

**SIMPÓSIO SOBRE  
REATIVIDADE  
ÁLCALI-AGREGADO  
EM ESTRUTURAS  
DE CONCRETO**

***Goiânia, novembro de 1997***


***ANAIS***

**Reação Álcali-Agregado : Observação de Âmbito  
Internacional**

**REALIZAÇÃO:**



**Comitê Brasileiro de  
Grandes Barragens**

FURNAS  CENTRAIS ELÉTRICAS S.A.

**Apoio:**



**IBRACON**

## Reação Álcali-Agregado : Observação de Âmbito Internacional

*Francisco Rodrigues Andriolo*

Engenheiro Consultor – Andriolo Ito Engenharia S/C Ltda

Rua Cristalândia 181-São Paulo- CEP-05465-000- Tel: ++55-11-2605613- Fax:++55-11-260 7069

### RESUMO

O tema Reação Álcali-Agregado nas obras de concreto tem sido abordado desde a década de 30, quando o fenômeno começou a se entender e divulgar.

No Brasil, algumas entidades e alguns profissionais visulizaram o perigo da reação à cerca de 45 anos, principalmente quando do estudo dos materiais e concretos para as obras do Setor Elétrico, em particular as Hidroelétricas.

Há de se ressaltar, entretanto, que esse comportamento, mesmo na atualidade, tem sido menosprezado no planejamento dos estudos de várias obras de magnitude relevante, quer seja no Brasil como em outros Países.

Essa “despreocupação” em vários casos está ligada ao próprio comportamento da comunidade, sob a qual estaria a responsabilidade dessas obras, e até mesmo, fruto do desconhecimento e/ou pouca experiência dos profissionais que atuam no processo.

O novo panorama de contratação e execução de obras no Brasil, e também no Mundo, jogando à mão dos Empresários e Construtores a responsabilidade de escolha dos materiais, com base em estudos de jazidas em muitas das vezes sem um detalhamento adequado, estabelece uma vulnerabilidade bastante grande para o Empreendimento, decorrente da eventual ocorrência do fenômeno expansivo da Reação Álcali-Agregado.

Dessa maneira o conhecimento do fenômeno torna-se um elemento de extrema importância para estabelecer etapas do planejamento dos estudos e dos riscos-custos decorrentes.

É de se salientar que um dos passos importantes para estabelecer a memória técnica é a de se *procurar saber o que já ocorreu*. Ou seja “*o que aconteceu com os outros*”!

Esse relato, sem pretender se constituir em um elemento amplo de referência como o título induz, procura descrever a ocorrência do fenômeno e das suas conseqüências em algumas obras no exterior.

## 1- INTRODUÇÃO

A oportunidade do autor em participar do “*Second International Conference on Alkali-Aggregate Reactions in Hydroelectric Plants and Dam*” promovido pelo USCOLD, em Chattanooga, Tennessee, em Outubro de 1995, motivou a tentativa de se elaborar um documento de âmbito brasileiro sobre o fenômeno.

Essa tentativa decorreu, não pela magnitude do número de obras Hidroelétricas noticiadas, mas também pelo crescimento desse número.

Visualizou-se, então a conveniência de estabelecer um plano de ação sobre o tema, considerando:

- A divulgação do assunto;
- O estabelecimento de acervo técnico;
- O desenvolvimento de “massa crítica” sobre o tema;
- A provocação (benéfica) quanto a dimensão do fenômeno;
- A tentativa de induzir à pesquisa;
- A busca de materiais e soluções alternativas para inibir a RAA;
- A busca de soluções para minimizar ou neutralizar o fenômeno, após o início da RAA.

Esta publicação, evidentemente sem almejar atender à dimensão que o próprio título induz, pretende registrar dados e transmitir informações colhidas sobre o Panorama Internacional sobre a RAA.

