REAÇÃO ÁLCALI-AGREGADO – TÉCNICAS UTILIZADAS PARA CARACTERIZAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DE PRODUTOS FORMADOS

Matheus Villian Valenga (BIC/FA), Elias Pereira, Eduardo Pereira (Orientador), e-mail: eduardopereira@uepg.br.

Universidade Estadual de Ponta Grossa/Departamento de Engenharia Civil.

3.01.00.00-3 Engenharia Civil, 3.01.01.00-0 Construção Civil.

Palavras-chave: Concreto, Durabilidade, Reação álcali-agregado.

Resumo

O concreto é um dos materiais de construção mais utilizados em estruturas, e por isso deve apresentar boas propriedades mecânicas e durabilidade. Um dos principais fatores estudados e que promove sua deterioração é a reação álcali-agregado (RAA), sendo esta a reação entre os álcalis livres na solução dos poros do concreto com agregados reativos. O objetivo deste trabalho foi analisar a efetividade dos métodos de caracterização de agregados reativos, sendo eles o método químico de reatividade e o método acelerado em barras de argamassa. Foram utilizados 7 agregados diferentes e para cada um, moldadas barras de argamassa para o método acelerado e monitoradas por 60 dias, com posterior análise da estrutura por microscopia eletrônica de varredura (MEV) e análise da redução de alcalinidade da solução a 1N de NaOH do método químico após 24 horas de imersão do agregado. Verificou-se que os ensaios de alcalinidade analisados de forma isolada não são suficientes para classificação da reatividade dos agregados. Por outro lado, o período de 60 dias de análises no ensaio acelerado associado com análises de microestrutura foram métodos eficazes para o estudo de reações álcali-agregado.

Introdução

Por ser um dos materiais de construção mais utilizados para edificações por todo o mundo, o concreto de cimento Portland, além de apresentar propriedades mecânicas adequadas para o uso estrutural, também deve apresentar durabilidade suficiente para atender os requisitos de projeto e agressividade ambiental. Para tanto, o estudo sobre manifestações patológicas que diminuem a resistência do concreto, como a reação álcali-agregado (RAA) tem sido um dos focos da comunidade científica desde o século passado.

O comportamento deletério da RAA tem como resultado no concreto a fissuração, expansão e deformações e em estágios avançados redução da resistência mecânica. Isso se deve a formação de um gel viscoso e higroscópico que ao absorver água, expande causando tensões internas com posteriores fissuração na matriz cimenticia, causando diminuição de resistência mecânica. O gel é produto da reação entre os álcalis (Na^+ e K^+) livres na solução de poros com os agregados contendo minerais reativos na presença de água (PEREIRA et al., 2017).

Deve-se ressaltar que a reação álcali-agregado ainda não é de entendimento total pelos pesquisadores devido à complexidade dos mecanismos atuantes e métodos ainda não muito determinativos para caracterização da reação. Existem diversos métodos para a determinação da reatividade do agregado, produtos formados, mecanismos atuantes, entre outros fatores da RAA, mas muitos

destes são criticados quanto sua eficiência e capacidade de representar situações realísticas.

Esse é o caso dos ensaios acelerado das barras de argamassa e o método químico simples, que apesar de serem populares, são estudados quanto a sua aplicabilidade para a determinação da reatividade dos agregados. O ensaio acelerado é questionado quanto ao tempo de imersão das barras e às temperaturas de exposição elevadas (VALDUGA, 2002), já o método químico, é criticado em fatores como granulometria não abrangente, temperatura e tempo de exposição das amostras, cristalinidade dos minerais e suas composições (ROLIM, 2010).

Desse modo, o objetivo deste trabalho é analisar a efetividade do ensaio químico para a determinação de agregados deletérios e o método acelerado de expansão de barras de argamassa e determinação de fases reativas além de produtos da reação álcali-agregado na estrutura da argamassa por microscopias eletrônica de varredura, indicando se os métodos mencionados se mostram eficazes quando sujeitos às propostas apresentadas no trabalho.

Materiais e Métodos

Para o estudo foram utilizados sete agregados diferentes denominados de: A, B, C, D, E, F e Referência, de diferentes regiões dos Campos Gerais e como aglomerante o cimento Portland CP II F - 32. A ordem dos procedimentos foi: ensaio acelerado das barras de argamassa conforme ASTM C – 1260/07; microscopia eletrônica de varredura por EDS, em amostras das barras após ensaio acelerado; e por fim a realização do ensaio químico de reatividade conforme ASTM C – 289/07.

