AVALIAÇÃO DA REATIVIDADE ÁLCALI AGREGADO DE ROCHAS VULCÂNICAS DO RIO GRANDE DO SUL[1]

PAPER 509

COSTA, L., Faculdade Meridional, email: luananeg@yahoo.com.br; TIECHER, F., Faculdade Meridional, email: francieli.bonsembiante@imed.edu.br

ABSTRACT

The aggregate alkali reaction (AAR) is a chemical reaction that leads to the deterioration of concrete structures. It occurs between the concrete constituents (reactive aggregates and alkaline hydroxides present in the cement), in the presence of humidity, causing cracking, loss of strength as well as reduction of the useful life of the structures. Over the years many studies have shown the importance of knowing the reactivity of the aggregates, in order to take measures, when necessary, to mitigate the AAR. In view of this context, the objective of the present study is to evaluate the reactivity of volcanic aggregates of Rio Grande do Sul (RS). In order to reach this objective, 9 specimens of aggregates distributed throughout the northern half of RS, where the volcanic rocks were present, were collected. To evaluate the alkali-aggregate reactivity the accelerated test of the mortar bars (NBR 15577 part 4) was carried out. Of the results, only one sample can be classified as "non-reactive". The test also showed that some specimens have greater potential for expansion than others, assuming the need for effective mitigation measures of the RAA.

***Keywords**: Aggregate Alkali Reaction; Volcanic Rocks; Concrete Durability;*

1 INTRODUÇÃO

Mais de 70 anos após a RAA ter sido documentada pela primeira vez, muito já se sabe sobre a química da reação, os fatores que contribuem para a reação e expansão, métodos para testar agregados e estratégias para prevenir a expansão. Porém, uma vez identificada a reação em estruturas de concreto, ainda não existe uma maneira eficiente e prática de interrompê-la (THOMAS *et al*., 2013).

A aplicação adequada do conhecimento disponível para execução de novos concretos resulta em estruturas com baixos riscos de desenvolvimento da RAA. Uma série de especificações e práticas foram desenvolvidas nos últimos anos para auxiliar o profissional na seleção de materiais e medidas preventivas para garantir a durabilidade e vida útil das construções.

No que diz respeito aos agregados, no Brasil, alguns trabalhos foram feitos com o intuito de mapear sua reatividade, podendo-se citar Valduga (2002), Tiecher (2006), Pires (2010), Bruno (2014), Cardoso *et al.* (2015). Nestes estudos, de modo geral, fica evidente que as rochas ácidas, constituidas por grãos de quartzo deformados são as mais propensas a desenvolver a RAA.

Entretanto, algumas rochas que não possuem esse tipo de feição

[1] COSTA, L., TIECHER, F. Avaliação da reatividade álcali agregado de rochas vulcânicas do Rio Grande do Sul. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2018.

mineralógica muitas vezes mostram-se altamente reativas, tais como os basaltos. No estudo realizado por Valduga (2002), 16 basaltos foram classificados como reativos, apenas no estado de São Paulo. Pereira *et al.* (2017) também verificou comportamento semelhante, em amostras de basalto do estado do RS, as quais foram classificadas como potencialmente reativas.

No Rio Grande do Sul (RS) ainda pouco se conhece do comportamento das rochas empregadas como agregados. Levando em conta que estes possuem entre 45% a 77% de sílica em sua constituição (LE MAITRE *et e al.*, 2005), mostra-se importante conhecer seu comportamento frente à RAA. Sendo assim, o principal objetivo do presente trabalho é avaliar a reatividade dos agregados provenientes de rochas vulcânicas, comercialmente disponíveis no RS, a fim de prevenir a ocorrência de RAA.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

Para realização do estudo foi utilizado o cimento CP V ARI (Cimento Portland de Alta Resistência Inicial). As características do cimento empregado podem ser visualizadas no Quadro 1.

Quadro 1: Especificações físicas, mecânicas e químicas do cimento CP V ARI.