A Barragem de Hiwassee, uma das obras disponíveis à visita no evento citado tem os seguintes dados:

- **Período de Construção** - Julho/ 1936 a Maio/ 1940 (1a.Unidade)
- - Janeiro/1954 a Maio/1956(2a.Unidade)
- **Altura** - 94 m
- **Comprimento da Crista - Barragem = 313 m; Vertedouro = 79 m**
- **Volume de Concreto** - 606.328 m<sup>3</sup>
- **Potência** - 135 MW
- **Agregado** - grawavaca; quartzito
- **Observação inicial da RAA** - 1939



**Figura 01-** Vista da Barragem de Hiwassee- Estados Unidos, durante a visita técnica do “*Second International Conference on Alkali- Aggregate Reactions in Hydroelectric Plants and Dam*”-Outubro/1995.



**Figura 02 –**Fissuras internas na Barragem de Hiwassee- Estados Unidos



**Figura 03- Barragem de Fontana-Fissuras Internas- Estados Unidos**



**Figura 04- Barragem de Fontana- Fissuras internas- Estados Unidos**



**Figura 05- Barragem de Fontana- Fissuras na região do Vertedouro- Estados Unidos**

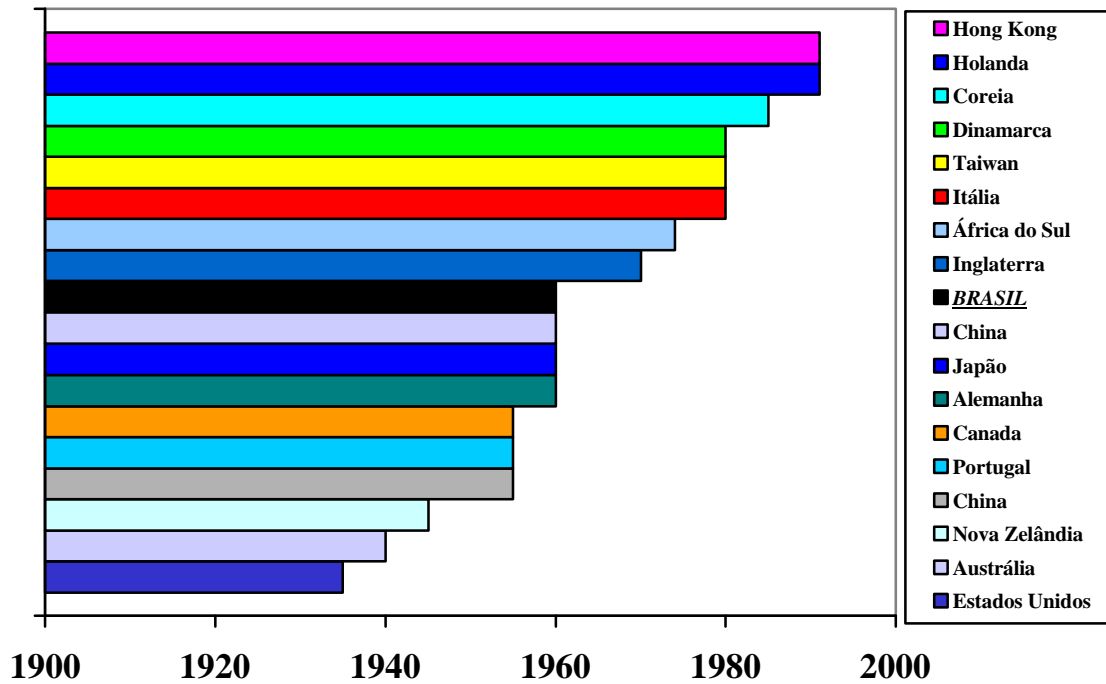


**Figura 06- Barragem de Chickmauga- Fissuras na região das eclusas- Estados Unidos**

## **2- EVOLUÇÃO DO CONHECIMENTO SOBRE A RAA**

## 2.1 – Estatística de Informações

O panorama internacional, genérico de tomada de conhecimento quanto a RAA pode ser resumido como mostra a Figura 07, a seguir.



**Figura 07- Tomada de conhecimento quanto a RAA**

A constatação de RAA na barragem de American Falls, construída em 1925, e reconstruída em 1977, com a idade de 52 anos, evidencia o cuidado com que se deve encarar o fenômeno.

