



DECivil

PATOLOGIA DO BETÃO ARMADO

Anomalias e Mecanismos de Deterioração

António Costa

Instituto Superior Técnico



As estruturas de betão são duráveis ! ?

**“Nenhum material é por si próprio durável;
é a interacção entre o material e o ambiente a que está
exposto que determina a sua durabilidade”**

-Larry Masters-

Conceitos relativos à durabilidade:

As estruturas devem ser projectadas e construídas com o objectivo de satisfazer um conjunto de requisitos funcionais durante um certo período de tempo sem causar custos inesperados de manutenção e reparação.

Objectivo:

Controlar a deterioração a nível reduzido no período de vida útil das estruturas

Necessário conhecer:

- ✓ *comportamento dos materiais,*
- ✓ *mecanismos de deterioração,*
- ✓ *medidas de protecção,*
- ✓ *técnicas de reabilitação*

Principais sintomas da deterioração das estruturas de betão:

- Fendilhação
- Delaminação
- Corrosão
- Desagregação do betão
- Erosão
- Infiltrações
- Eflorescências
- Deformações

➤ Fendilhação

Padrão de fendilhação

Fendilhação originada por reacções expansivas



Fendilhação superficial fina irregular



➤ Fendilhação

Fendilhação originada por deformações impedidas

Paredes



Pavimentos



➤ Fendilhação

Fendilhação originada por cargas

Fendas de flexão numa viga



➤ Delaminação

Delaminação causada por reacções expansivas no betão



Delaminação provocada
por corrosão de armaduras



➤ Desagregação do betão

Desintegração sucessiva das camadas superficiais do betão



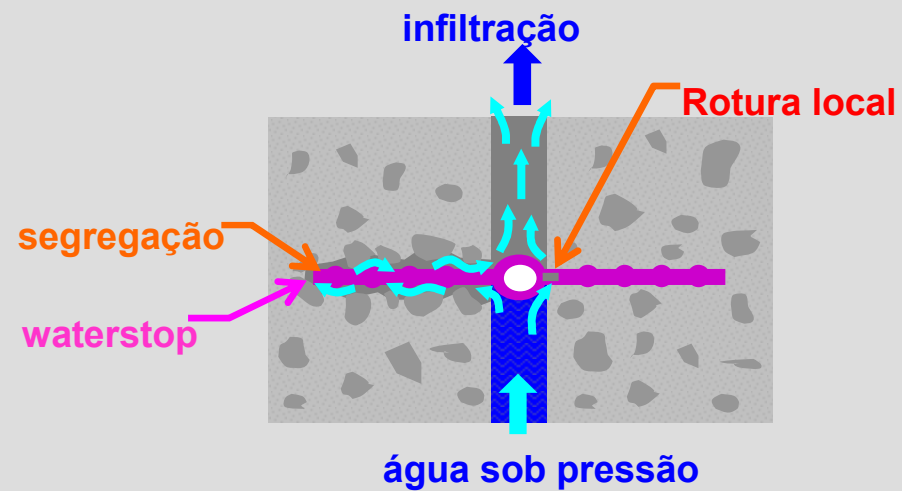
➤ Erosão

Perda da pasta de cimento de ligação dos agregados



➤ Infiltrações

Infiltração de água numa junta de betonagem deficiente



Deficiências em impermeabilizações



➤ Eflorescências



Deposição à superfície de sais dissolvidos
pela percolação de água no interior do betão