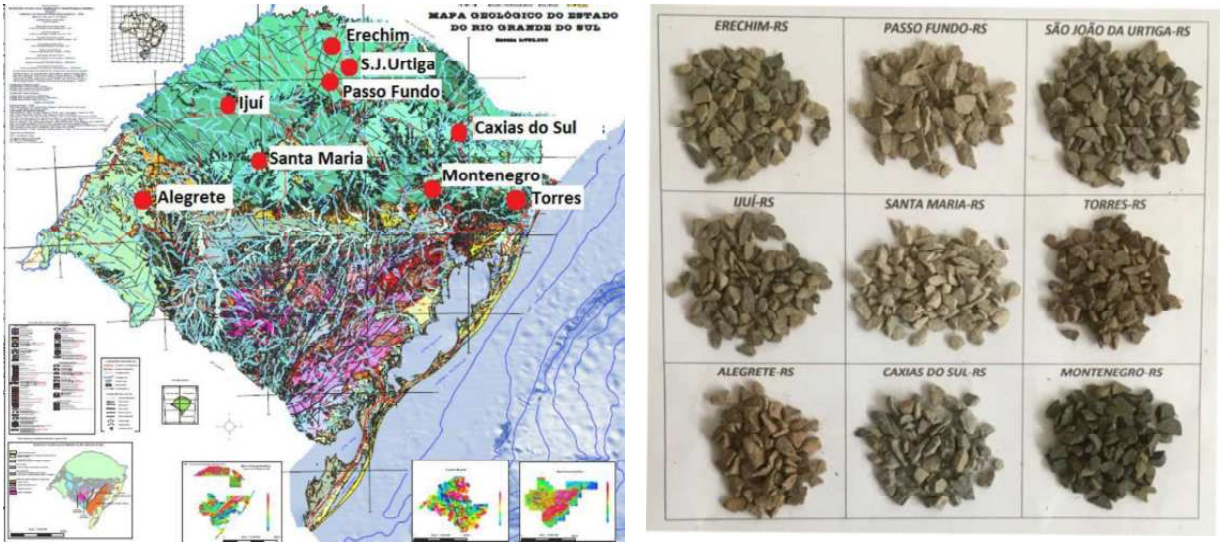
Massa específica (cm²/g)		3,07
Finura	Blaine (cm²/g)	4.626
	# 200 (%)	0,30
	# 325 (%)	1,70
Tempo de pega	Início (min)	251
	Fim (min)	324
Resistência a compressão(Mpa)	01 Dia (MPa)	20,90
	03 Dias (MPa)	37,70
	07 Dias (MPa)	43,10
	28 Dias (MPa)	49,40
Mgo (%)		2,70
SO_3 Média (%)		3,00
Perda ao fogo Média (%)		3,70
Óxidos de sódio (%)		0,10
Óxidos de potássio (%)		1,13
Equivalente alcalino em Na_2O (%)		0,84

Fonte: InterCement Apiaí/SP, 2017.

Além do cimento, a fim de avaliar as rochas vulcânicas do RS, foram coletados 50kg de pó oriundo da britagem em 9 localidades, diretamente retiradas do depósito comercial das pedreiras. A escolha das cidades onde foram feitas as coletas se deu de modo a contemplar da forma mais ampla possível as mais diversas rochas. As rochas vulcânicas estão presentes em

toda extensão da metade norte do estado (Figura 1).

Figura 1: Mapa das localidades das amostras (a); Agregados de origem vulcânica utilizados de cada jazida (b).



Fonte: Adaptado de CPRM, 2006.

2.2 Método

A avaliação da potencialidade reativa foi realizada através do ensaio acelerado das barras de argamassa, o qual é normalizado pela ABNT NBR 15577:2008, parte 4.

Inicialmente as amostras passaram por um processo de peneiramento para classificação da granulometria, de acordo com as faixas preconizadas pela referida norma (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

Quadro 2: Faixas granulométricas para o ensaio acelerado, segundo a NBR 15577-4.

Peneira com abertura de malha (ABNT NBR NM ISO 3310-1)		Quantidade de material em massa	
Passante	Retido	%	Massa (g)
4,75 mm	2,36 mm	10	99,0
2,36 mm	1,18 mm	25	247,5
1,18 mm	600 µm	25	247,5
600µm	300 µm	25	247,5
300µm	150 µm	15	148,5

Fonte: ABNT, 2008.

