



RAA 2006 – II SIMPÓSIO SOBRE REAÇÃO  
ÁLCALI-AGREGADO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO  
SETEMBRO / 2006 - ISBN: XXXXXXXXXXXXXXXX  
VOLUME XXX - REAÇÃO ÁLCALI-AGREGADO EM ESTRUTURAS  
DE CONCRETO  
TRABALHO IIRAA2006XXXXXX - P X ATÉ Y  
@ 2006 - IBRACON



**AGREGADO DELETÉRIO - POSSIBILIDADE(S) SEGURA(S) DE USO**

**DELETERIOUS AGGREGATE - SAFE USE POSSIBILITY(IES)**

**AGREGADO DELETERIO - FACTIBILIDAD(ES) SEGURA(S) DEL USO**

## **Francisco Rodrigues Andriolo**

Engenheiro Civil - ANDRIOLO ITO Engenharia Ltda

Av. Dr. Paulo Pinheiro Werneck 850- Parque Santa Mônica  
13.561- 235- São Carlos- SP- Brasil  
Tel.: 0055-16-3307 6078; Fax.: 0055 16 3307 5385  
web: [www.andriolo.com.br](http://www.andriolo.com.br) - e-mail: [fandrio@attglobal.net](mailto:fandrio@attglobal.net)

### **Resumo**

O Autor apresenta uma coletânea de afirmações conceituais que servem de base técnica para atestar um grande número de pesquisas efetuados no Brasil, e que confirmam a possibilidade segura do uso de agregados deletérios, utilizando esses mesmos agregados reativos, em uma granulometria adequada. Essa possibilidade amplia o elenco de medidas técnicas disponíveis para enfrentar os Problemas de RAA e as decorrentes expansões nocivas, além das medidas tradicionalmente, e internacionalmente, aconselhadas. O Autor considera que massa de dados publicados no Brasil permitem, também, flexibilizar de modo prático as Especificações Técnicas para uso de agregados, no que concerne ao uso dos finos.

*Palavra-Chave: Deletério- que destrói, danoso, prejudicial; finos; expansão; finos; reação álcalis-agregado; reações expansivas; reativo;*

### **Abstract**

The present work submits many of the author's conceptual affirmations, which serve as technical basis to corroborate a great amount of research carried out in Brazil, which confirm the safe possibility to use deleterious aggregates, using the same reactive aggregates in a suitable grain size. Such possibility expands the list of available technical measures with which to confront AAR Problems and the resulting prejudicial swelling, in addition to traditional and international recommended procedures. The present author also considers that the bulk of data published in Brazil also enable to conveniently adapt with flexibility the Technical Specifications for use of aggregates, concerning use of the fillers

*Keywords: Deleterious- that destroys, detrimental, prejudicial; fine; expansion; fine; alkali-aggregate reactions; expansive reactions; reactive*

### **Resumen**

El Autor presenta una recopilación de afirmaciones conceptuales que sirven de base técnica para certificar un gran número de investigaciones realizadas en Brasil, y que confirman la seguridad del uso de agregados deletéreos, utilizando esos mismos agregados reactivos, en una granulometría adecuada. Esa posibilidad amplia el elenco de medidas técnicas disponibles para enfrentar los Problemas de la RAA y las decorrentes expansiones nocivas, además de las medidas tradicionales, e internacionalmente aconsejadas. El autor considera que la masa de datos publicados en Brasil permite, también, flexibilizar de modo práctico las Especificaciones Técnicas para el uso de agregados, en lo que concierne al uso de los finos.

*Palabras Llave: Deletéreo- que destruye, dañino, perjudicial; finos, expansión; finos; reacción álcalis-agregado; reacciones expansivas; reactivo*



## 1 Introdução e Questionamentos

Durante o transcorrer do **I SIMPÓSIO SOBRE REATIVIDADE ÁLCALI-AGREGADO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO**- realizado em Goiânia-GO- Brasil, no mês de Novembro de 1997, este Autor sugeriu que, para o melhor entendimento, defesa e sobrevivência das estruturas de concreto diante do fenômeno RAA, se estabelecesse um plano de ação 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.

Desde aquele Simpósio já se passaram quase 10 (DEZ) anos!

E, nesses quase 10 anos, bem como antes disso também, a grande maioria das pesquisas, defesas de Mestrado, Doutorado, e publicações, refletem uma “*mesmice*”, que se traduz na proliferação e confirmação de dados que traduzem, muito mais a preocupação existente em outros Países, do que àqueles que nos afetam ou que podem nos afetar.

Ou seja, isso se traduz na repetição da acertiva de que os 3 métodos adotados para evitar a reação expansiva são:

- I. uso de agregado não reativo;
- II. limitação do teor de álcalis no cimento;
- III. uso de pozolanas ou outras adições.

Por outro lado o avanço demográfico, e de desenvolvimento no nosso País, há mais de duas décadas, começa a se deslocar da orla marítima, e de cerca de 150-200km desde o Litoral, para o Oeste, em direção ao interior, à divisa dos Estados mais internos e Países Andinos.

De outro modo, também, o cenário de Privatizações e Concessões, a partir de meados dos anos 90 estabeleceu um 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, o que estabelece uma vulnerabilidade bastante grande para o Empreendimento, decorrente da eventual ocorrência do fenômeno expansivo da Reação Álcali-Agregado.