➤ Deformações



PRINCIPAIS CAUSAS DA DETERIORAÇÃO

➤ ERROS / DEFICIÊNCIAS

- *Projecto*
- *Execução*
- *Exploração*
- *Manutenção*

➤ DEFORMAÇÕES IMPOSTAS

- *Retracção*
- *Temperatura*

➤ ACÇÕES AGRESSIVAS

- *Físicas*
- *Químicas*
- *Biológicas*

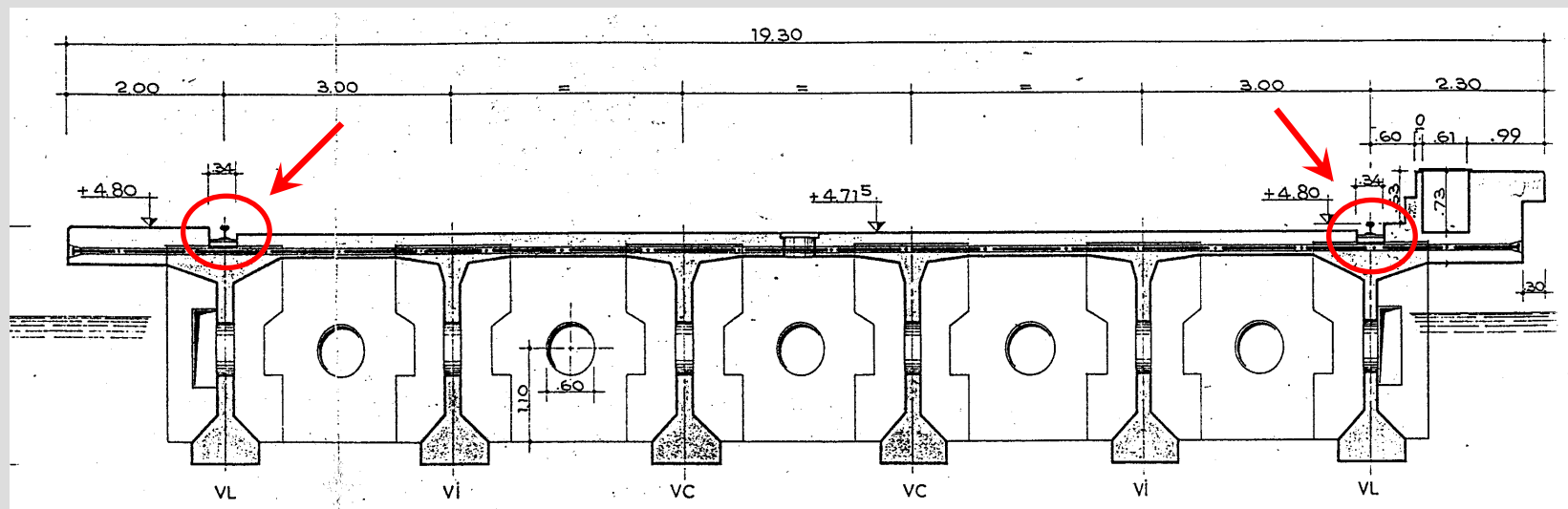
Deficiências de Projecto

- **Deficiente avaliação da agressividade das condições de exposição**
- **Especificação inadequada dos materiais (betão)**
- **Especificação deficiente dos recobrimentos das armaduras**
- **Deficiente avaliação das deformações impostas – retracção e temperatura**
- **Deficiente controlo da fendilhação**
- **Deficiente controlo da deformação**
- **Deficiente pormenorização de armaduras**
- **Concepção estrutural inadequada – forma ; drenagem ; juntas ...**
- **Deficiente avaliação das acções / esforços actuantes**