Após a preparação dos agregados seguiu-se a confecção das argamassas. Para cada amostra foram moldadas 3 barras de argamassa, no traço 1:2,25, com relação a/c 0,47, em massa. A mistura foi preparada em misturador mecânico. Findada a mistura, foram moldadas as barras, com dimensões de (285x25x25)mm, em duas camadas de iguais espessuras, cada uma delas adensada com 20 golpes, uniformemente distribuídos.

Figura 2: (a) preparação da argamassa; (b) moldagem das barras; (c) aspecto das barras de argamassa após a desmoldagem; (d) leitura das barras; (e) amostras imersas em solução de NaOH, em recipiente fechado.



Fonte: Própria autoria, 2018.

24h após a moldagem as barras foram retiradas das formas. Em seguida as mesmas foram imersas em água, em recipiente fechado, onde a temperatura da água aumentou gradativamente até o valor de 80 ±2°C, por mais 24h, quando foi realizada a primeira leitura. Logo após, as barras foram imersas em uma solução de hidróxido de sódio (NaOH), com concentração de (1±0,01) N, previamente aquecida (80 ± 2)°C.

As variações de comprimento foram aferidas com auxílio de um relógio medidor digital (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**). A partir de então, as amostras permaneceram imersas na solução alcalina por 28 dias, onde foram realizadas leituras periódicas da variação de comprimento e

calculadas as expansões ao longo de 28 dias de imersão das argamassas em solução alcalina.

De acordo NBR 15577-1 (2008), as barras que apresentarem expansões inferiores a 0,19% aos 30 dias (contados a partir da moldagem) classificam o agregado como potencialmente inócuo. Expansões iguais ou superiores a 0,19% denotam agregados potencialmente reativos. A figura 2 mostra algumas etapas do ensaio.

3 RESULTADOS

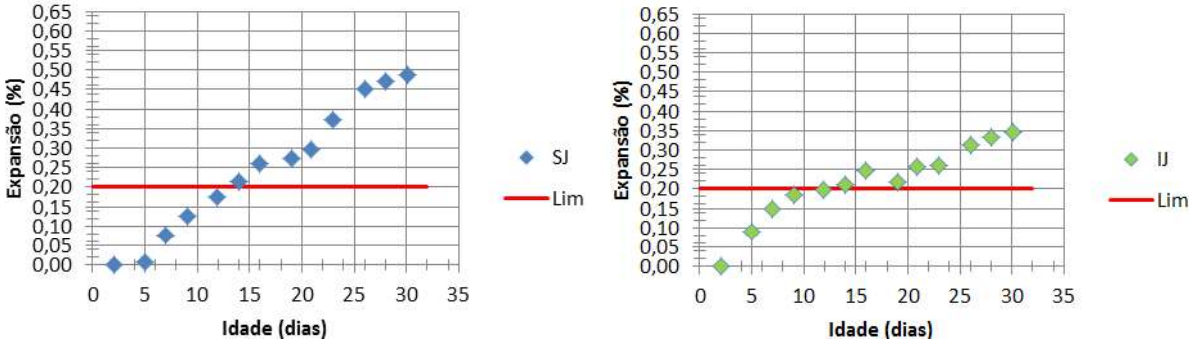
O ensaio acelerado mostrou que 8 das 9 as amostras apresentaram comportamento característico de agregado potencialmente reativo, segundo a NBR 15577-1. O Quadro 33 apresenta os resultados das expansões ao longo do tempo para cada amostra. Os gráficos numerados de 1 a 5 mostram, graficamente, esse comportamento.

Quadro 3: Expansão final das amostras no ensaio acelerado.

EXPANSÃO (IDADE)	EXPANSÃO MÉDIA DAS AMOSTRAS (%)								
	AL (Alegrete)	SJ (S. J. da Urtiga)	MN (Monte-negro)	IJ (Ijuí)	ER (Erechim)	CX (Caxias do Sul)	PF (Passo Fundo)	SM (Santa Maria)	TR (Torres)
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,08	0,01	0,02	0,09	0,04	0,01	0,01	0,02	0,02
7	0,13	0,08	0,10	0,15	0,07	0,03	0,02	0,04	0,07
9	0,14	0,12	0,21	0,18	0,13	0,00	0,02	0,04	0,09
11	0,25	0,17	0,28	0,20	0,15	0,09	0,07	0,08	0,12
14	0,37	0,21	0,30	0,21	0,17	0,13	0,12	0,10	0,12
16	0,42	0,26	0,32	0,25	0,20	0,10	0,14	0,12	0,09
18	0,44	0,27	0,32	0,22	0,24	0,07	0,09	0,12	0,16
21	0,47	0,29	0,37	0,26	0,15	0,13	0,15	0,13	0,13
23	0,46	0,37	0,37	0,26	0,27	0,13	0,15	0,13	0,13
25	0,55	0,45	0,41	0,31	0,29	0,14	0,015	0,15	0,08
28	0,56	0,47	0,43	0,34	0,30	0,18	0,18	0,19	0,08
30	0,62	0,49	0,43	0,35	0,33	0,22	0,22	0,22	0,08
CLASSIFICAÇÃO	reativo	reativo	reativo	reativo	reativo	reativo	reativo	reativo	inócuo