RAA 2006 – II SIMPÓSIO SOBRE REAÇÃO  
ÁLCALI-AGREGADO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO  
SETEMBRO / 2006 - ISBN: XXXXXXXXXXXXXXXX  
VOLUME XXX - REAÇÃO ÁLCALI-AGREGADO EM ESTRUTURAS  
DE CONCRETO  
TRABALHO IIRAA2006XXXXX - P X ATÉ Y  
© 2006 - IBRACON



Diante disso, e fundamentado nas 7 (sete) provocações sugeridas no I Simpósio, e questionando um pouco a limitação das 3 acertivas tradicionais mencionadas, cabe indagar:

- ✓ ***Não há outra maneira de se possibilitar o uso do Agregado Deletério?***
- ✓ ***Vamos continuar sendo “Profetas do Passado”, e sugerindo Terapias, tradicionais dos Países de insignificantes dimensões territoriais, sem atermo-nos às nossas condições?***

Na opinião deste Autor, às vezes contestadoras e/ou provocativas-

- ✓ ***Há outras maneiras, e;***
- ✓ ***Não devemos nos condicionar aos problemas dos outros!***

Com esse propósito, nesta publicação, faz-se um incentivo pela busca da otimização dos finos (“filler”- material inferior a 0,075mm) produzidos a partir dos próprios agregados reativos, com a intenção de seu uso- **como uma própria vacina**- de modo seguro, para inibir as reações expansivas.

Faz-se, também, uma discussão sobre os aspectos Normativos e das Especificações Técnicas, para uma padronização conveniente, se não necessária, e aplicação do conhecimento e uso seguro.

## **2 Aspectos Conceituais**

Poderia ser considerado paradoxal o Autor tentar incentivar a busca de soluções alternativas para o uso dos agregados deletérios no Brasil e, entretanto, citar logo de início as referências de âmbito Internacional. Mas deve ser considerado que os aspectos conceituais que se citam a seguir, são fundamentais para a compreensão e aceitação das sugestões subseqüentes.

E, o bastante relevante dessas citações, é que serviram de base para vários desenvolvimentos e se constituem na base das pesquisas mencionadas para justificar as sugestões.

Por outro lado, a observação do Autor, acompanhando tanto o cenário Nacional, e de várias Concorrências para Construção de Obras de concreto em outros Países, é que o conhecimento e entendimento dessa base conceitual não é considerada (ou por desconhecimento, e/ou desinteresse) na profundidade técnica que tem ou que pode servir de orientação para a terapia aos sintomas visualizados.

Assim é que em vários locais de obras (aqui e em outros Países) se continua a recomendar o triédrio de acertivas citadas no início desta publicação. Tem sido visto a recomendação (para alguns Países) de importar Material Pozolânico, o que leva a se ter esse material cerca de 50% **mais caro que o próprio cimento**.



Disso resulta conveniente citar (Nota- o Grifo sublinhando é do Autor):

Ano	Referência	Publicação	Citação Relevante para o Tema RAA
1940	[1]- STANTON, THOMAS E.- “Expansion of Concrete Through Reaction Between Cement and Aggregate”	Paper – ASCE- American Society of Civil Engineers	“...The particle size of this mineral also has an important bearing on the result. <u>It was thought that, by crushing the deleterious particles to pass 200- mesh completely an accelerated reaction might be had. The reverse was the case, as specimens fabricated with -80-mesh particles developed no expansion in sealed containers, whereas the - 30mesh to + 80 mesh particles specimens showed the greatest expansion (see Fig. 6(b)). Therefore, it appears that the reaction between the reactive ingredient in the aggregate and the alkali in the cement, when the aggregate is in a finely divided state, is either dissipated throughout the mass in such a way as to cause no high expansive forces or the reaction is largely over before the concrete attains permanent set...</u> ”
1944	[2]- HANSEN, W.C.- “Studies Relating to the Mechanism by Which the Alkali-Aggregate Reaction Produces Expansion in Concrete”	Journal of the American Concrete Institute	“... The tendency of the alkali-silicates to draw solution into this space would <u>also tend to accelerate the reactions and accordingly the development of pressure because the solution would carry additional alkali hydroxides to the SiO<sub>2</sub> particle...</u> ”
1955	[7]- POWERS T.C.; STEINOUR H.H. - “An Interpretation of Some Published Researches on the Alkali-Aggregate Reaction- Part 2- A Hypothesis Concerning Safe and Unsafe Reactions with Reactive Silica in Concrete”	Journal of the American Concrete Institute	“... When the reactive mineral is powdered, it can be used <u>in a wide range of proportions without causing expansion.</u> This was demonstrated by Vivian [6]. <u>When opal was ground to pass the No. 300 sieve and used in several proportions, expansion was practically zero for all proportions. The particle size of the reactive mineral is clearly an important factor...</u> ” “...When an aggregate contains reactive mineral and is used with an amount of alkali greater than it can tolerate, <u>expansion can be prevented by adding an appropriate amount of pulverized reactive mineral, as has been shown by Hanna [3], Stanton [4], and others....</u> ” “...It might be thought that lack of expansion means lack of alkali reaction, but this does not appear to be the case; reaction between the alkali and silica has been shown under circumstances where expansion did not occur [5]. Our problem is to devise a theory, or hypothesis, that will account for these facts. We shall endeavor to show that it is theoretically possible for all the silica in aggregate to be converted to non expansive limit -alkali-silica complex when conditions are such that lime can reach the reaction site ( the untreated core of a silica particle) and react with initially formed alkali-silica complex before, swelling can occur. We shall present the view that under certain circumstances surface diffusion of adsorbed lime through the already reacted part of a silica particle can enable the lime to reach the site in adequate amount. However, we shall show also that the higher the alkali concentration, and the thicker the reaction layer, the more difficult it



