ O CDC não estabeleceu prazos fixos de garantia dentro dos quais os vícios ocultos devem surgir para que possam ser reclamados...Considera-se que essa garantia deve estender-se pelo prazo razoável de durabilidade que o próprio fornecedor transmite ao consumidor” (Meirelles, 2005, pg.299)

“ Isto não significa, entretanto, que o construtor fica exonerado de toda e qualquer responsabilidade por vício ou defeito que venha a aparecer depois dos cinco anos de garantia. A durabilidade de um imóvel não é apenas de 5 anos. ... A responsabilidade do construtor perdura durante todo o tempo de razoável expectativa de durabilidade do produto.” (Meirelles, 2005, pg.306)

“ ... Não se exime o construtor de qualquer responsabilidade depois de decorridos 15 anos (5 de garantia e mais 10 de prescrição) . Sua responsabilidade permanece durante a vida útil do produto...” (Meirelles, 2005, pg.307)

Meirelles, 2005 – MEIRELLES, Hely Lopes. **Direito de Construir**. São Paulo, Malheiros Ed., 2005. 9ª edição atualizada por Eurico de A. Azevedo e outros.

- ❖ Estabelecer critérios para definição do custo global de uma construção
  - A forma mais justa de se estabelecer concorrência entre soluções diferentes é a contratação por custo global e não por custo inicial;
  - A manutenção da prática da concorrência por custo inicial leva a deterioração das contratações públicas – vide atual estágio do CDHU e COHABs – edifícios cada vez com menor vida útil de suas partes
  - Em outros países a contratação é por custo global → **impõe a necessidade de se considerar a vida útil das diferentes soluções.**

# Custo global (exemplo de cálculo na França)

$$\text{CG} = I + J + \text{VAER} + \text{VAX} - \frac{\text{VR}}{(1 + a)^N} \quad (\text{CSTB})$$

**CG = Custo global**

**I = despesas iniciais de construção**

**J = incidência econômica da escolha da solução no custo dos demais subsistemas ( soma ou subtrai)**

**VAER = valor atualizado dos custos futuros provisionados para manutenção e renovação dos componentes da solução**

**VAX = valor atualizado dos custos futuros provisionados para operação da solução**

**VR = valor residual ao fim da vida útil**

**N = vida útil, em anos**

**a = taxa de atualização (suposta constante na vida útil)**

# CUSTO GLOBAL

**CUSTO INICIAL**

**+**

**CUSTO DE MANUTENÇÃO**

**+**

**CUSTO DE OPERAÇÃO**

**+**

**CUSTO DE SUBSTITUIÇÃO (VIDA ÚTIL)**

**=**

**CUSTO GLOBAL**

# QUAL DAS SITUAÇÕES A SEGUIR TEM O MAIS BAIXO CUSTO ?

(período considerado – 20 anos)

## SITUAÇÃO A - vida útil de 10 anos

custo inicial + custo de manutenção + custo de reposição = custo global

$$1,0 x + 0,3 x + 1,3 x = 2,6 x$$

## SITUAÇÃO B - vida útil de 20 anos

custo inicial + custo de manutenção + custo de reposição = custo global

$$1,25 x + 0,05 x + 0,0x = 1,3 x$$

# $VU_{real} \cong VUP$ de fachadas – como obter?

## 1º CASO

Em fachadas executadas por métodos e processos construtivos que estão sendo empregados há um período de tempo suficiente para se conhecer o seu comportamento em utilização ao longo do tempo. É o caso dos métodos e processos tradicionais para execução de todas as partes do edifício.

Como obter  $VU_{real} \cong VUP$  ?

Com o emprego das técnicas e métodos de concepção, planejamento da produção, construção e manutenção comprovadamente eficazes e avaliados pela experiência prévia.

# $VU_{real} \cong VUP$ de fachadas – como obter?

## EXEMPLO

Edifício executado com métodos tradicionais – estrutura reticulada em concreto armado, vedação em alvenaria cerâmica, revestimentos de fachada em massa única e pintura texturada.