Fonte: Própria autoria, 2018.

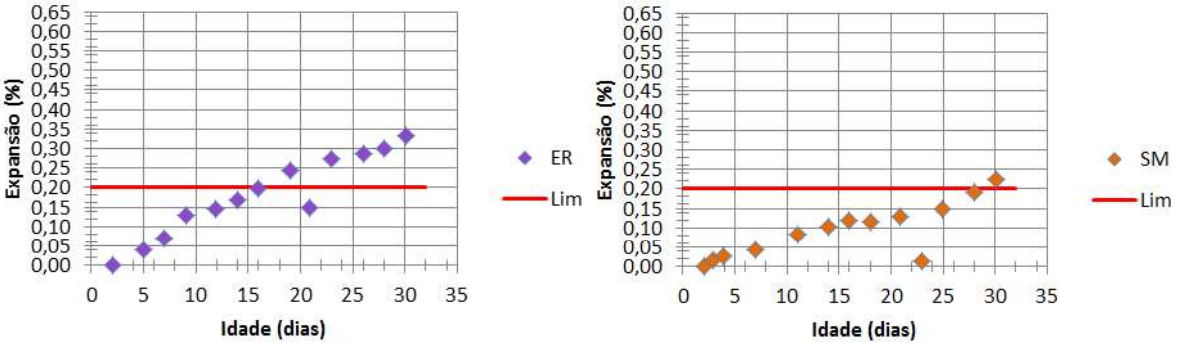
Gráfico 1: Evolução da expansão média das amostras de SJ (a) e IJ (b).



(a) (b)

Fonte: Própria autoria, 2018.

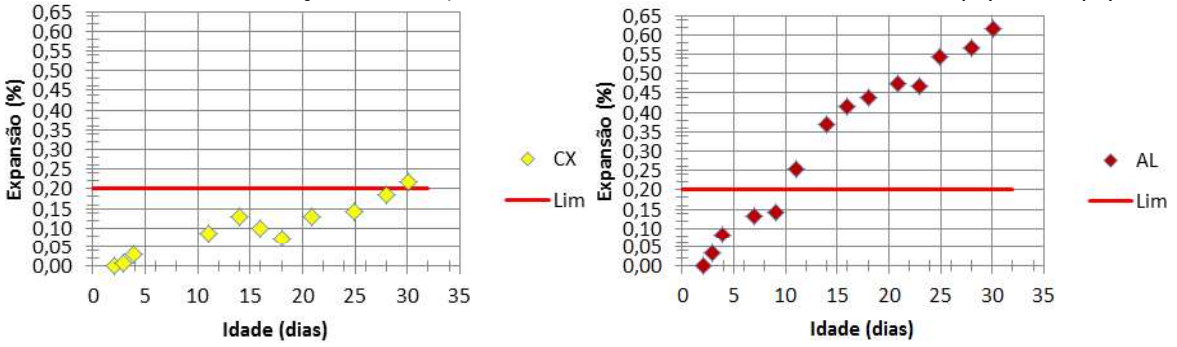
Gráfico 2: Evolução da expansão média das amostras de ER (a) e SM (b).



(a) (b)

Fonte: Própria autoria, 2018.