			should be for the lime to reach the reaction site..." " <u>...[6] He found that 200-300mesh particles and all larger sizes could react safely with a 0.9 percent alkali cement, only if the amount of opal was somewhere between 60 and 70 g per g of alkali...</u> "
1960	[8]-Per Bredsdorff; G,M.Idorn; Alice Kjaer; Niels Munk Plum; ErvimPoulsen- "Chemical Reactions Involving Aggregate"	IV International Symposium – Chemistry of Cement- Washington	"...It is well known that Th.E. Stanton in 1940 for the first time stated that chemical reactions between alkalis from the cement and siliceous rocks in the aggregates were a cause of deterioration of concrete structures.... Concerned a pavement in Bradley, California, which in 1938, only a little more than a year after its construction, failed by excessive expansion and cracking...." "... Expansion would increase with increasing amounts of <u>reactive material up to a certain point (the "pessimum" proportion) whereafter expansion would decrease with still increasing amounts. The particle size of reactive materials in the aggregates. Fine grinding of a reactive material would cause decrease of expansion...</u> " "... <u>By changing the grading specifications in accordance with such results it may be possible to use fine aggregate from a deposit in the vicinity of an actual project, a solution which may be preferable from cost consideration...</u> "

Das referências e pesquisas mencionadas acima vale ressaltar, interpretar, e resumir:

- ✓ Ao diminuir o tamanho das partículas do agregado deletério, para dimensões entre 0,075mm (# 200) e 0,045mm(#300), a reação se processa primeiramente sobre esse material e decorrentemente da maior superfície, as expansões são menores, passando a situar em dimensões (de expansões) seguras;
- ✓ A moagem/trituração do material reativo, pode causar um decréscimo da expansão;
- ✓ Alterando as especificações de granulometria, com base nos estudos pode ser possível usar o agregado miúdo do material da região, nos projetos, o que poderá ser preferível sob o aspecto de custos.

### 3 Pesquisas Realizadas e Informações Relevantes

#### 3.1 Âmbito Nacional

Sob o aspecto histórico, os estudos para uso do Pó de Pedra- "Rock Flour", ou mais precisamente, dos finos (partículas inferiores a 0,075mm) de rocha, no Brasil, efetivamente foram iniciados por volta de 1978 [9], cujos resultados possibilitaram o uso nos concretos da Barragem de Urugua-i, na Argentina (em 1986 e relatado em 1987)[10][11].



A formação acadêmica dos autores (dos artigos mencionados) bem como deste próprio Autor se mostraram limitadas para entender e avaliar em profundidade outros benefícios possíveis desde o uso dos “finos”.

A participação deste Autor no Projeto Capanda- Angola, bem como a interlocução havida com o **Dr. Albert Ossipov** (do Scientific Research Centre Hydroproject Institute de Moscou), em uma reunião em Moscou, ao final de 1987, possibilitou captar orientações adicionais sobre o uso de benefícios técnicos mais detalhados e amplos, dos finos de rocha britada, o que possibilitou reorientar os estudos de dosagens (para os concretos da Obra de Capanda) que à época se realizavam nos Laboratórios da Itaipu Binacional [12].

A partir dessa época (1988) os estudos para conhecimento dos benefícios do finos da britagem/trituração de rocha em vários Laboratórios (ITAIPU; FURNAS; COPEL;CESP; CEMIG) se intensificaram, como se lista a seguir [13 a 27].

Esclarece-se que, o Autor, somente apresenta a listagem das Publicações onde se registraram ensaios referentes a ação dos finos quanto à mitigação das Reações- Álcis Agregados e seus aspectos expansivos (Nota- o Grifo sublinhando é do Autor):

Ano	Referência	Publicação	Citação Relevante para o Tema RAA
1987	[13]- RC-04/87- Ensaios de Materiais para o Projeto Capanda (Primeiro Relatório Periódico)	Relatório Interno do Laboratório da ITAIPU BINACIONAL	Descreve a realização dos ensaios em andamento sobre materiais, para as obras do Projeto Capanda- Angola. <u>Ver Figura 01 a seguir, extraída da Figura 11 do Relatório Final, correspondente à referência [12]</u>
1989	[14]- Laboratório de FURNAS-“Estudo de Inibidores de Expansão da Reação Alkali-Agregado”	II Seminário Goiano de Engenharia Estrutural-Goiania- Brasil	COMENTÁRIOS “...Além dos materiais cimentícios apresentados como alternativas para inibir a reação álcali-silica, outros materiais estão sendo analisados; como por exemplo, o próprio agregado pulverizado passando na peneira No. 200 em substituição parcial não só ao cimento... “...Figuras 9.3 e 9.4..”
1990	[15]-FONTOURA,J.T.F.; SANTOS, M.C.; BITTENCOURT, R.M.; PACELLI, W.A.-“Estudo de Inibidores de Expansão da Reação Alkali-Agregado”	32ª. Reunião Anual do IBRACON- Fortaleza-Brasil	“..O agregado pulverizado como inibidor da reação álcali- sílica tem sido utilizado na URSS, sendo esta alternativa sugerida pelo Eng. Albert D. Ossipov para a Barragem de Capanda (Angola), tendo em vista a não disponibilidade de materiais pozolânicos naquele País. Por se tratar de uma tecnologia recente no nosso meio técnico, deu-se a esta alternativa uma ênfase muito grande,...” Figuras 4.5.1 a 4.5.4 “...O uso de agregado pulverizado é uma alternativa a ser considerada para inibir a expansão...”
1991	[12]- BRAGA, J.A.; ZANELLA, M.R.; ZALESKI, J.M.; ANDRIOLO, F.R.- “Uso do Concreto Rolado- Projeto Capanda	XIX Seminário Nacional de Grandes Barragens- Aracaju Brasil	Gráfico Figura 17- Redução das Expansões quando do Uso dos Finos $\leq 0,075\text{mm}$ “...Os ensaios demonstraram a validade do emprego do “pó de pedra” com finos, visto as vantagens de aumento na resistência e inibição