É recomendado pela NBR 15.575 (anexo C):

- para a vedação uma  $VUP = VUP_{edifício}$  ;
- para o revestimento uma  $VUP = \frac{1}{2} VUP_{edifício}$  e
- para a pintura uma  $VUP = \frac{1}{5}$  da  $VUP_{edifício}$



Como obter com razoável certeza que a  $VU_{real}$  das fachadas seja equivalente a  $VUP$  recomendada?

# $VU_{real} \cong VUP$ de fachadas – como obter?

- Tecnicamente, no processo convencional, para se garantir que a  $VU_{real}$  da vedação será obtida, além de projetá-la e executá-la adequadamente, utiliza-se uma camada de proteção (o revestimento de argamassa).
- Para que o revestimento mantenha a função protetora durante sua VUP é necessário que tenha determinadas características e seja produzido de acordo com métodos adequados:
  - **características geométricas** (espessura, dimensão dos panos entre juntas de trabalho...)
  - **características mecânicas** – resistências de aderência inicial e ao longo do tempo (para as bases reais) ...
  - **características funcionais** - resistência à percolação de água, características higro-térmicas, durabilidade frente às ações previsíveis, etc.

É suficiente ?

# $VU_{real} \cong VUP$ de fachadas – como obter?

## Com a técnica da massa única não!!!

Para garantir a VUP do revestimento exige-se uma camada de sacrifício – a pintura (a função não é apenas estética!!!) que pode ser repintada ou substituída a um custo muito mais baixo que o refazimento do revestimento.

## Posso fazer uma pintura com qualquer?

A NBR 15.575 recomenda que a pintura tenha um VUP de pelo menos 8 anos (para  $VUP_{edifício}$  de 40 anos) – ou seja a camada de pintura teria que manter sua função protetora pelo menos por este prazo.

Mas pode-se obter um melhor custo global se a manutenção da pintura for mais frequente ou de melhor qualidade e, assim, evitar-se a substituição do revestimento!!

Para isto impõe-se que a pintura e as repinturas tenham:

- características coerentes com a VU necessária, p.ex.: espessura e resistência à degradação por fatores ambientais (durabilidade) da película, etc;
- especificações de projeto adequadas, planejamento da produção pré-definido, execução de acordo com o projetado e planejado e manutenção de acordo com o projetado

# $VU_{real} \cong VUP$ de fachadas – como obter?

Por que é tão difícil em São Paulo obter a  $VU_{real}$  para o revestimento cerâmico igual a de  $\frac{1}{2} VUP_{edifício}$  ?

Principalmente devido ao deficiente domínio das tecnologias de concepção, produção e manutenção

O revestimento cerâmico de fachada exige:

- limpeza frequente (sem ácido); substituição das juntas de trabalho e revisão e recuperação dos rejuntas periodicamente.

Em quais prazos?

- Em função das agressividade do meio ambiente, durabilidade dos materiais de juntas, etc.



# $VU_{real} \cong VUP$ de fachadas – como obter?

Por que muitos construtores não conseguem construir sem patologias a fachada empregando os métodos tradicionais ?

- Deficiente domínio tecnológico, apesar do uso consagrado no país;
- Um grande fonte dos problemas observados é resultante da deficiente interação da fachada com a estrutura e entre os elementos da fachada.
- Gestão da produção caótica - contratação de empreiteiros “especializados” para realizar partes da edificação, sem projetos integradores e sem que estes tenham qualquer responsabilidade por integrar adequadamente a parte que ele executa com o restante da edificação



Além das deficiências apontadas, intrínsecas a nossa indústria, quais outros fatores poderiam justificar a insegurança em relação à vida útil?