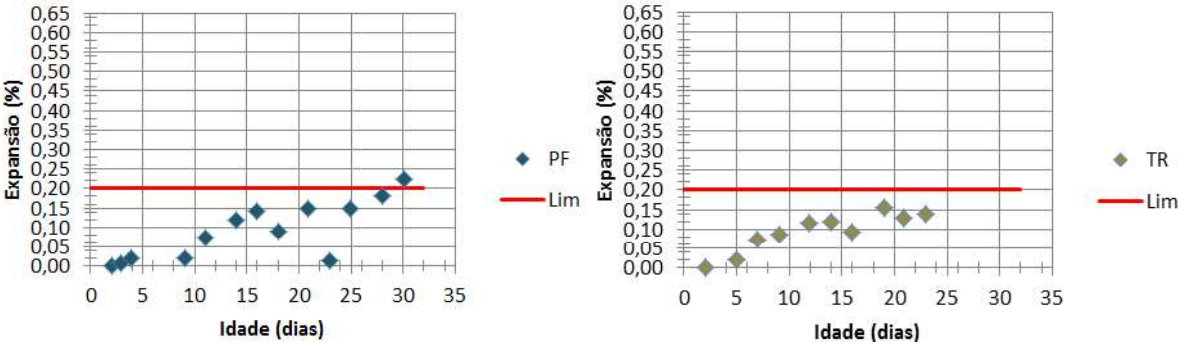
Gráfico 3: Evolução da expansão média das amostras de CX (a) e AL (b).



(a) (b)

Fonte: Própria autoria, 2018.

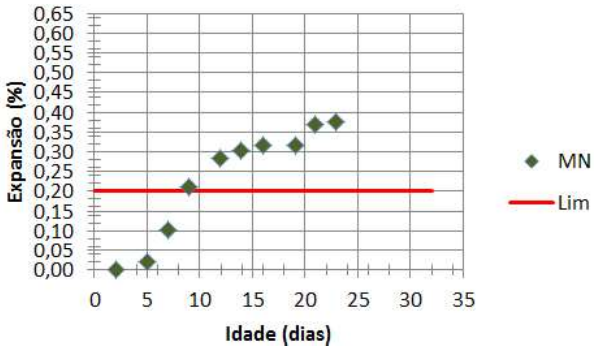
Gráfico 4: Evolução da expansão média das amostras de PF (a) e TR (b).



(a) (b)

Fonte: Própria autoria, 2018.

Gráfico 5: Evolução da expansão média das 3 amostras de MN.



Fonte: Própria autoria, 2018.

Observando-se os resultados das expansões ao longo do tempo, nota-se um rápido crescimento na expansão das amostras AL, MN e SJ, onde apresentaram, aos 16 dias, expansões de 0,42%, 0,37% e 0,26%, respectivamente. O crescimento das expansões permaneceu na mesma intensidade até o final do ensaio, chegando a expansões de 0,62%, 0,43% e 0,49% aos 30 dias. Essas 3 amostras foram as mais reativas dentre as 9 em estudo.

As amostras SM, CX e PF alcançaram pequenas expansões, ficando praticamente no limite da classificação de agregados potencialmente reativos, onde obtiveram valores em torno de 0,22%. A amostra da localidade de Torres foi a única que se encontra na classificação "inócua", de acordo com as expansões ao final do ensaio acelerado.