	(Angola)- Especiais”	Ensaio	da reação álcalis-silica...”
1991	[16]- Equipe Técnica do Laboratório de FURNAS – “Estudo de Dosagens para Concreto Compactado a Rolo-Usina de Cana Brava”	Relatório de estudos Internos à Empresa de FURNAS Centrais Elétricas SA	Item 32.4- Redução da Expansão- Tabela e Gráfico
1992	[17]- KREMPEL, A.F.; CREVILARO, C.C.; PAULON, V.A.- “Adição de Pó ao Concreto como Fator Econômico e de Durabilidade”-	34a. Reunião do Ibracon – Curitiba- Brasil	“...A comparação entre as curvas A*E e C*D mostra que o uso do Pó de Pedra traz benefícios quanto ao fator reatividade potencial...”
1993-	[18]- CARMO, J.B.M.; NASCIMENTO, J.F.F.; FONTOURA, J.T.F.; SANTOS, M.C.; TRABOULSI, M.A.- “Aplicação de Concreto Compactado a Rolo com Adições”	35ª. REIBRAC- Reunião Anual do Ibracon- Brasília-DF	Figura 4.6 - Redução da Expansão COMENTÁRIOS “...Os estudos desenvolvidos comprovam as qualidades dos materiais pulverizados, sobretudo quanto à trabalhabilidade, permeabilidade e combate à reação álcali-agregado...”
1994	[19]- Equipe Técnica do Laboratório Central da CESP- “Efeito dos Finos do Pó de Pedra em Concretos”	Relatório de Estudos Internos à Empresa da CESP	Comentários: “... As expansões da argamassa verificadas para misturas com diferentes teores de finos ficaram bem abaixo da máxima especificada, com valores da ordem dos apresentados por fly ash e pozolana...” Desenhos 13; 14
1995	[20]- SALLES, F.M.; OLIVEIRA, P.J.R.; ANDRIOLO, F.R.- “Crushed Powder Filler- The Use on RCC and the Reduction of Expansion due to the Alkali-Aggregate reaction”	International Symposium on RCC Dams- Santander, Spain	COMMENTS “...Another pozzolanic action, as concerns minimization of expansion effects due to alkali reaction with the aggregates...”
1995	[21]- KREMPEL, A. F.; ANDRIOLO, F.R.- “The Use of Basaltic Crushed Powder (Filler) in the RCC”	International Symposium on RCC Dams- Santander, Spain	COMMENTS “... Fillers tested have demonstrated a substantial efficiency to reduce the expansions resulting from the Alkali-Silica Reaction thus demonstrating another important pozzolanic action...”
1996	[22]- ANDRIOLO, F.R.- “El Uso de Materiales de Rejento en el Hormigón”	X Congreso Iberoamericano del Hormigón Premezclado- Quito-Ecuador	Figura 5 COMENTARIOS “...Os Fillers ensaiados demonstraram eficiência substancial na redução das expansões decorrentes da Reação Álcali-Silica, mostrando outra importante ação pozolânica...”
1997	[24]- ALVES, E.F.R.; CARMO, J.B.M.; SANTOS, M.C.; TRABOULSI, M.A.; - “Estudo Comparativo da Expansão o Concreto e Argamassa Moldados”	Simpósio sobre Reatividade Álcali-Agregado em Estruturas de Concreto- Goiânia- Brasil	“...Quando ao uso de quartzito pulverizado como redutor da expansão provocada pela reação álcali-agregado, os resultados evidenciam que teores a partir de 40% reduzem consideravelmente os valores de expansão...” Figura 5 e Tabela 4



1997	[25]- SALLES, F.M.; OLIVEIRA, P.J.R.; ANDRIOLO, F.R.- <b>“Uso de Finos de Britagem como Redutores da Expansão Devida à Reação Álcali-Agregado”</b>	Simpósio sobre Reatividade Álcali-Agregado em Estruturas de Concreto-Goiânia- Brasil	<p><u>“...O conceito para emprego do pó de agregado reativo como inibidor é o de se dispor de um aditivo contendo sílica reativa com alto grau de acidez, compatível com o agregado e disponível para uma reação nos poros capilares, ao invés de reagir na interface da pasta de cimento e o agregado (de [24])</u></p> <p><u>“...A presença dos finos de britagem causou efeito positivo na redução da expansão provocada pela RAA...”</u></p> <p>CONCLUSÕES</p> <p><u>“...O maior mérito desta pesquisa, com relação a RAA, se deve à constatação da ação benéfica provocada pelos finos de britagem de basalto, em misturas com cimentos, resultando na inibição do processo expansivo da reação...”</u></p>
1997	[26]-ANDRIOLO, F.R.- Estudos para escolha do Cimento para a Obra de Itá	Relatório Interno da Organização Odebrecht para a Obra do AHE Itá- Brasil	<p><u>“...Há uma expressiva redução da Expansão (decorrente da reação álcali-sílica) devido a adição de materiais pozolânico, bem como devido a adição de finos (Pó de Pedra do basalto)...”</u></p> <p>COMENTÁRIOS</p> <p><u>“... O emprego de Pó de Pedra incorporado à areia artificial obtida pela britagem do basalto, denso, existente na obra mostrou-se, como se esperava, benéfico na ação minimizadora da Reação Álcali-Sílica, além de uma pequena Atividade Pozolânica, no comportamento resistente...”</u></p>
1997	[27]-CASTRO, C.H.; SANTOS, M.C.; TRABOULSI, M.A.; BITTENCOURT, R.M.- <b>“Influência do Agregado Pulverizado na Reação Álcali-Agregado”</b>	Simpósio sobre Reatividade Álcali-Agregado em Estruturas de Concreto-Goiânia- Brasil	<p>Várias FIGURAS</p> <p><u>“... substituição parcial por agregado pulverizado, além da redução dos níveis de expansão causados pela RAA observada, deve-se ressaltar que o aumento...”</u></p>