# $VU_{real} \cong VUP$ de fachadas – como obter?

- Praticamente inexistem no Brasil prescrições regulamentadoras sobre o que é fazer certo, para se obter construções com durabilidade coerente com as necessidades da nossa sociedade.
- Em outros países existem leis e normas regulamentadoras (prescritivas) e conhecimento consolidado em vastíssima bibliografia desenvolvida por: associações profissionais, entidades técnicas ligadas a associações de fabricantes, institutos de desenvolvimento tecnológico, entidades seguradoras, entidades de formação de mão de obra, etc.... sobre como fazer para obter desempenho coerente com as necessidades locais.
- No Brasil são poucas as normalizações que tratam de processos construtivos e não há um CÓDIGO NACIONAL DE CONSTRUÇÃO (como, p.ex. o International Building Code, nos EUA e as leis federais em países europeus) e conhecimento consolidado e **cada um faz o que acha certo!**



## RECEITA:

Para projetar a fachada de um novo empreendimento com consideração da VUP

- Identificar as necessidades dos usuários reais e estabelecer as VUPs para cada uma das partes da fachada;
- Projetar o produto (a fachada) e o processo da sua produção, com características tais que possibilitem que as VUPs sejam factíveis.
- Planejar todo o processo de produção com especial destaque das interfaces entre os diversos elementos e componentes.
- Planejar a etapa de uso da edificação definindo as ações de manutenção e outras intervenções necessárias na fachada para garantir a vida útil projetada .

# $VU_{real} \cong VUP$ de fachadas – como obter?

## 2º CASO

Em fachadas executadas por processos e sistemas construtivos inovadores **importados de outros países**, sem grande experiência de uso e sem histórico suficiente no país para se conhecer o seu comportamento em utilização ao longo do tempo.

## Como obter $VU_{real} \cong VUP$ ?

Se em seu país de origem o sistema já incorpora experiência de uso ao longo do tempo ou possui um grau de desenvolvimento tecnológico suficiente para garantir a VUP deve-se adotar a inovação exatamente como ela é utilizada no país de origem, incorporando todo o conhecimento existente ao seu processo.

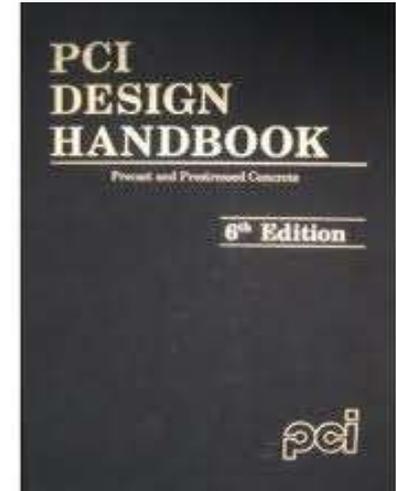
# $VU_{real} \cong VUP$ de fachadas – como obter?



SISTEMAS EM PAINÉIS TIPO UNITIZED



PAINÉIS ARQUITETÔNICOS DE FACHADA



É suficiente ?

**NÃO!**

Lembrem-se que não existe transferência de tecnologia de processos sem desenvolvimento local, necessário para integrar a inovação ao processo produtivo existente e adequá-lo a cultura do país receptor !!

# $VU_{real} \cong VUP$ de fachadas – como obter?

## 3º CASO

Em fachadas executadas por processos e sistemas construtivos inovadores **desenvolvidos recentemente no país** e, por isto sem histórico suficiente para se conhecer o seu comportamento em utilização ao longo do tempo.

Quem garante que a  $VU_{real} \cong VUP$  ?

Os processos inovadores locais são os grandes beneficiados pela existência de uma norma de desempenho, porque ela viabiliza serem empregados antes de se ganhar experiência com seu uso, desde que atendam aos critérios de desempenho estabelecidos.

# $VU_{real} \cong VUP$ de fachadas – como obter?

Porém, mesmo atendendo os critérios de desempenho nas primeiras idades (o processo inovador pode ser avaliado pelo SINAT utilizando a norma de desempenho como referência), se ele não atender às exigências de VUP quem assumirá a responsabilidade pelos danos?

Aliás, quais são as exigências de VUP mínimas nas diretrizes do SINAT?