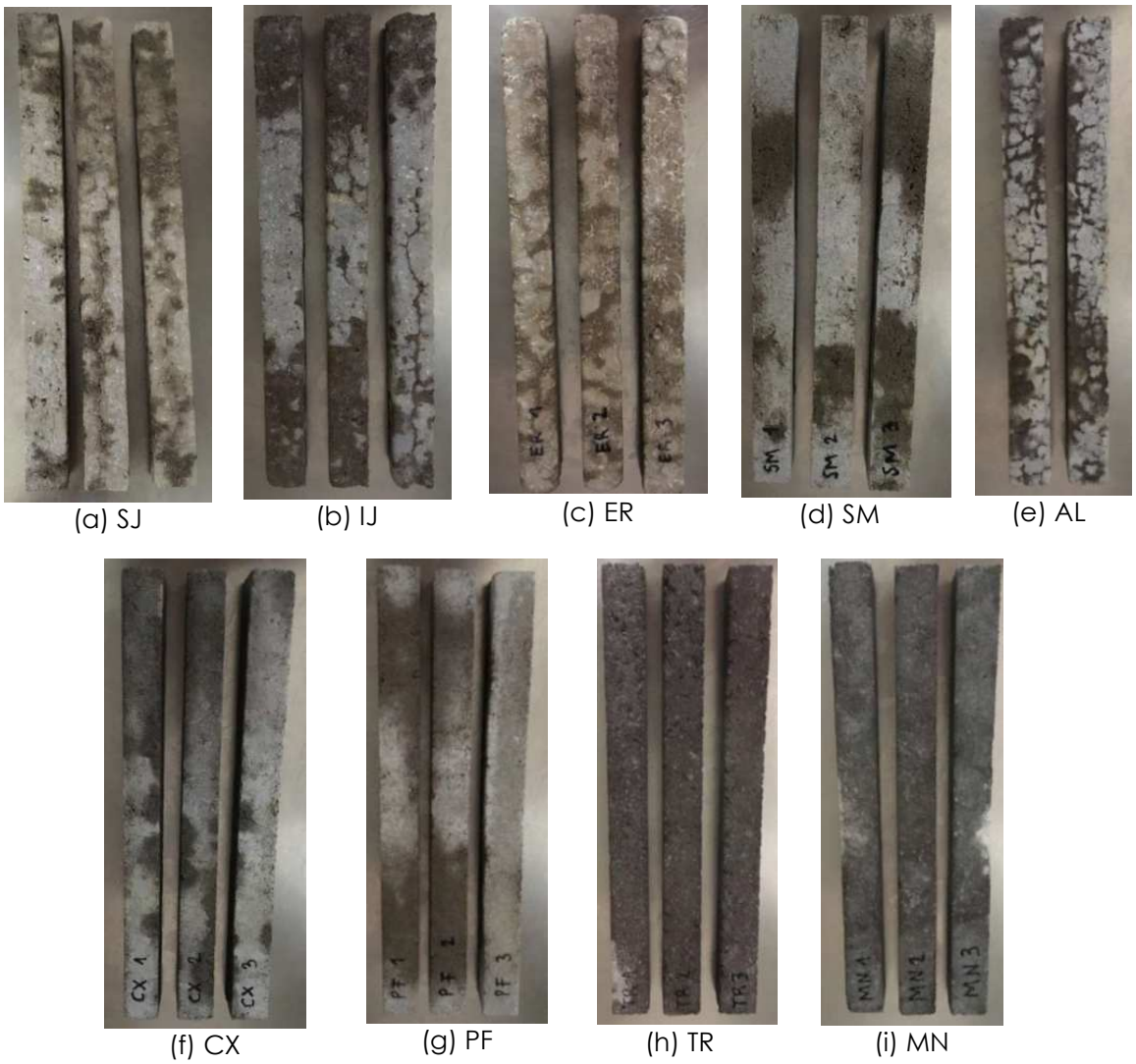
As amostras IJ e ER tiveram um comportamento equivalente, atingindo a classificação de agregado reativo entre 11 e 15 dias de ensaio e, a partir daí, as expansões aumentaram progressivamente, chegando a 0,35% e 0,33%, respectivamente.

Observa-se que as amostras ER, SJ e PF são provenientes de mineradoras localizadas muito próximas, num raio de aproximadamente 80km, e nenhuma delas apresentou comportamento semelhante. O contrário ocorre

com CX e SM, cuja distância chega aos 300km, porém apresentam comportamento muito similar.

A Figura 3: Barras de argamassa após 30 dias de ensaio. mostra o aspecto das barras de argamassa ao final do ensaio. Nota-se que algumas amostras apresentaram fissuras longitudinais e microfissuras mapeadas, como é o caso de SJ, IJ, ER e AL. As demais amostras não apresentaram nenhum sinal de deterioração visível a olho nu, mesmo tendo sido classificadas como potencialmente reativas.

Figura 3: Barras de argamassa após 30 dias de ensaio.



(a) SJ (b) IJ (c) ER (d) SM (e) AL

(f) CX (g) PF (h) TR (i) MN

Fonte: Própria autoria, 2018.

Nota: uma das barras da amostra de AL foi perdida durante o ensaio. Os resultados obtidos entre as barras restantes teve um desvio padrão menor que 5%, portanto, para esta amostra foi considerada a média de das leituras de 2 barras, ao invés de três, em todas as idades de medida.