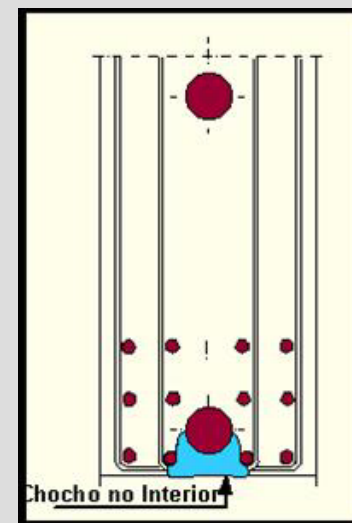
Deficiente drenagem e impermeabilização



Deficiente drenagem e impermeabilização



Deficiente pormenorização de armaduras



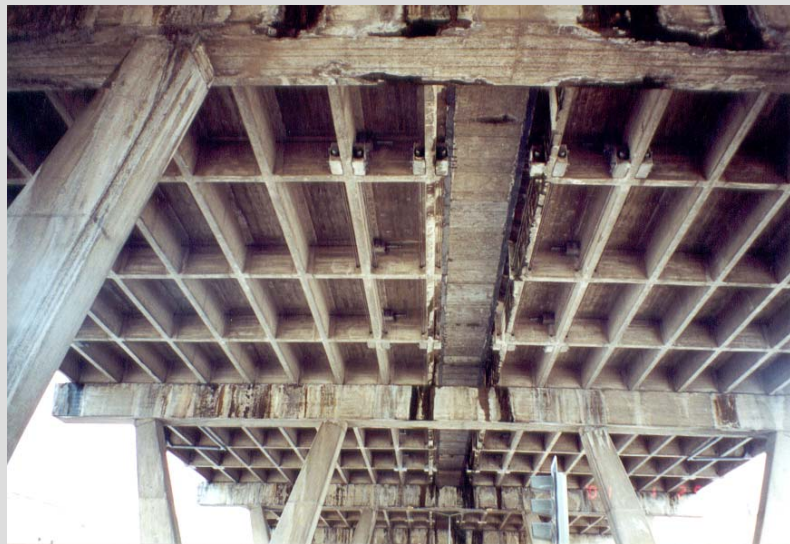
Deficiente controlo da fendilhação



Concepção estrutural inadequada – juntas de dilatação



Formas estruturais sensíveis à deterioração



Grande área de superfície exposta

⇒ elevada sensibilidade
à deterioração

Estrutura com maior robustez



Formas estruturais sensíveis à deterioração



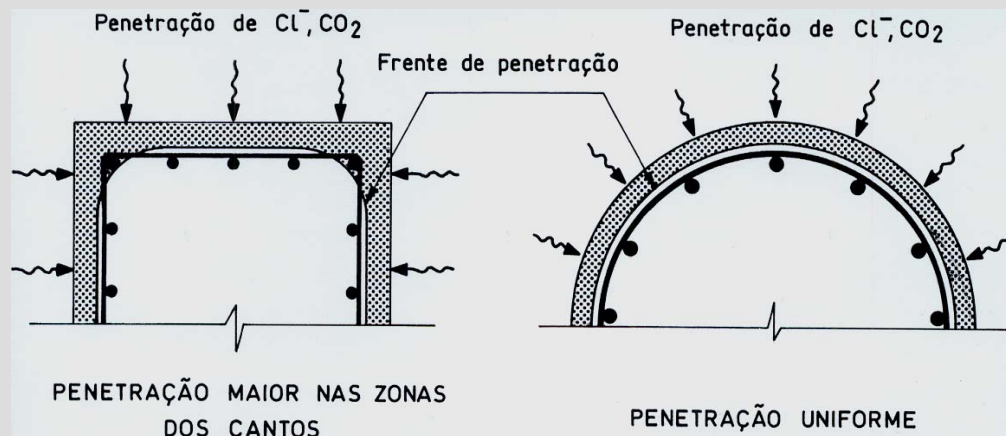
Grande área de superfície exposta

Edifício sensível à deterioração

Edifício com reduzida área de betão exposto



Efeito de canto



Deterioração concentrada nos cantos salientes

Elementos esbeltos em ambientes muito agressivos

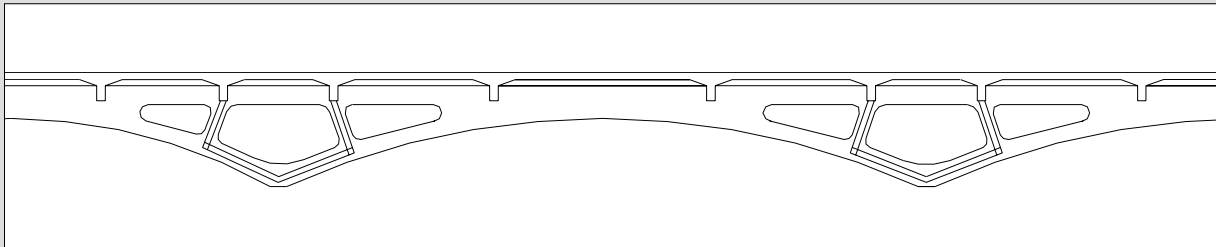


Colapso súbito da estrutura

Deficiente avaliação das acções / esforços actuantes



Acção sísmica superior à considerada no dimensionamento estrutural



Esforços actuantes superiores aos adoptados no dimensionamento



Deficiências de execução

- **Seleção inadequada dos materiais**
- **Fabrico do betão**
- **Cofragens deficientes**
- **Posicionamento das armaduras**
- **Recobrimentos – espaçadores**
- **Colocação – compactação do betão**
- **Cura do betão**
- **Remoção prematura do escoramento da cofragem**