Das referências citadas vale citar a Figura 11 de [12] transcrita na Figura 01 a seguir.

As referências resumidas neste texto, correspondentes a cerca de 15 anos de pesquisas, em renomados Laboratórios Brasileiros, evidenciam uma enorme massa de informações técnicas que permitem ampliar as 3 acertivas tradicionais, das mesmices, retro mencionadas.

### 3.2 Âmbito Internacional

No âmbito Internacional, excetuando as referências conceituais que serviram de base para as pesquisas desenvolvidas, vale citar a que se segue.



Peneira- mm	Granulometria da Areia Artificial Metarenito- Capanda- Angola				
	% Retida				
4- 4,8	1,1	1,0	1,0	0,9	0,7
8- 2,4	31,5	29,9	28,4	25,2	18,9
16- 1,2	19,1	18,1	17,2	15,3	11,5
30- 0,6	14,6	13,9	13,1	11,7	8,8
50- 0,3	11,2	10,6	10,1	9,0	6,7
100- 0,15	11,2	10,6	10,1	9,0	6,7
200- 0,075	11,2	10,6	10,1	9,0	6,7
< 200	0,0	5,0	10,0	20,0	40,0
Idade (dias)	Expansão (%)				
	Teor (%) de Finos (< 0,075mm) na Areia Artificial				
	0	5	10	20	40
1	0,010	0,012	0,015	0,017	0,018
2	0,020	0,026	0,029	0,033	0,034
3	0,034	0,042	0,045	0,049	0,046
7	0,137	0,133	0,133	0,125	0,091
9	0,185	0,173	0,164	0,150	0,104
12	0,230	0,213	0,198	0,177	0,126

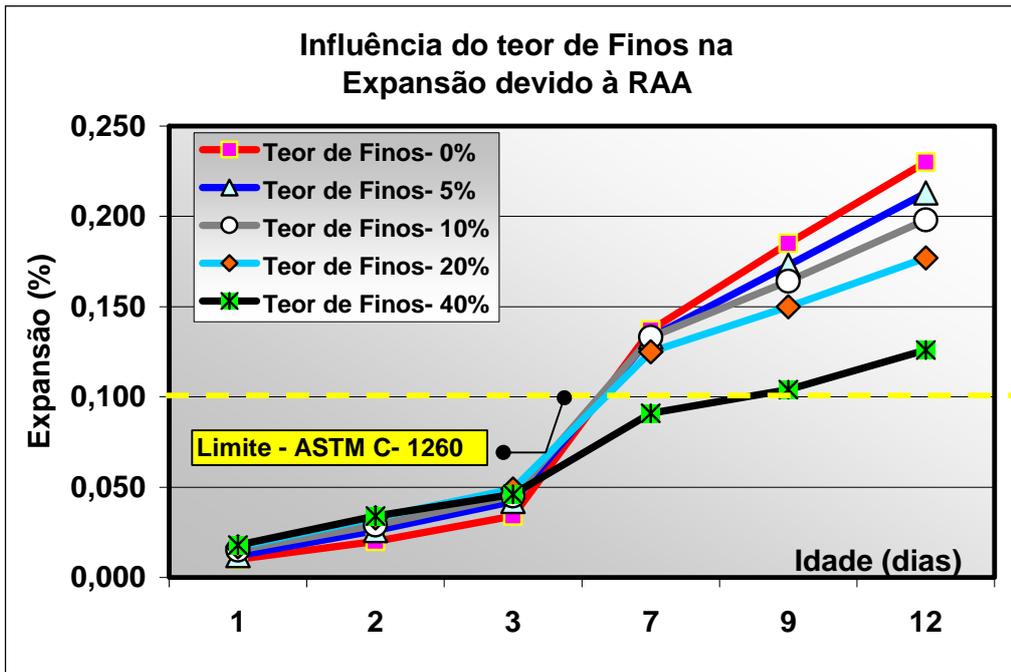


Figura 01- Influência do teor de finos na Expansão devido à Reação Álcali-Agregado.



