

Evento: XXV Seminário de Iniciação Científica

CONSTRUÇÃO DE CÂMARA DE CARBONATAÇÃO PARA AVALIAÇÃO DA AGRESSÃO DO GÁS CARBÔNICO NA VIDA ÚTIL DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ¹

CONSTRUCTION OF CARBONATING CHAMBER FOR ASSESSMENT OF AGGRESSION OF CARBON GAS IN THE USEFUL LIFE OF CONCRETE STRUCTURES

Felipe Dalla Nora Soares², Thainá Yasmin Dessuy³, Gabriela Da Silva Da Costa Bressam⁴, Diego Menegusso Pires⁵, Lucas Fernando Krug⁶

¹ Pesquisa institucional desenvolvida no Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, pertencente ao grupo de pesquisa Utilização de Resíduos de Construções e Demolições (RCD), Resíduos e Rejeitos Industriais, e Materiais Alternativos na Produção de Concretos e Argamassas

² Autor. Acadêmico do 10º semestre de Engenharia Civil da Unijuí, felipe-dallanora@hotmail.com

³ Autora. Acadêmica do 8º semestre de Engenharia Civil da Unijuí, thaiydessuy@hotmail.com

⁴ Autora. Acadêmica do 9º semestre de Engenharia Civil da Unijuí, gah.bressam@gmail.com

⁵ Autor. Acadêmico do 9º semestre de Engenharia Civil da Unijuí, diego.msso@gmail.com

⁶ Autor e orientador. Professor do curso de Engenharia Civil da Unijuí, lucas.krug@unijui.edu.br

INTRODUÇÃO

A durabilidade das estruturas de concreto armado tem sido objeto de estudo nos últimos anos, especialmente relacionada à corrosão das armaduras (LUCENA, 2016). A durabilidade caracteriza o concreto em função da agressividade do meio no qual está inserida a sua estrutura, com o propósito de ajustar suas propriedades e adaptá-la a esse meio a fim de garantir uma vida útil, definida nos parâmetros de projetos (ROUGEAU & GUIRAUD, 2014).

O dióxido de carbono presente no meio promove um grande risco às estruturas de concreto armado, pois diminui sua durabilidade ao reduzir o pH do concreto, rompendo a película passivadora que envolve o aço e propicia o processo de corrosão das armaduras (LUCENA, 2016). O processo de penetração e dissolução do CO₂ atmosférico na matriz porosa do concreto, o qual altera o seu equilíbrio químico, é denominado de carbonatação e ocorre lentamente ao longo dos anos (G. VILLAIN *et al.*, 2007). O ingresso do gás carbônico no concreto acontece por difusão devido à diferença de concentração entre o meio externo e interno, conferindo maior carbonatação àquelas estruturas inseridas em locais onde há maior concentração do gás (KAZMIERCZAK e HELENE, 1993).

A taxa de carbonatação é influenciada pelo teor de umidade no concreto, a qual depende da umidade relativa do ambiente em que se encontra a estrutura, e a velocidade com que o CO₂ propaga-se na estrutura é diferenciada de acordo com o meio difusor, que pode ser água ou o ar (TERZIAN & HELENE, 1992). Para tanto, essa velocidade de propagação depende do grau de saturação dos poros do concreto, pois, a difusão é maior em umidade relativa entre 50 e 80% e decresce quando a umidade se aproxima do ponto de saturação. Esse fato é explicado pelo coeficiente de difusão da água ser de 10 a 40 vezes menor que no ar (ISAIA, 1999).

A presente pesquisa possui como objetivo principal a construção de uma câmara de carbonatação acelerada, com a intenção de avaliar a profundidade de carbonatação em concretos, avaliando sua

Evento: XXV Seminário de Iniciação Científica

eficiência e estanqueidade, bem como realizar ensaios em amostras de concreto e validá-la. No Brasil, ainda não há normas que especificam como devem ser realizados os ensaios de carbonatação acelerada, as especificações que conduzem o ensaio de carbonatação são internacionais e preveem uma avaliação de fatores que influenciam diretamente a profundidade de carbonatação, avaliados de forma diferente, conforme as suas próprias técnicas. (LUCENA, 2016).

METODOLOGIA

A câmara foi projetada com dimensões internas de 600 mm de largura, 560 mm de altura e 450 mm de profundidade, tais dimensões foram definidas para que fosse possível a colocação de 20 amostras em cada ensaio. Para sua estruturação, foram utilizados chapas e cantoneiras em aço inox, bem como toda a parte de soldas também em inox, e na porta foram colocadas chapas em policarbonato.

O seu interior conta com uma prateleira perfurada, a 280mm de altura da parte inferior da câmara, dividindo a câmara exatamente em seu centro, em dois níveis, possibilitando a colocação de 10 amostras na parte inferior e 10 na parte superior.