Para a realização da caracterização física dos agregados, foram seguidas as requisições normativas conforme NBR 7211: (2009) e a caracterização química foi realizada por FRX e DRX. A imersão das barras de argamassa do ensaio acelerado foi de 60 dias, aproximadamente quatro vezes maior que o indicado pela ASTM C – 1260/07 em solução alcalina de NaOH na proporção de 1 normal (1N). Para a análise microscópica foram utilizadas amostras das barras rompidas, sendo assim possível observar os produtos formados em sua microestrutura após o período de 60 dias. Para o ensaio químico, as requisições normativas da ASTM C – 289/07 também foram obedecidas, com peneiramento, lavagem e imersão da fração granulométrica específica em solução de NaOH a 1N por um dia.

Resultados e Discussões

A caracterização física e química dos agregados demonstrou diversas semelhanças entre as areias do catálogo. A mineralogia também se mostrou semelhante, com os agregados sendo constituídos predominantemente de quartzo e algumas ocorrências de plagioclásios, feldspatos, filossilicatos e outros minerais.

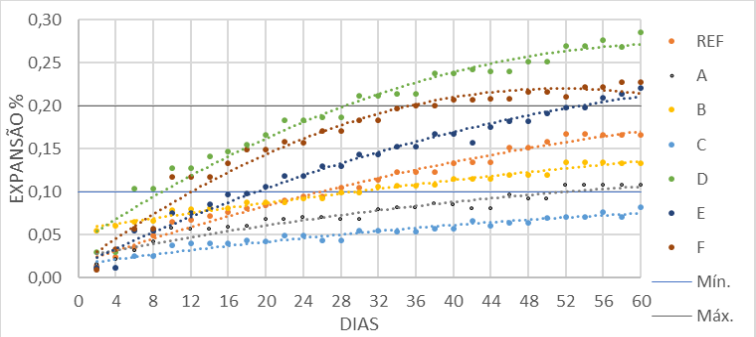
Tabela 1 – Resultados de FRX em óxidos dos materiais mais abundantes e DRX indicando a mineralogia dos agregados.

	ÓXIDOS							MINERAIS			
	CO2	Na2O	Al2O3	SiO2	K2O	CaO	Fe2O3	Plag.	Felds.	Quartzo	Filos.
A	5,52%	5,40%	14,30%	66,00%	4,58%	1,26%	2,51%	x	-	x	-
B	5,31%	5,13%	14,20%	65,80%	4,36%	1,05%	3,52%	x	-	x	-
C	5,15%	5,02%	14,60%	65,90%	4,71%	1,18%	3,08%	x	-	x	-
D	4,87%	2,99%	15,00%	55,90%	4,14%	4,32%	7,64%	x	-	x	x
E	5,22%	2,12%	14,40%	67,20%	8,04%	1,05%	1,63%	-	x	x	-
F	6,22%	2,71%	14,30%	45,00%	1,11%	9,01%	14,20%	x	-	x	-
REF	-	-	3,16%	86,27%	1,45%	-	2,12%	-	-	x	-

A redução da alcalinidade obtida pela realização parcial do método químico se mostrou incondizente com o restante dos resultados. A caracterização do agregado perante essa metodologia consiste na razão entre os resultados obtidos com a quantidade de sílica dissolvida na solução após o período de execução, tornando os dados obtidos incapazes de classificar os agregados quanto suas respectivas reatividades.

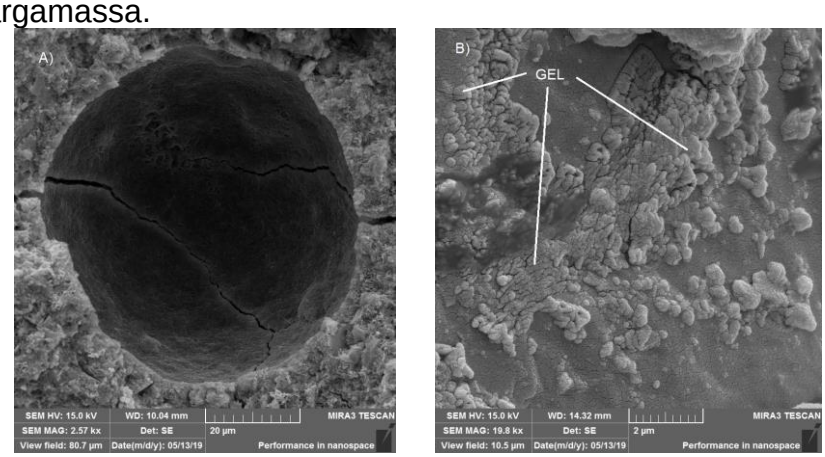
Quanto ao ensaio acelerado das barras de argamassa, a execução do mesmo pelo período proposto no trabalho se mostrou relevante, devido às expansões das barras não cessarem a partir do período indicado por norma. As deformações foram o suficiente para mudar a classificação de alguns agregados quanto sua reatividade. Por este método o agregado mais reativo foi o agregado D, enquanto o menos reativo foi o agregado C.