Ano	Referência	Publicação	Citação Relevante para o Tema RAA
1996	[23]- QIGHAN, B.; XUEQUAN, W.; MINGSHUI, T.; NISHIBAYASHI, S; KURODA, T; TIECHENG, W.- “Effect of Reactive Agregate Powder on Suppressing Expansions Due to Alkali-Silica Reaction”	X International Conference on Alkali-Aggregate Reaction- Melbourne - Australia	Fig 1- “... The effect of reactive aggregate powder (Blaine’s value 7.800cm <sup>2</sup> /g) on the expansion of mortars are substantiated. Fig 1 gives the relation between expansion and aggregate powder amount incorporated in mortars. It could be seen that for any alkali level, the expansion of mortars decreased remarkably with an increasing amount of powder, especially at high alkali levels...” “...It is obvious that the effectiveness of reactive aggregate powder on suppressing the excessive expansion depends strongly on the alkali contents available .... Therefore, the lower the alkali level, the lower the replacement...” “...As a result, all of the above mentioned factors would contribute to the prevention of a detrimental reaction or to suppression of excessive expansion...” “... Evidently there is a sensitive fineness range of 5.640 ~ 8.045cm <sup>2</sup> /g to the expansion within it the variation of fineness will lead to an evident change of expansion becomes less sensitively in dependence of fineness. So in this sense that the fineness of aggregate powder should be of about 8.000cm <sup>2</sup> /g is technically and economically meaningful...” Fig-2 “... it is evident that the setting times decrease slowly when less than 30% of the powder is incorporated, and rapidly (especially for the initial setting) when 50% of the replacement is taken. All of these demonstrate that the powder could take part in the hydration reaction and improve the reaction rate. ...” CONCLUSIONS “...The incorporation of reactive aggregate powder seems able to prevent mortars made of the same reactive aggregate sand from severe expansion, implying a promising approach to suppressing ASR...”

A referência acima, também confirma a alternativa de usar o próprio material deletério para inibir a expansão.

O Autor, desta publicação, propositalmente evidencia publicações contemporâneas a 1997, época do I Simpósio de RAA, realizado em Goiânia. Ou seja, evidencia-se que há a possibilidade de uso de agregado deletério, de maneira segura.

#### 4 Aspectos Normativos e de Especificações Técnicas



#### 4.1 Âmbito Nacional

A Especificação Técnica Brasileira que- **fixa as características exigíveis na recepção e produção dos agregados**- é ABNT-NBR- 7211<sup>[28]</sup> e menciona:

“...**Tabela 3 - Limites máximos aceitáveis de substâncias nocivas no agregado miúdo com relação à massa do material**”

Determinação	Método de ensaio	Quantidade máxima relativa à massa do agregado miúdo %	
Torrões de argila e materiais friáveis	NBR 7218	3,0	
Materiais carbonosos <sup>1)</sup>	ASTM C 123	Concreto aparente	0,5
		Concreto não aparente	1,0
<b>Material fino que passa através da peneira 75 µm por lavagem (material pulverulento)</b>	<b>NBR NM 46</b>	<b>Concreto submetido a desgaste superficial</b>	<b>3,0</b>
		<b>Concretos protegidos do desgaste superficial</b>	<b>5,0</b>

5.2.2-Quando o material fino que passa através da peneira 75 µm por lavagem, conforme procedimento de ensaio estabelecido na NBR NM 46, for constituído totalmente de grãos gerados durante a britagem de rocha, os valores constantes da tabela 3 podem ter seus **limites alterados de 3% para 10% (para concreto submetido a desgaste superficial) e de 5% para 12% (para concreto protegido do desgaste superficial) desde que seja possível comprovar, por apreciação petrográfica realizada de acordo com a NBR 7389, que os grãos constituintes não interferem nas propriedades do concreto.** São exemplos de materiais inadequados os materiais micáceos, ferruginosos e argilo-minerais expansivos. Para agregado total, vide item 3.6 e nota 3 da tabela 7...

Excluído: aumentados até

#### 4.2 Âmbito Internacional

Uma das especificações técnicas que é muito utilizada, em vários Países, como base para fixar as características dos agregados é a C-33<sup>[29]</sup> do ASTM, da qual se transcreve:

“...1.2 This specification is for use by a contractor, concrete supplier, or other purchaser as part of the purchase document describing the material to be furnished.

NOTE 1—This specification is regarded as adequate to ensure satisfactory materials for most concrete. It is recognized that, **for certain work or in certain regions, it may be either more or less restrictive than needed.** For example, where aesthetics are important, more restrictive limits may be considered regarding impurities that would stain the concrete surface. The specifier should ascertain that aggregates specified are or can be made available in the area of the work, with regard to grading, physical, or chemical properties, or combination thereof...



TABLE 1 Limits for Deleterious Substances in Fine Aggregate for Concrete

item	Mass Percent of Total Sample, max
Clay lumps and friable particles	3.0
Material finer than 75- $\mu$ m (No. 200) sieve:	
Concrete subject to abrasion	3.0 <sup>A</sup>
All other concrete	5.0 <sup>A</sup>
Coal and lignite:	
Where surface appearance of concrete is of importance	0.5
All other concrete	1.0

<sup>A</sup> In the case of manufactured sand, if the material finer than the 75- $\mu$ m (No. 200) sieve consists of the dust of fracture, essentially free of clay or shale, these limits are permitted to be increased to 5 and 7 %, respectively.

6.3 Fine aggregate failing to meet these grading requirements shall meet the requirements of this section provided that the supplier can demonstrate to the purchaser or specifier that concrete of the class specified, made with fine aggregate under consideration, will have relevant properties at least equal to those of concrete made with the same ingredients, with the exception that the reference fine aggregate shall be selected from a source having an acceptable performance record in similar concrete construction.

NOTE 3—Fine aggregate that conforms to the grading requirements of a specification, prepared by another organization such as a state transportation agency, which is in general use in the area, should be considered as having a satisfactory service record with regard to those concrete properties affected by grading...