Na continuidade deste trabalho será realizada a análise petrográfica das amostras, que ajudará a explicar os comportamentos observados no ensaio

de expansão. Sabe-se, a partir de outras publicações, tais como VALDUGA (2007), que as rochas vulcânicas, de modo geral, apresentam comportamento classificado como potencialmente reativo no ensaio acelerado. As principais constituições reativas presentes nas rochas vulcânicas são o material interstiticial, também chamado de vidro vulcânico. Entretanto, trata-se de um resíduo constituído por minerais em escala submicroscópica (TIECHER, GOMES E DAL MOLIN, 2018), que, dependendo das condições de cristalização da rocha podem possuir maior ou menor quantidade de sílica disponível para reagir.

Outro aspecto importante a ser discutido é relacionado ao emprego desses agregados na produção de concreto no norte do Rio Grande do Sul. A partir do comportamento observado neste estudo, medidas preventivas devem ser tomadas para evitar o desencadeamento da RAA em estruturas sujeitas à intensa umidade.

5 CONCLUSÕES

No intuito de avaliar o comportamento de rochas vulcânicas do RS frente à RAA, os resultados obtidos mostram que para 8 das 9 amostras de agregados foram classificados como potencialmente reativos, quando combinados com o cimento CP V ARI, através do ensaio acelerado de barras de argamassa. Sendo eles, em ordem decrescente de reatividade potencial, das localidades de: Alegrete (62%), São João da Urtiga (0,49), Montenegro (43%), Ijuí (0,35%), Erechim (0,22%), Passo Fundo (0,22%), Santa Maria (0,22%), Caxias do Sul (0,22%). Apenas o agregado oriundo de Torres (0,16%) foi classificado como inócuo.

As rochas coletadas para avaliação no presente estudo são comumente empregadas como agregados graúdos ao longo do toda a região norte do estado do RS e possuem origem vulcânica. Considerando a grande diferença de comportamento desses agregados frente ao ensaio acelerado de barras de argamassa, estudos complementares estão em andamento, para que sejam identificadas as características mineralógicas e fases reativas das diferentes rochas vulcânicas coletadas.

De qualquer forma, a partir dos resultados do presente estudo, é recomendado o emprego de medidas preventivas na confecção de concretos em estruturas que estejam em contato com umidade, tais como fundações, vigas baldrames, marquises, lajes expostas, pontes, barragens, entre outras.

REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15577-1:2008**. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

_____. **NBR 15577-4:2008**. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

BRUNO, Gabriela Barbosa. **Contribuição na caracterização de agregados comercializados no Rio Grande do Norte com ênfase na reação álcali-agregado**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.

CARDOSO, Anderson Francisco Alencar; SOUZA, Paulo Sérgio Lima; BRANCO, Vitor Hugo Lopes. Reação álcali-agregado: verificação da reatividade do agregado graúdo, frente ao álcalis do cimento, das principais jazidas fornecedoras de agregados para a região metropolitana de Belém. **Revista de Tecnologias**, Ourinhos, SP, v. 8, n. 2, 2015.

LE MAITRE, Roger Walter et al. (Ed.). **Igneous rocks**: a classification and glossary of terms: recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.

PEREIRA, F. M. et al. Reatividade potencial e análise petrográfica de agregados do Rio Grande do Sul. In: FÓRUM DE PESQUISA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA, 17, 2017. Canoas, RS: Ulbra, 2017.

PIRES, Kironi Oliveira. **Investigação do potencial reativo Álcali-agregado residual**. 167 f. Pós-graduação (Construção Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

THOMAS, Michael et al. Alkali-aggregate reactivity (AAR) facts book. **Federal Highway Administration**. Office of Pavement Technology. United States, 2013.

TIECHER, F. **Reação álcali-agregado**: avaliação do comportamento do agregado do sul do Brasil quando se altera o cimento utilizado. 178 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

TIECHER, F.; GOMES, M.E.B.; DAL MOLIN, D.C.C. Alkali-aggregate reaction: study of the influence of the petrographic characteristics of volcanic rocks. Engineering, Technology & Applied Science Research 2018, 8, 1-6.

VALDUGA, L. **Reação álcali-agregado:** mapeamento de agregados reativos do Estado de São Paulo. 2002. 223 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

VALDUGA, L. Influência das condições de ensaio da ASTM C 1260 na verificação da reação álcali-agregado. 2007. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.