



CRICTE 2017

XXVIII Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia



PERSPECTIVAS DE DURABILIDADE EM ESTRUTURAS DE CONCRETO COM REJEITO DE PEDRA AMETISTA

William Widmar Cadore

Professor/Pesquisador do curso de Engenharia Civil da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
william@uri.edu.br

Tuani Zat

Acadêmica do curso de Engenharia Civil da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
tuani zat@hotmail.com

Fernanda de Marco

Acadêmica do curso de Engenharia Civil da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
fernanda_demarco@hotmail.com

Mariana Bandiera

Acadêmica do curso de Engenharia Civil da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões.
marianabandiera@hotmail.com

Resumo. *A exploração de minérios no Rio Grande do Sul é responsável pela disposição ambientalmente incorreta de resíduos industriais de pedra ametista, a partir da necessidade de encontrar outro destino para este rejeito iniciou-se a presente pesquisa com o intuito de verificar o seu comportamento quando inserido no concreto em substituição ao agregado graúdo. A substituição foi feita em 100%, mantendo um concreto como referência, nas relações a/c de 0,4, 0,5 e 0,6. Foram realizados ensaios de carbonatação natural aos 28, 91, 182 e 364 dias, de forma a obter um resultado amplo de comportamento do mesmo em termos de durabilidade. Tratando-se de carbonatação natural, ensaio que mede a ação do CO₂ nas estruturas, concretos com relação a/c 0,4 não apresentaram sinais da mesma aos 364 dias, concretos com relação a/c 0,5 e 0,6 apresentam resultados satisfatórios, sendo que os mesmos indicam que a durabilidade atende à idade prevista de 50 anos.*

Palavras-chave: *Concreto, rejeitos industriais, carbonatação natural*

1. INTRODUÇÃO

A cidade de Ametista do Sul tornou-se conhecida devido a extração de pedras preciosas. A exploração (retirada, extração e obtenção) dos minérios se dá por meio de galerias horizontais, sempre a uma mesma altitude e há anos são depositados irregularmente rejeitos dessa exploração nas encostas dos morros, utilizando áreas que poderiam ser destinadas a outras atividades agrícolas.

A pesquisa emerge da necessidade de buscar alternativas viáveis para a utilização dos rejeitos produzidos pela extração de ametista. Devido à sua origem basáltica e quimicamente inerte, acredita-se que uma alternativa viável seria a utilização desse rejeito adicionado ao concreto, em substituição do agregado graúdo.

Com a evolução dos materiais e a busca por estruturas cada vez mais

sustentáveis e que atendam a demanda de durabilidade impostas pelas normas brasileiras e estrangeiras é de suma importância a avaliação minuciosa do comportamento de um concreto com a adição de um novo agregado. A durabilidade, conforme a ISO 13823 (2008) [1] pode ser representada como a capacidade de um elemento estrutural ou componente de satisfazer os requisitos prescritos no projeto, sob influência das ações ambientais ou pelo processo natural de envelhecimento, durante determinado tempo. Ainda sobre a durabilidade, a NRB 6118 (2014) [2] define como a capacidade de um elemento estrutural resistir à ações ambientais previstas e definidas pelo autor do projeto estrutural e o seu contratante, na fase inicial da concepção do projeto

A carbonatação é um dos principais termos que nos permitem avaliar a durabilidade em concretos. Segundo Tasca (2012) [3] a carbonatação é definida como um processo físico-químico que progride lentamente no interior das estruturas de concreto através da entrada do CO₂.

Sendo assim, visando a avaliação da durabilidade e viabilidade dos traços foi analisada a carbonatação de um concreto adicionado de rejeito da extração de pedra ametista e comparados esses valores com um concreto adicionado de um agregado graúdo com venda em larga escala no mercado.

2. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para obtenção dos resultados da presente pesquisa foram processados os traços necessários e moldados copos de prova cilíndricos 10x20 cm. Os mesmos foram desmoldados após 24 horas e então seguiram para o local escolhido para a sua exposição ao ambiente. Alcançada a idade prevista os mesmos eram levados ao laboratório para realização do ensaio de compressão diametral, o qual fornece duas metades nas quais a leitura de carbonatação pode ser observada.

Cada face do corpo de prova foi medida e nomeada e então a aspersão com a solução de Fenolftaleína foi realizada, sendo que essa aspersão é responsável por evidenciar a região carbonatada no corpo de prova. Foram realizadas imagens de cada face do corpo de prova e estas inseridas em software para medição da área carbonatada que é o objetivo final deste procedimento.