### 4.3 Considerações sobre as Especificações

Da conjunção da citação da referência [8] (e que se repete a seguir: “...By changing the grading specifications in accordance with such results it may be possible to use fine aggregate from a deposit in the vicinity of an actual project, a solution which may be preferable from cost consideration...”), com a menção do item 6.3 do ASTM C 33, acima, nota-se que uma maneira prática e objetiva de se viabilizar opções tecnicamente válidas é a de permitir que se comprove que o uso de um material- **que não cumpra integralmente uma especificação- produza concretos com propriedades relevantes pelo menos igual ao concreto com os mesmos materiais, porem que cumpram integralmente com as especificações**

Ao se olhar a NBR 7211, nota-se que o item 5.2.2, induz à realização de –apenas e tão somente a análise petrográfica, o que para o tema de RAA, torna-se inconclusivo, pois apenas poderá demonstrar que o material é ou não deletério, carecendo então de uma outra avaliação, que especificamente já se evidenciou nos itens precedentes desta publicação.

## 5 Comentários e Sugestões



RAA 2006 – II SIMPÓSIO SOBRE REAÇÃO  
ÁLCALI-AGREGADO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO  
SETEMBRO / 2006 - ISBN: XXXXXXXXXXXXXXXX  
VOLUME XXX - REAÇÃO ÁLCALI-AGREGADO EM ESTRUTURAS  
DE CONCRETO  
TRABALHO IIRAA2006XXXXXX - P X ATÉ Y  
@ 2006 - IBRACON



A enorme massa de dados técnicos decorrentes de amplas pesquisas realizadas em vários Laboratórios de ilibada seriedade permite afirmar:

- ✓ Há possibilidade segura de uso de agregados deletérios, fundamentada em ensaios que confirmam a redução da expansão quando do uso, desses mesmos agregados, após a trituração que forneça partículas inferiores a 0,075mm;
- ✓ É conveniente que esses agregados sejam avaliados, antes de seu uso, através de ensaios que certifiquem o seu emprego e forma segura.

Decorrente desses mesmos estudos, e objetivando ter especificações que de modo menos burocrático venha a restringir o uso de agregados, sugere-se:

- ✓ Uma redação que ao mesmo modo do mencionado no ASTM C 33, permita que se utilize agregado **que não cumpra integralmente um determinado item da especificação- produza concretos com propriedades relevantes pelo menos igual ao concreto com os mesmos materiais, porem que cumpram integralmente com as especificações**

Ou seja, em lugar de simplesmente se proibir, permite-se que, através de ensaios de comprovação, se utilize o agregado sob análise. Deste modo incentiva-se a busca de soluções alternativas.

## 6 Referências

[01]- STANTON, THOMAS E.- “**Expansion of Concrete Through Reaction Between Cement and Aggregate**”- Transaction ASCE American Society of Civil Engineers- Papers- USA- 1940;

[02]- HANSEN, W.C.- “**Studies Relating to the Mechanism by Which the Alkali-Aggregate Reaction Produces Expansion in Concrete**”- Journal of the American Concrete Institute-Detroit- Michigan- USA- 1944;

[03]- HANNA, W.C.- “**Unfavorable Chemical Reactions of Aggregates in Concrete and a Suggested Corrective**” Proceedings ASTM- American Society for Testing and Materials- Pennsylvania, USA- 1947;

[04]- STANTON, T.E.- “**Studies of Use of Pozzolanas for Counteracting Excessive Concrete Expansion resulting from Reaction Between Aggregates and the Alkalis in Cement**” - Symposium on Use of Pozzolanic Materials in Mortars and Concretes- ASTM-Special Technical Publication- Pennsylvania, USA -1950;

[05]- VIVIAN, H.E.- “**Studies in Cement-The Effect of Small Amounts of Reactive Component in the Aggregate on the Tensile Strength of Mortar**”- Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Melbourne- Australia- 1950;



[06]-VIVIAN, H.E.- “**Studies in Cement-Aggregate Reaction: Effect on Mortar Expansion of the Particle Size of the Reactive Component in the Aggregate**”- Australian Journal of Applied Science- 1951;

[07]- POWERS T.C.; STEINOUR H.H. - “**An Interpretation of Some Published Researches on the Alkali-Aggregate Reaction- Part 2- A Hypothesis Concerning Safe and Unsafe Reactions with Reactive Silica in Concrete**”- Journal of the American Concrete Institute- Detroit- Michigan- USA -1955;

[08]-P. BREDSORFF; G.M.IDORN; A. KJAER; NIELS M. P.; E. POULSEN- “**Chemical Reactions Involving Aggregate**”- IV International Symposium –Chemistry of Cement- Washington-1960;

[09]- BRAGA, J.A.; ROSÁRIO ,L.C.; DUARTE, J.D.C.; LACERDA, S.S.- “**Utilização de Finos- Sub-Produto de Britagem nos Concretos Rolado e Convencional**”- XVIII Seminário Nacional de Grandes Barragens - Foz do Iguaçu- Brasil-1989;

[10]- GOTTARDO, G.; PEÑA, D.F.; ANDRIOLO, F.R.- “**Urugua- i : Uma Barragem em Concreto Rolado**”- XVI Seminário Nacional de Grandes Barragens- Brasília- DF-Brasil-1987;

[11]- GOLIK, M.A.; Andriolo, F.R.; - “**Urugua-i (CCR) - Controle de Qualidade do Concreto Lançado no Tramo Principal da Barragem**”- XVIII Seminário Nacional de Grandes Barragens - Foz do Iguaçu- Brasil-1989;