Os relatos internacionais mostram que dos, casos relatados <sup>[1]</sup> até 1995:

- ❑ Cerca de 50% referem-se à obras nos Estados Unidos e Canada;
- ❑ A África do Sul mostra 12% das ocorrências relatadas;
- ❑ França e Noruega 5% cada;
- ❑ Brasil e Espanha 3% cada;
- ❑ Portugal 2%.

É de chamar atenção que o Brasil consta desse elenco com 3 ocorrências- Moxotó; Peti e Pedras. Entretanto sabe-se que as ocorrências superam a dezena.

De outra maneira também é importante citar que na Holanda o número de casos de estruturas com danos devidos à RAA, aumentou de 3 para cerca de 35 nos últimos 5 anos<sup>[2]</sup>, causando com isso surpresa nas expectativas dos profissionais envolvidos com o assunto naquele país.

Na África do Sul, a partir dos anos 70, já se gastou<sup>[3]</sup> cerca de 350.000.000US\$ no reparo e manutenção de estrutura de concreto afetadas pela RAA.

Pelo confronto entre os dados informados e a realidade, principalmente, decorrente das condições de estatísticas de países menos desenvolvidos, induz-se que a quantidade de obras afetadas pela RAA, é maior.

## 2.2- Informações “Interessantes”

A referência<sup>[2]</sup> cita:

*“... Damage due to ASR has been found in two concrete structures, in which blast furnace slag cement with low slag content of about 40% by mass, was used...”*

A referência<sup>[4]</sup> cita:

*“... Nevertheless, the deterioration of concrete structures caused by alkali-aggregate reaction (AAR) has not been reported in Korea, because alkali content of cement is not high enough and crushed aggregate had not been used until 10 years ago...*

*.... The natural river aggregate was exhausted in the latter of the 1980's in Korea. And 200 million tons of aggregates had been consumed due to the rushed construction demand for housing and infra-structures, use of crushed aggregate was legally permitted. Therefore the risk of AAR has been increasing in Korea due to the rapid increase in crushed aggregates consumption...”*

*“... Therefore, there can be more damages by ASR in the future.” !!*



Da primeira informação resulta a dúvida- **Se realmente usada, a Atividade Pozolânica dessa escória foi comprovada ?**

Da segunda informação induz-se que a origem do **problema da RAA esteja mais associado ao beneficiamento do agregado do que de outra origem, o que não é verdadeiro!**

### 2.3- Comportamento de Entidades Quanto à RAA

De modo geral as entidades ou comunidades técnico-científico dos países onde se observam os fenômenos de RAA tem sido do tipo que pode ser avaliado pelas expressões que se citam:

- **Estados Unidos**-A partir da verificação dos problemas de RAA em várias barragens importantes ( Parker, Stewart Mountain, Gene Wash, Copper Basin, Buck, American Falls, Coolidge, Owyhee, Hiwassee, Chickamauga, e Fontana), e em obras rodoviárias e de arte, estudos e pesquisas independentes, mas com informações coordenadas, foram iniciados entre 1940-1941, através do Bureau of Reclamation, Corps of Engineers, Portland Cement Association, American Concrete Institute, e os principais laboratórios do State Highway e Public Roads Administration, de algumas empresas de cimento e universidades;
- **Australia** – A partir de 1940 a Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) estabeleceu um programa de pesquisas “... *To investigate the probable incidence of cement-aggregate reaction in Australia, and to provide a basis on which more fundamental investigations of the mechanism of the reaction could be developed...*”
- **Africa do Sul**- Embora a RAA tenha sido notada na Africa do Sul, pela primeira vez em 1974, uma série de pesquisas coordenadas, somente teve início no segundo semestre de 1977;
- **China**- Os estudos da RAA se reportam ao início dos anos 60. Nenhum caso de RAA fora noticiado até 1989, quando em 1991 o primeiro caso de deterioração de estrutura de concreto, na China, foi observado. Simultaneamente um grande número de estruturas

de concreto, principalmente no Norte da China foram consideradas como danificadas pela RAA. A partir daí as rochas e areias das várias jazidas começaram a ser avaliadas em detalhes. Medidas preventivas não eram adotadas nas construções. Com o emprego de grandes teores de Cimento Portland, contendo elevados teores de álcalis, e o uso de aditivos químicos, é de se prever a ocorrência de estruturas afetadas pela RAA, nos próximos anos;