Utilização de agregados reactivos

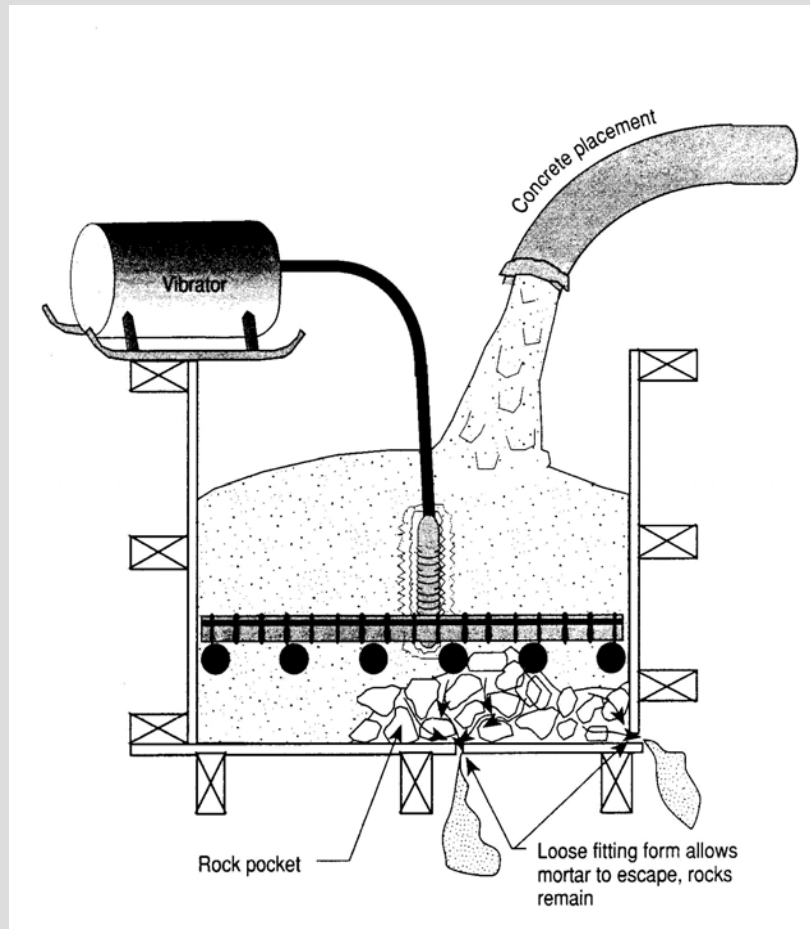


Reacções expansivas

⇒ **fendilhação do betão**

⇒ **deterioração**

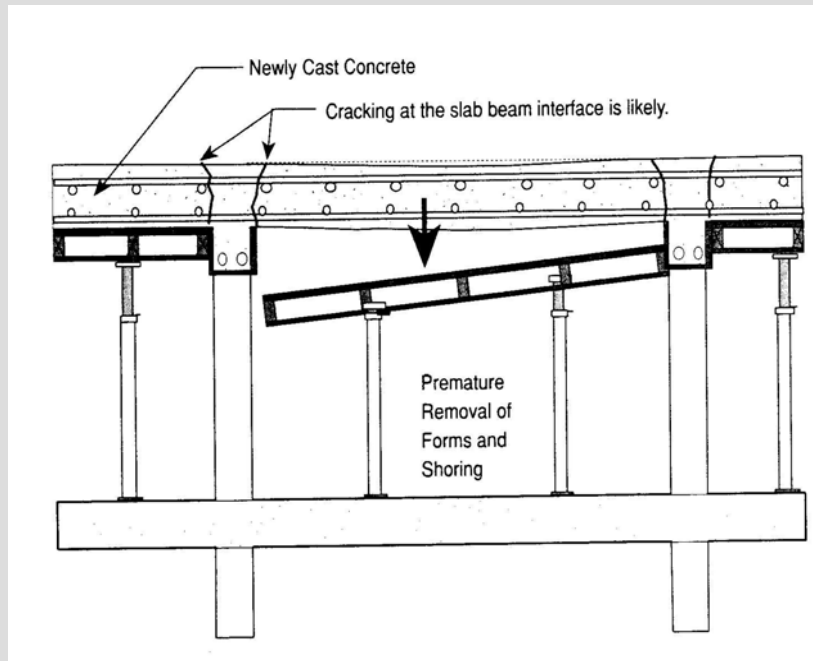
Cofragens deficientes



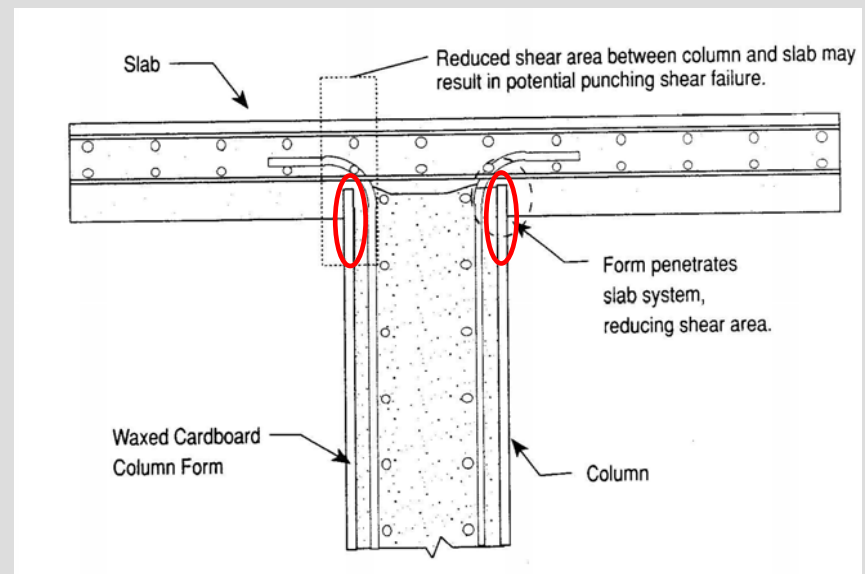
Saída de finos → acumulação de agregados
⇒ Deterioração por corrosão



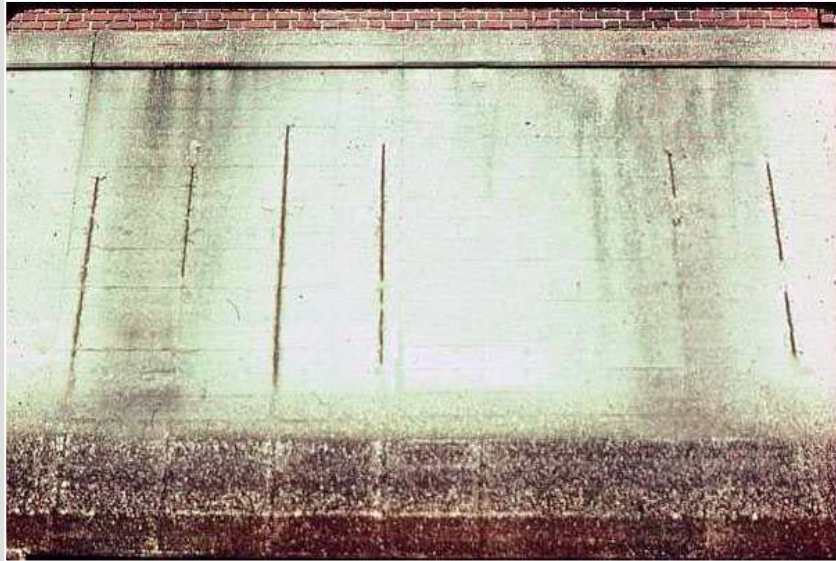
Remoção prematura do escoramento da cofragem