[12]- ANDRIOLO, F.R.; BRAGA, J.A.; ZANELLA, M.R.; ZALESKI, J.M.- “**Uso do Concreto Rolado; Projeto Capanda - Angola; Ensaio Especiais**”- XIX Seminário Nacional de Grandes Barragens - Aracaju- Brasil-1991;

[13]- **RC-04/87- Ensaio de Materiais para o projeto Capanda (Primeiro Relatório Periódico)** Relatório Interno do Laboratório da ITAIPU BINACIONAL-1987;

[14]- Laboratório de FURNAS-“**Estudo de Inibidores de Expansão da Reação Alkali-Agregado- II Seminário Goiano de Engenharia Estrutural- Goiania- Brasil- 1989;**

[15]-FONTOURA,J.T.F.; SANTOS, M.C.; BITTENCOURT, R.M.; PACELLI, W.A.-“**Estudo de Inibidores de Expansão da Reação Alkali-Agregado**”- 32ª. Reunião Anual do IBRACON- Fortaleza-CE- Brasil- 1990;

[12]- BRAGA, J.A.; ZANELLA, M.R.; ZALESKI, J.M.; ANDRIOLO, F.R.- “**Uso do Concreto Rolado- Projeto Capanda (Angola)- Ensaio Especiais**” XIX Seminário Nacional de Grandes Barragens- Aracaju Brasil- 1991;

[16]- Equipe Técnica do Laboratório de FURNAS – “**Estudo de Dosagens para Concreto Compactado a Rolo- Usina de Cana Brava**” Relatório de estudos Internos à Empresa de FURNAS Centrais Elétricas SA- 1991;

[17]- KREMPEL, A.F.; CREVILARO, C.C.; PAULON, V.A.- “**Adição de Pó ao Concreto como Fator Econômico e de Durabilidade**”- 34a. Reunião do Ibracon – Curitiba- Brasil-1992;



- [18]- CARMO, J.B.M.; NASCIMENTO, J.F.F.; FONTOURA, J.T.F.; SANTOS, M.C.; TRABOULSI, M.A.- **“Aplicação de Concreto Compactado a Rolo com Adições”**- 35ª. REIBRAC- Reunião Anual do Ibracon- Brasília-DF-1993;
- [19]- Equipe Técnica do Laboratório Central da CESP- **“Efeito dos Finos do Pó de Pedra em Concretos”** Relatório de Estudos Internos à Empresa da CESP- 1994;
- [20]- SALLES, F.M.; OLIVEIRA, P.J.R.; ANDRIOLO, F.R.- **“Crushed Powder Filler-The Use on RCC and the Reduction of Expansion due to the Alkali-Aggregate Reaction”** - International Symposium on RCC Dams- Santander, Spain- 1995;
- [21]- KREMPEL, A. F.; ANDRIOLO, F.R.- **“The Use of basaltic Crushed Powder (Filler) in the RCC”** International Symposium on RCC Dams- Santander, Spain- 1995;
- [22]- ANDRIOLO, F.R.- **“El Uso de Materiales de Rejection en el Hormigón”**- X Congreso Iberoamericano del Hormigón Premezclado- Quito-Ecuador- 1996;
- [23]- QIGHAN, B.; XUEQUAN, W.; MINGSHUI, T.; NISHIBAYASHI, S; KURODA, T; TIECHENG, W.- **“Effect of Reactive Aggregate Powder on Suppressing Expansions Due to Alkali-Silica Reaction”** X International Conference on Alkali-Aggregate Reaction- Melbourne – Australia-1996;
- [24]- ALVES, E.F.R.; CARMO, J.B.M.; SANTOS, M.C.; TRABOULSI, M.A.; - **“Estudo Comparativo da Expansão o Concreto e Argamassa Moldados”**- Simpósio sobre Reatividade Álcali-Agregado em Estruturas de Concreto-Goiânia- Brasil- 1997;
- [25]- SALLES, F.M.; OLIVEIRA, P.J.R.; ANDRIOLO, F.R.- **“Uso de Finos de Britagem como Redutores da Expansão Devida à Reação Álcali-Agregado”** Simpósio sobre Reatividade Álcali-Agregado em Estruturas de Concreto-Goiânia- Brasil- 1997;
- [26]-ANDRIOLO, F.R.- Estudos para escolha do Cimento para a Obra de Itá- Relatório Interno da Organização Odebrecht para a Obra do AHE Itá- Brasil- 1997;
- [27]-CASTRO, C.H.; SANTOS, M.C.; TRABOULSI, M.A.; BITTENCOURT, R.M.- **“Influência do Agregado Pulverizado na Reação Álcali-Agregado”**- Simpósio sobre Reatividade Álcali-Agregado em Estruturas de Concreto-Goiânia- Brasil- 1997;
- [28]- ABNT-NBR- 7211- **Agregados para Concreto**- Maio-2005;
- [29]- ASTM –C- 33- **Standard Specification for Concrete Aggregates**;
- [30]- ANDRIOLO, F.R.- **“Usos e Abusos do Pó de Pedra em Diversos Tipos de Concreto”**- IISUFFIB- Seminário- O Uso da Fração Fina da Britagem- São Paulo- Abril- 2005 ;
- [31]- HALICI, M. - **“Study of Cementitious Materials for Use in Mass Concrete of Deriner Dam & Hepp”**- State Hydraulic Works- Internal Report from the Research & Quality Control Department- Esenboga- Ankara- Turkey-2002 .