- **Taiwan**- A partir de 1980 o governo e os institutos acadêmicos efetuaram várias pesquisas quanto a RAA. Foram coletadas amostras em 6 rios diferentes e 4 regiões rochosas.
- **Estudos Interlaboratoriais**- Após o 5<sup>th</sup> *International Conference on Alkali-Aggregate Reaction in Concrete – Cape Town- South Africa*, um número de cientistas de diferentes países ( Canada- Nova Zelândia- Alemanha- Africa do Sul) concordaram em participar de estudos conjuntos, interlaboratoriais sobre ensaios referentes à RAA.

Nota-se que, ao se perceber o problema, há um esforço organizado e coordenado, para a busca de soluções.

## 2.4- Principais Ocorrências

Os relatos das ocorrências mostram danos em:

- Edifícios;
- Pontes e Viadutos;
- Obras portuárias;
- Centrais termoelétricas;
- Obras Hidráulicas;
- Barragens;
- Centrais Hidroelétricas
- Túneis.

### 3- APRENDIZADO DECORRENTE DAS AÇÕES DO EXTERIOR

De maneira geral ao se conhecer um fato é comum passar-se a conviver com os problemas e riscos decorrentes, sem se ater pelas conseqüências. E esse é o procedimento que pode ser notado no meio técnico brasileiro. Apesar de a comunidade técnica brasileira ter tomado conhecimento do fenômeno RAA nos anos 60, observa-se que apenas uma pequena quantidade de profissionais tem a preocupação e visualiza as dimensões dos danos que podem suceder.

Observa-se, infelizmente, que não há um esforço organizado e coordenado para uma postura técnica-científica a respeito desse assunto (e de outros).

### 4- COMENTÁRIOS

A importância dos danos decorrentes das RAAs, evidenciado pelas ocorrências em vários países, mostram a necessidade de tomadas de decisões não isoladas, mas devidamente organizadas e coordenadas.

Os exemplos de tomadas de decisão, citados em vários países devem ser tomados como referência para determinar modelos de ação.

O Panorama de Contratação de obras de Infra-Estrutura, recentemente implantado no Brasil, impõe a necessidade de considerar a ocorrência do fenômeno da RAA (entre outros problemas) de maneira mais pragmática, e não isoladamente.

Exemplos existem para que a solução venha a ser buscada, basta adotá-los e seguir os conceitos.

### 5- REFERÊNCIAS

[1]- Charlwood R.G.; Solymar, Z.S.- **“Long-Term Management of AAT-Afected Structures – An International Perspective”**- Second International Conference on Alkali- Aggregate Reactions in Hydroelectric Plants and Dam- USCOLD Chattanooga, Tennessee, Outubro de 1995;

[2]- Heijnen, W.M.M; Larbi, J.A.; Siemes, A.J.M.- **“Alkali-Silica Reaction in the Netherlands”**- Proceedings of the 10<sup>th</sup> International Conference on Alkali-Aggregate Reaction in Concrete – Melbourne-Australia/August/1996;

[3]- Oberholster, R.E.- **“Case Studies of the Practical and Economical Impact of Alkali-Silica Reaction in South Africa”**- Proceedings of the 10<sup>th</sup> International Conference on Alkali-Aggregate Reaction in Concrete – Melbourne-Australia/August/1996;

[4]- Lee, Y.; Noh, J.; Chung, J.; Yoon, J.- **“Presence of Alkali-Silica Reactive Aggregates in Korea”** - Proceedings of the 10<sup>th</sup> International Conference on Alkali-Aggregate Reaction in Concrete – Melbourne-Australia/August/1996.