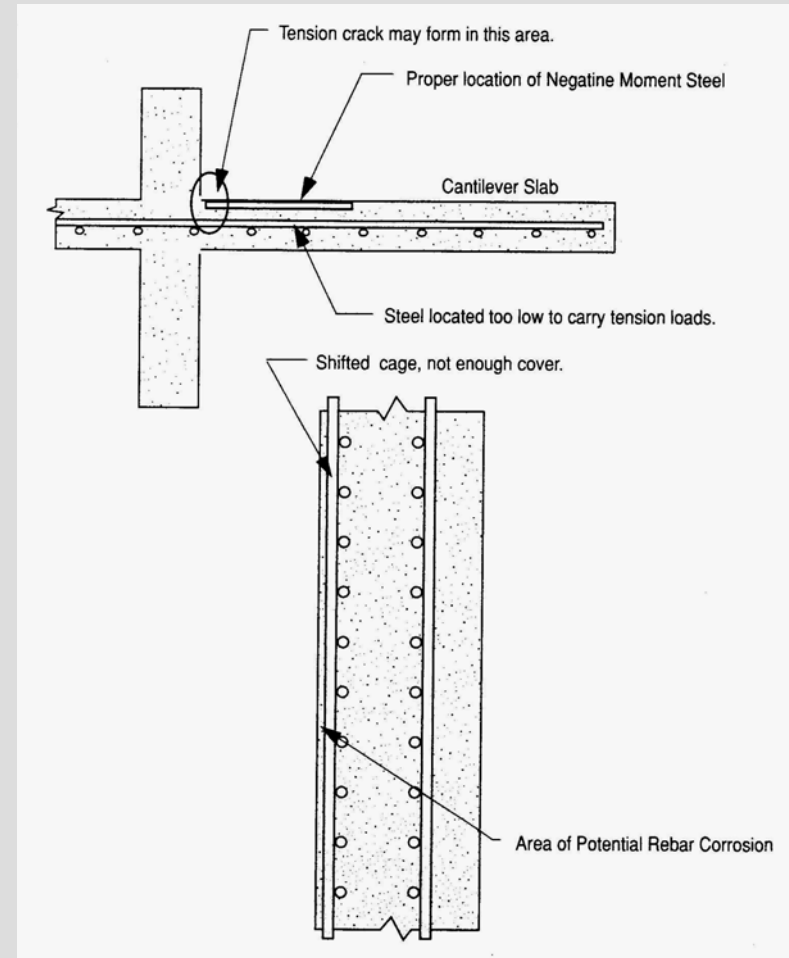
Deficiente colocação da cofragem



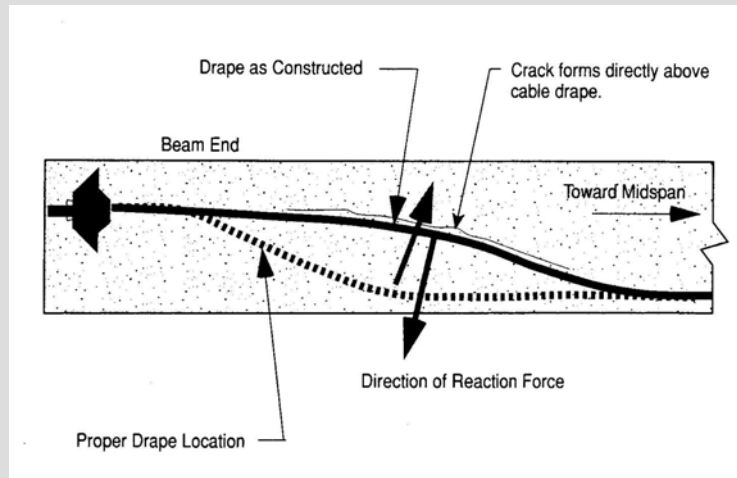
Deficiente posicionamento das armaduras



Armaduras sem recobrimento



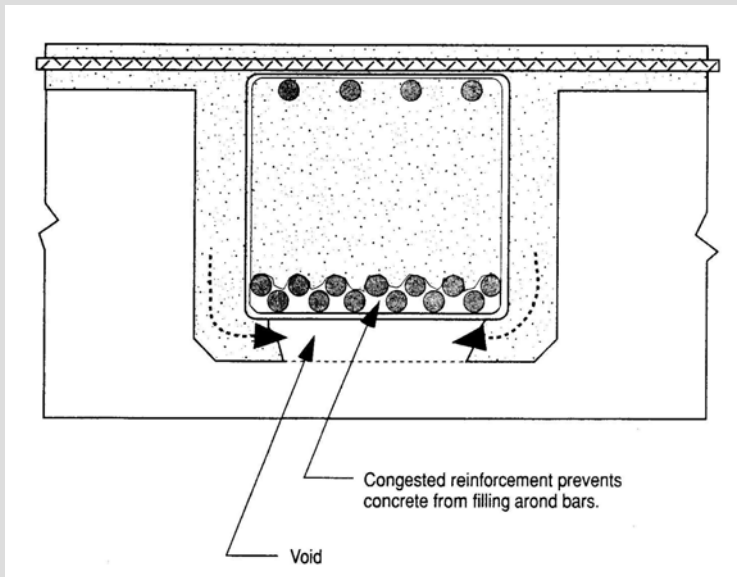
Deficiente posicionamento das armaduras



Cabos de pré-esforços mal posicionados

⇒ alteração dos esforços

⇒ fendilhação



Deficiente posicionamento da armadura

⇒ dificuldades de betonagem

⇒ vazios

⇒ corrosão

Recobrimentos e espaçadores



Espaçadores em material inadequado



Deficiente colocação dos espaçadores



Colocação – compactação do betão



Segregação do betão

Concentração da deterioração
nas zonas segregadas



Colocação – compactação do betão



Assentamento do betão

Malha de armaduras marcada na superfície



Colocação – compactação do betão



Fendas horizontais provocadas
pela restrição da cofragem
ao assentamento do betão

Cura do betão

Falta de humedecimento da superfície

⇒ Retracção plástica

⇒ Fendilhação do betão



Deficiências de exploração e manutenção



Cargas excessivas



Deficiente manutenção

Exposição a substâncias / ambientes agressivos para os quais a estrutura não foi projectada



ANOMALIAS DEVIDAS A DEFORMAÇÕES IMPOSTAS

→ Fendilhação → Deterioração precoce das estruturas

➤ *Retracção*

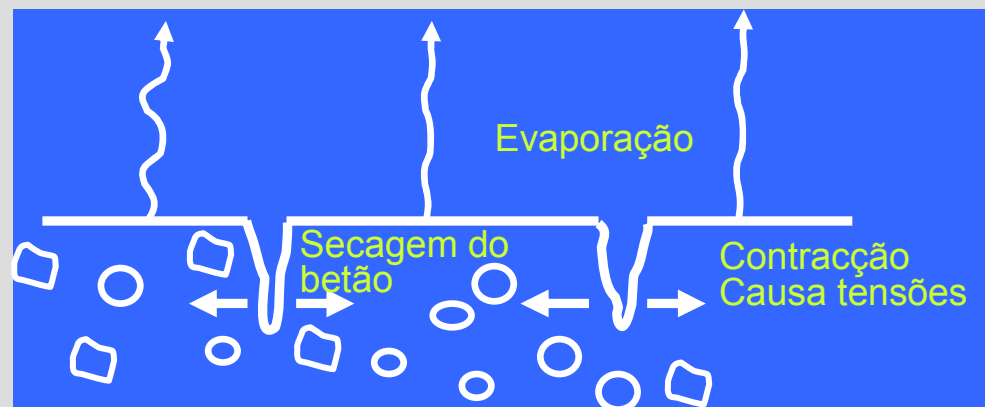
- Retracção plástica
- Retracção de secagem
- Retracção térmica