Figura 1 – Expansões das barras de argamassa em solução de NaOH a 1 normal no período de 60 dias.



A caracterização microestrutural indicou que nos poros das argamassas existiam produtos característicos da reação álcali-agregado, em quantidades concordantes com os resultados obtidos pelo ensaio acelerado das barras de argamassa. Nas amostras de agregados de maiores expansões foi observado maiores volumes de material semelhante aos encontrados em argamassas com as manifestações características da RAA, enquanto nos agregados inócuos, foi observada a formação dos mesmos materiais, porém em quantidade reduzidas. Isso é confirmado pela comparação dos MEV's com outros estudos, como os de Valduga (2002) e Munhoz (2007) afirmando que o método das barras foi efetivo para o período de imersão realizado.

Figura 2 – a) Poro da argamassa C com quantidades reduzidas do produto da RAA. b) Produtos da RAA na superfície do agregado D na microestrutura da argamassa.



Conclusões

Pelos procedimentos e análises realizados, verificou-se que os métodos para a determinação da reatividade dos agregados se mostraram parcialmente efetivos. A realização do método químico não se mostrou pertinente, fato este ligado à realização incompleta do mesmo, mostrando a necessidade da execução total dos procedimentos, ou também a sua metodologia que ainda apresenta pontos de discordância. O período de 60 dias para a realização do ensaio acelerado se mostrou pertinente, tendo em vista que as amostras continuaram a apresentar deformações além dos dias definido como limite normativo. A caracterização microestrutural por MEV também se mostrou efetiva, quando tendo base comparativa para compreensão dos produtos formados nos poros da argamassa.

Agradecimentos

São prestados os agradecimentos aos professores Eduardo Pereira, Elias Pereira e Patrícia Kruger, por acreditarem no potencial do co-autor, além de auxílio durante a pesquisa. À UEPG pela disponibilidade de seus laboratórios e equipamentos necessários para realização dos procedimentos. Aos funcionários Paulo Ubirajaba dos Santos e Cícero Wislei Fernandes Guerellus, e o acadêmico Marcelo Miranda Farias pelo auxílio em parte dos ensaios realizados. E por último, mas não menos importante, à Fundação Araucária pelo convênio da bolsa de estudos.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.NBR 7211 **Agregado para concreto**-Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

ANNUAL BOOK OF ASTM STANDARDS- American Society for Testing and Materials.

_____. ASTM C – 289/07: **Standard Test Method for Potential Alkali-Silica Reactivity of Aggregates (Chemical Method).** Philadelphia, 2007.

_____. ASTM C – 1260/07: **Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Aggregates (Mortar-Bar Method).** Philadelphia, 2007.

PEREIRA, E., PEREIRA, E., PIANARO, S. A., PORTELLA, K. F., BRAGANÇA, M. O. G. P., OLIVEIRA, I. C. **Avaliação das Mudanças Físicas e Mecânicas em Argamassas de Cimento Portland Sujeitas Simultaneamente ao Ataque Interno por Sulfatos e Reação Álcali Agregado.** Anais do 59º Congresso Brasileiro do Concreto; outubro-novembro, 2017.

VALDUGA, L. **Reação Álcali-Agregado: Mapeamento De Agregados Reativos Do Estado De São Paulo**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, 2002.

ROLIM, P. H. B. **Reação Álcali-Agregado: Avaliação Do Método Químico De Ensaio.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2010.

MUNHOZ, F. A. C. **Efeito de Adições Aditivas na Mitigação das Reações Álcali-Sílica e Álcali-Silicato.** Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2007.