Sob estas condições foram obtidos os valores da profundidade carbonatada (e_c) e coeficiente de carbonatação (K_c), apresentados na Tabela 1. Para os traços com relação água cimento 0,4, não foi identificado carbonatação até os 364 dias.

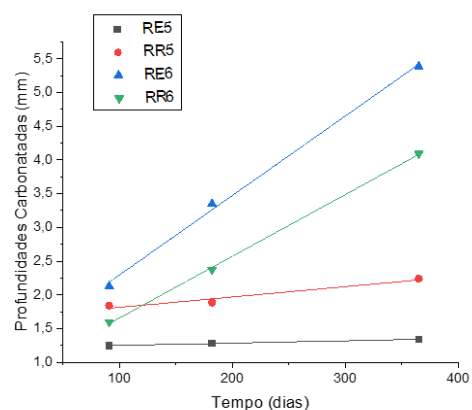
Tabela 1 - Profundidades médias carbonatadas (e_c) e Coeficientes de Carbonatação (K_c).

Traço	RE5		RE6		RR5		RR6	
	e_c (mm)	K_c^*	e_c (mm)	K_c^*	e_c (mm)	K_c^*	e_c (mm)	K_c^*
28	-	-	-	-	-	-	-	-
91	1,25	2,49	2,13	4,27	1,84	3,68	1,8	3,61
182	1,28	1,81	2,43	3,44	1,88	2,66	2,02	2,85
364	1,34	1,34	5,39	5,39	2,24	2,24	4,09	4,09

* (mm/ano^{0,5})

Na Figura 1 à seguir podemos observar a evolução da profundidade carbonatada em relação ao tempo de exposição expressivamente menor nos traços com relação a/c 0,5 em comparação aos traços com relação a/c 0,6.

Figura 1 – Evolução da profundidade carbonatada em função do tempo.

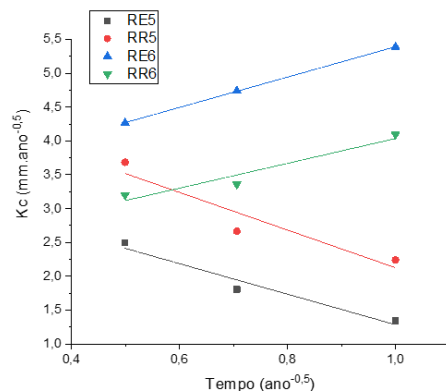


Levando em consideração os traços com relação a/c 0,4 que ainda não

apresentaram carbonatação aos 364 dias podemos constatar que o comportamento apresentado segue a premissa de que quanto maior a relação a/c, maior a porosidade do concreto de forma que a penetração do CO₂ se torna mais eficiente com o aumento da mesma. Há a tendência de que decréscimo dos coeficientes de carbonatação com a idade pois há a colmatação dos poros do concreto e diminuição da exposição do mesmo aos agentes agressores.

Sendo o coeficiente de carbonatação (K_c) um valor que nos permite a avaliação da profundidade carbonatada e do comportamento dos concretos em relação aos agentes agressores, estão apresentados os valores de K_c na Figura 2.

Figura 2 – Valores de coeficientes de carbonatação (K_c) em função do tempo.



Os valores de K_c para os traços com relação a/c 0,6 apresentam tendências lineares crescentes, com angulação de 15° e 13° com o eixo das abcissas, para RE6 e RR6 respectivamente, mostrando-se quase paralelos, o que evidencia uma tendência de crescimento da carbonatação muito semelhante entre os dois traços.

Para os traços com relação a/c 0,5, os valores de K_c apresentam tendências lineares decrescentes, com angulação de 19° e 15° negativamente com o eixo das abcissas para RR5 e RE5 respectivamente, evidenciando uma diminuição na aceleração da carbonatação nos mesmos. Esse evento pode estar ligado com o fato de que um traço com relação a/c mais baixo também é menos

poroso, sendo que assim a penetração dos agentes agressores é dificultada.

Dessa forma, tomando a camada de cobrimento da armadura de 30mm segundo a classe II de agressividade ambiental e o parâmetro da vida útil das estruturas com abordagem prescritiva em 50 anos definidos pela Ref. [2], foi realizada uma estimativa de profundidade, indicados na Tabela 2.

Tabela 2 - Estimativa de profundidade carbonatada para vida útil de 50 anos.