➤ *Temperatura*

Retracção plástica

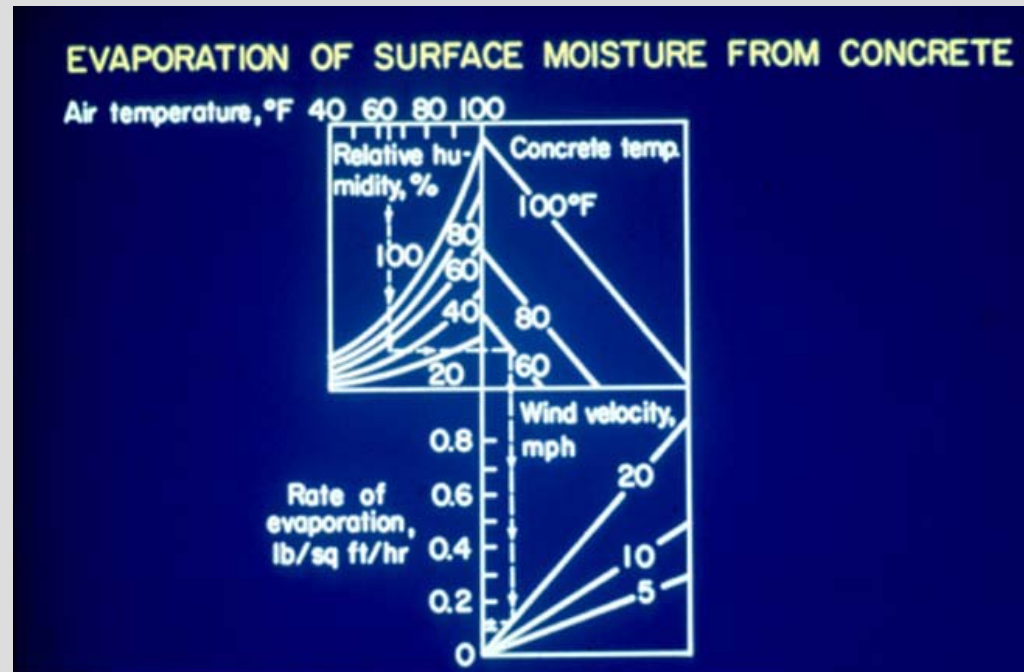


Mecanismo:



Retracção plástica

Influência dos principais factores:

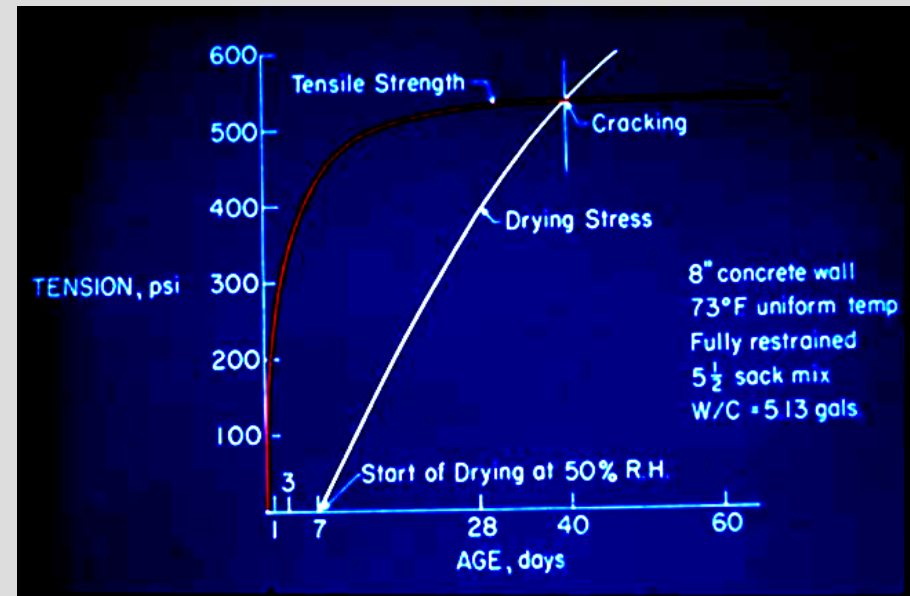
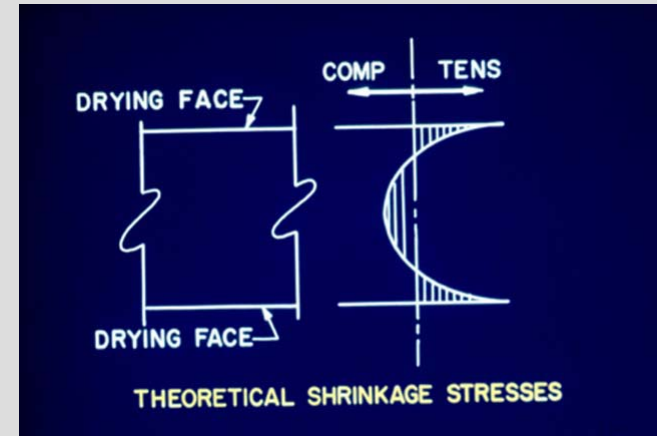
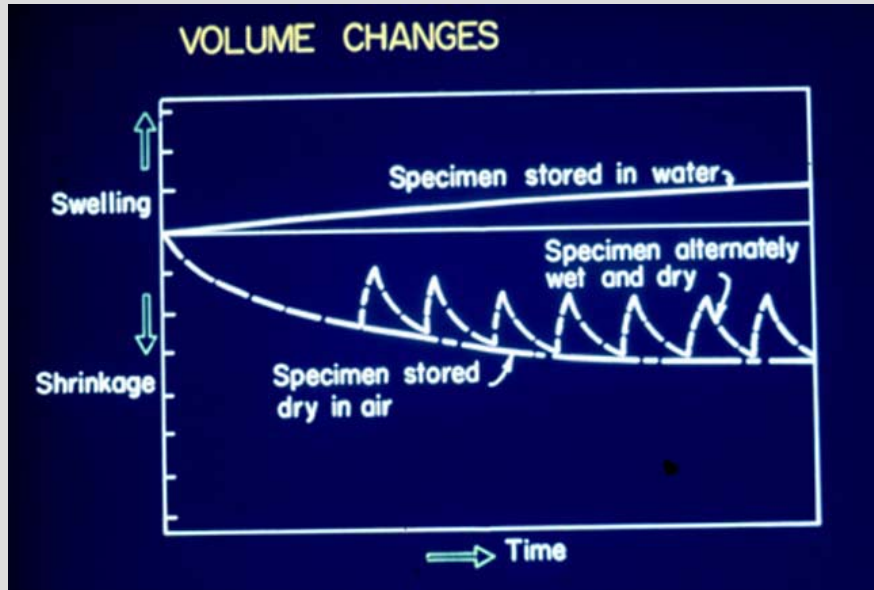


