

### EXEMPLO Nº 116 :

**TIPO DE ESTRUTURA:** Estruturas de concreto sujeitas a ataques de sulfatos.

**FISSURAÇÃO :** Fissuras em forma de “Mapa”, visualmente semelhantes às fissuras usuais de retração.

**ESQUEMA DAS FISSURAS :**



← Fissuração na Base de Concreto Armado, de uma torre de rede elétrica .  
O Concreto foi executado, no local, com cimento de alto teor de Sulfatos., [56]

**CAUSA DA FISSURAÇÃO:** Formação da **Etringita** dentro do concreto o que gera aumento de volume, o que requer : umidade no meio ambiente, sulfato no meio ambiente ou no próprio cimento e fissuras pré-existentes na estrutura. [57]

- Quando o ataque é do sulfato de cálcio a reação química é:  
$$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 19\text{H}_2\text{O} (\text{cimento..hidratado}) + 3(\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) (\text{sulfato}) + 16\text{H}_2\text{O} \Rightarrow$$
  
$$\rightarrow 3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 31\text{H}_2\text{O} (\text{etringita}) + \text{Ca}(\text{OH})_2 (\text{portlandita})$$
- A quantidade de água de cristalização, na etringita, é muito grande e daí resulta um grande aumento de volume .Surgem fissuras na pasta endurecida de cimento ao redor da etringita. Como resultado, temos aumento da permeabilidade, devido às fissuras.
- Daí resulta um maior ataque de Sulfatos do meio ambiente externo.
- Dai resulta mais formação de etringita , mais fissuração , ...→ degradação progressiva

**SOLUÇÃO:** Evitar sulfatos , água e fissuras.

1. Evitar o ataque de **sulfatos** :
  - Evitar uso de cimento com excesso de sulfatos.
  - Evitar acesso dos sulfatos do meio ambiente ao concreto, como ocorre em silos de carvão mineral com alto teor de sulfatos.
  - Evitar o contato do concreto com água com teor de sulfato  $\text{SO}_4^{2-} > 3000\text{mg/litro}$  ( segundo a norma EN 196-2). Se for inevitável, o melhor é impermeabilizar o concreto.
  - Se o teor de sulfato na água for :  $600\text{mg/litro} < \text{SO}_4^{2-} < 3000\text{mg/litro}$ , usar concreto com,  $f_{ck} > 38\text{MPa}$  e teor de cimento resistente a sulfato (**RS**)  $> 340\text{ kg/m}^3$  de concreto , teor de micro-sílica =  $17\text{kg/m}^3$  e super-plastificante. Usar fator água/ (cimento+micro-sílica)  $\leq 0,38$ .
  - O cobrimento das armaduras deve ser =5cm.
2. Evitar **umidade** e exposição à chuva em ambiente industrial com alto teor de sulfatos, como área de refinarias de petróleo. Usar, para isso, impermeabilização.
3. Evitar **fissuras** causadas por:
  - Retração térmica.
  - Retração por secagem devida a cura defeituosa.
  - Cura a vapor com temperatura maior que 65 graus centígrados.