Traço	Profundidade Carbonatada em 50 anos (mm)			
	RE5	RE6	RR5	RR6
e _c 91	17,6	30,19	26,02	25,52
e _c 182	12,79	24,32	18,80	20,15
e _c 364	9,47	38,11	15,83	28,94

A análise apresenta profundidades carbonatadas maiores aos 91 dias que aos 182 e 364 demonstrando que a aceleração da carbonatação decresce com o aumento da idade. Assim, considerando 30 mm o ponto limite para 50 anos, aos 91 dias, apenas o traço de referência RE6 apresenta comportamento acima do estabelecido. Especificamente para os traços com resíduo de pedra ametista, os valores estão adequados para elementos como vigas e pilares. Quando a análise se refere aos 182 dias, todos os traços atendem os requisitos de durabilidade das estruturas previsto pela Ref. [2].

Já utilizando os valores encontrados na idade de 364 dias podemos observar que um valor chegou muito próximo do limite, o traço RR6, e um ultrapassou o mesmo, o traço RE6, resultados insatisfatórios de forma que o uso destes traços fica limitado a obras localizadas em ambientes menos agressivos ou que não necessitem de alta durabilidade. A partir destes resultados foi estimada a idade em que os traços chegariam à 30 mm de carbonatação, para obter um valor mais próximo da durabilidade real do concreto, tendo sido encontrados os valores apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Estimativa de idade para uma profundidade carbonatada de 30mm.

Traço	Idade (anos)			
	RE5	RE6	RR5	RR6
e _c 91	145,2	49,4	66,5	69,1
e _c 182	274,7	76,1	127,2	110,8
e _c 364	501,2	31,0	179,4	53,8

O traço RE6 apresenta resultados onde com os dados de 91 dias ele chegaria aos 30 mm de profundidade aos 49,4 anos, e com os dados de 364 dias ele chegaria aos 30 mm de profundidade aos 31,0 anos, sendo estes valores muito abaixo do esperado para uma estrutura, tornando praticamente inviável a utilização deste traço. O Traço RR6, com valores de 364 dias, apresenta uma estimativa de 53,8 anos para atingir a carbonatação máxima, sendo este um valor também preocupante de forma que deve-se ter cuidado na sua utilização como concreto estrutural.

Com um viés extremamente contrário temos os traços RE5 e RR5 que apresentam estimativa com resultados de 364 dias, para chegada aos 30 mm de carbonatação aos 501 e 179 anos, respectivamente. Sendo estes valores extremamente satisfatórios e que contribuem para o aumento da durabilidade dessas estruturas. Podemos observar portanto que a contribuição da relação a/c na durabilidade das estruturas é de extrema relevância, considerando que uma mudança de 0,1 neste fator gera resultados de eficiência contra a penetração de agentes agressores notavelmente diferentes.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo do desempenho de concretos com utilização de rejeito de pedra ametista é indispensável para viabilizar a sua utilização em escala industrial. Analisando o desempenho a partir da Ref. [2], tomando a idade de 364 dias como base, os concretos com substituição de agregado apresentam a

tendência de profundidade de carbonatação de 15,83 mm e 28,94 mm para as misturas RR5 e RR6 respectivamente, onde ambos atingem os 30 mm somente após a idade projetada. O traço com relação a/c 0,4 não apresentou carbonatação até os 364 dias, indicando que a sua durabilidade será ainda maior que a dos concretos já analisados.

Os resultados como um todo indicam que com os devidos cuidados e conhecimento do material, os concretos produzidos com rejeito de pedra ametista apresentam bom desempenho na substituição do agregado graúdo, de forma que o mesmo tem capacidade e características necessárias para a sua produção e comercialização em escala industrial na região, trazendo inúmeros benefícios da retirada do material de disposição incorreta, além da possibilidade de uma melhoria da durabilidade nas estruturas construídas na região devido à melhores resultados quando expostos a agentes agressores.

4. REFERÊNCIAS

- [1] ISO 13823:2008(en), **General principles on the design of structures for durability**. [S.l.], [s.d.]. Disponível em: <<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:13823:ed-1:v1:en>>. Acesso em: 1º ago. 2017.
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento - NBR 61118/2014, Rio De Janeiro. RJ, 2014.
- [3] TASCA, Maisson. Estudo da carbonatação natural de concretos com pozolanas: monitoramento em longo prazo e análise da microestrutura. 2012. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal de Santa Maria.