Prevenção:

- Proteger do vento e do sol
- Molhar a superfície após a colocação
- Iniciar a cura o mais cedo possível

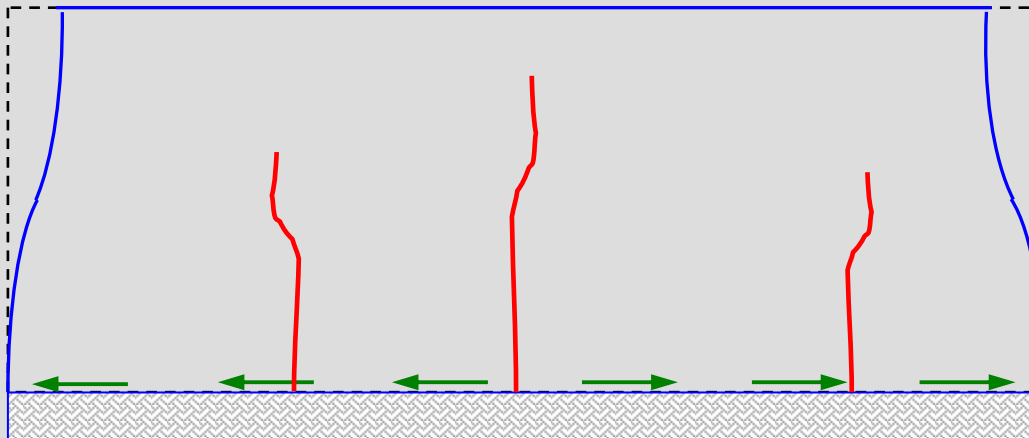
Retracção de secagem

Mecanismo:



Retracção de secagem

Elementos mais afectados: muros; paredes; lajes



Retracção de secagem

Pavimentos



Deterioração progressiva após a fendilhação



Retracção de secagem

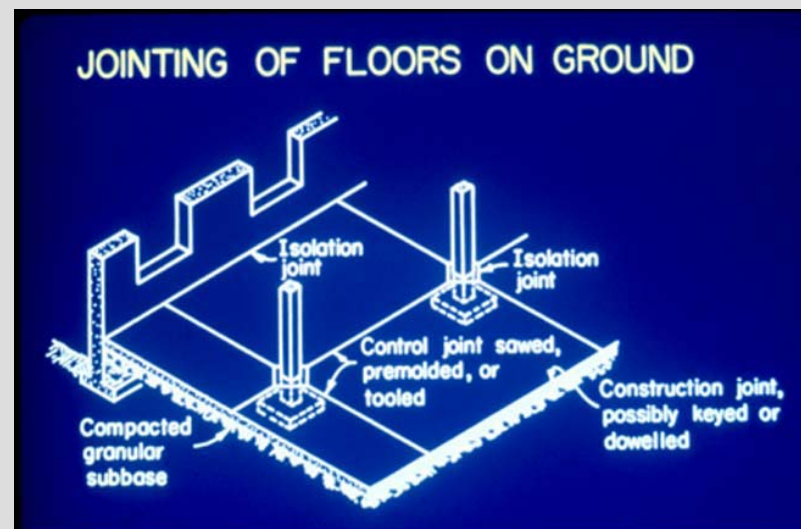
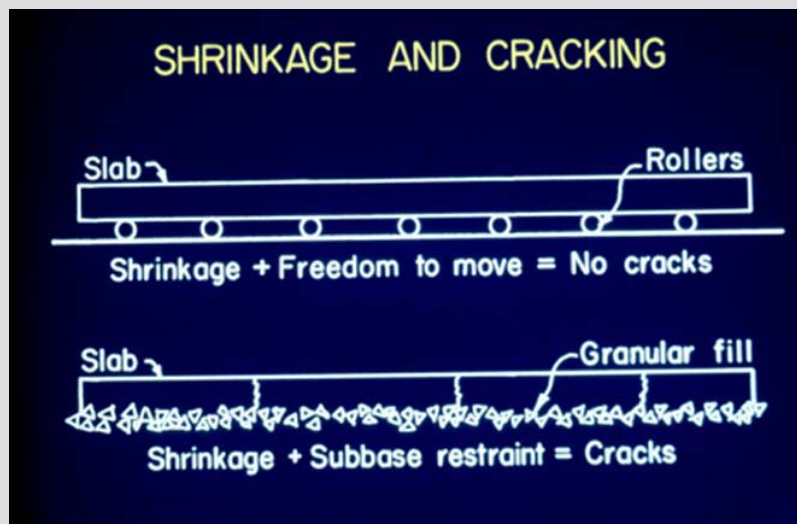
Prevenção:

- Composição do betão

Baixa razão A/C

Maior quantidade de agregados (menos cimento)

- Reduzir as restrições às deformações na base e nas extremidades
- Armadura para controlo da abertura e fendas
- Juntas convenientemente espaçadas



Retracção de secagem



Juntas com espaçamento adequado



Junta executada demasiado tarde

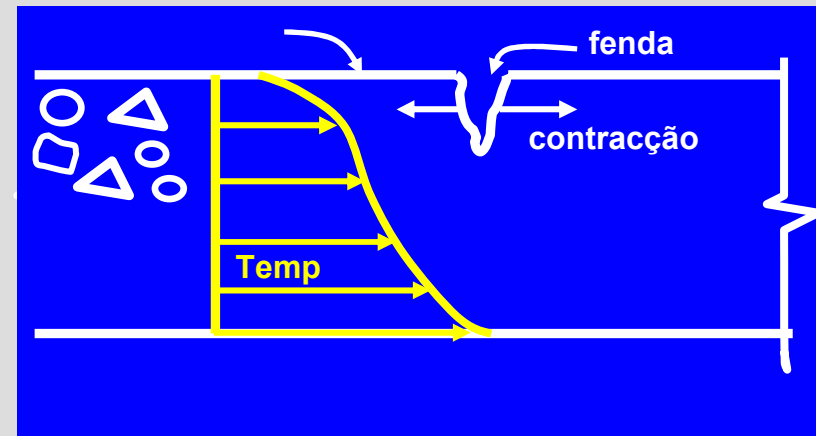
Retracção térmica



Elementos de grandes dimensões:

⇒ Aumento significativo de temperatura associado ao desenvolvimento do calor de hidratação

Mecanismo:



Prevenção:

- Composição do betão

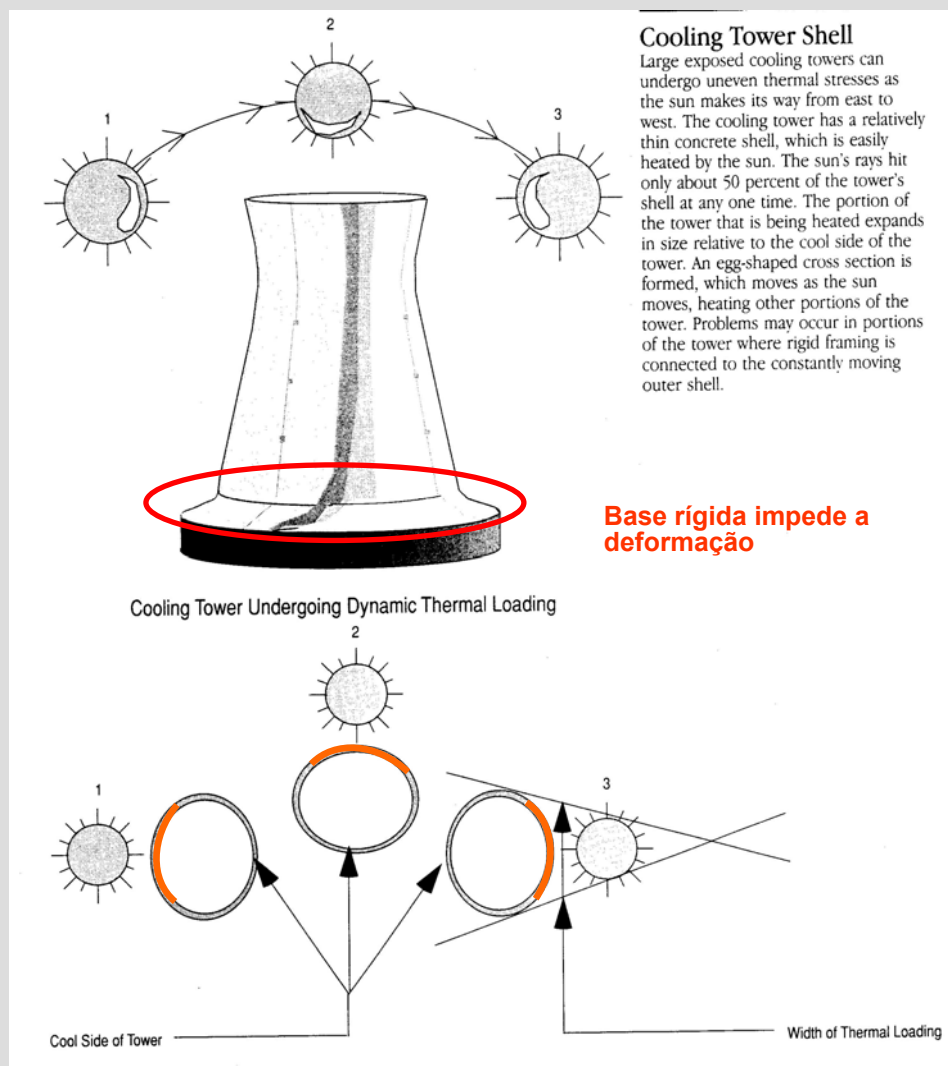
Maior teor em adições

Maior quantidade de agregados (menos cimento)

- Protecção da superfície do betão
- Arrefecimento do betão

Temperatura

Deformações associadas a variações de temperatura



Temperatura

Fendilhação associada a deformações impedidas