Figura 1 - Câmara de carbonatação acelerada feita em laboratório (Autoria própria (2017))

Para vedação e ventilação, a câmara conta com uma porta de abertura que possui um sistema de fechamento hermético, com duas roscas com porcas tipo borboletas, como mostra na figura 2. Sua vedação é feita com tecido esponjoso de 5 mm de espessura por 1 polegada de largura, com o intuito de bloquear a saída e entrada de ar do interior da câmara. Para circulação e melhor distribuição do CO_2 em seu interior, ainda conta com dois ventiladores tipo *coolers*, localizados cada um em um nível, demonstrado na figura 3.



Figura 2 - Sistema de fechamento hermético (Autoria Própria (2017))



Figura 3 - Coolers Internos (Autoria Própria (2017))

Evento: XXV Seminário de Iniciação Científica

A entrada e saída de gases ocorre através de válvulas. A câmara possui duas válvulas na parte inferior e uma válvula na parte superior. Uma das válvulas inferiores serve para entrada de CO_2 , como mostra na figura 4, a outra para retirada de gases através de uma bomba a vácuo, e a válvula superior para a saída do gás oxigênio. Após a construção da câmara, percebeu-se desnecessária a ação da bomba a vácuo, e sua válvula foi desativada. O sistema foi realizado desta maneira devido ao gás carbônico ser mais denso que o gás oxigênio, então, quando está sendo injetado o CO_2 na parte inferior, a válvula superior permanece aberta para a saída do gás oxigênio, que vai sendo eliminado conforme a entrada do gás carbônico.



Figura 4 - Válvula de entrada de gás carbônico (Autoria própria (2017))

A câmara foi projetada com a finalidade de proporcionar uma concentração de CO_2 entre 0% e 100%. Conta com um medidor de oxigênio, o qual é usado como parâmetro para avaliar a concentração de gás carbônico da câmara, possuindo também medidores de temperatura, umidade e pressão interna, como mostra na figura 5.



Figura 5 - Dispositivos de medição (Autoria própria (2017))

Após ser concluída sua execução, realizou-se testes com a ingestão de gás carbônico e verificação de possíveis vazamentos. Não havendo vazamentos e verificando o perfeito funcionamento da câmara, começou-se a realização dos ensaios.

Seu funcionamento ocorre da seguinte forma: São colocadas as amostras a serem ensaiadas e a câmara é fechada. Na parte superior, a válvula de saída de gás oxigênio permanece aberta enquanto na parte inferior, começa a ingestão de gás carbônico. Devido a diferença de densidades, conforme o gás carbônico vai entrando na parte inferior, o gás oxigênio e o gás nitrogênio saem pela válvula superior. Quando o medidor de oxigênio chega a 5%, a válvula superior é fechada e a ingestão de gás carbônico é interrompida.

O ensaio dos corpos de provas de concreto à carbonatação acelerada foi realizado com a concentração de aproximadamente 60% de gás carbônico. Os concretos utilizados possuíam 28 dias de idade e foram colocados na câmara com constância de massa por 21 dias. Após retirados, os corpos de prova foram rompidos pelo ensaio à tração por compressão diametral, e após seu

Evento: XXV Seminário de Iniciação Científica

rompimento, foi aspergido solução em álcool de fenolftaleína (1%), a qual mede a profundidade de carbonatação no concreto devido a diferença de pH, colorindo a região que está com o pH ideal, ou seja, onde não houve carbonatação e permanecendo incolor na região em que foi carbonatada, cujo pH está abaixo do ideal.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os ensaios realizados na câmara foram utilizados para avaliar concretos com uso de resíduos da construção civil (RCC). Os ensaios contaram com concretos referência (utilizando materiais convencionais) e com substituição parcial do agregado miúdo por RCC.

O primeiro ensaio realizado na câmara de carbonatação contou com 8 corpos de provas cilíndricos de 100 mm x 200 mm, todos com constância de massa. Dentre os concretos avaliados, haviam 2 amostras para cada traço: Concreto referência e concretos com substituição parcial de 20%, 40% e 60% da areia pelo agregado miúdo reciclado oriundo da britagem de materiais de concreto. Cada concreto possuía um fator a/c diferente. A umidade no interior da câmara manteve-se na média de 75%. Os resultados estão apresentados nas figuras 6a, 6b, 6c e 6d.



Figura 6a - Profundidade de carbonatação no concreto referência, A/C: 0,469 (Autoria própria, 2017)



Figura 6b - Profundidade de carbonatação com 20% de substituição do agregado miúdo, A/C: 0,477 (Autoria própria, 2017)



Figura 6c - Profundidade de carbonatação com 40% de substituição do agregado miúdo, A/C: 0,515 (Autoria própria, 2017)



Figura 6d - Profundidade de carbonatação com 60% de substituição do agregado miúdo, A/C 0,567 (Autoria própria, 2017)

Nesse primeiro ensaio, percebemos que os concretos com 40% e 60% de substituição de resíduo foram completamente carbonatados, enquanto os concretos referência e com 20% de substituição obtiveram uma região não carbonatada. Isso se explica pelo fato de que o fator a/c do concreto referência é menor, seguido pelo concreto com substituição de 20%. Os concretos com 40% e 60%

Evento: XXV Seminário de Iniciação Científica

de substituição, possuíam fatores a/c mais elevados. Percebe-se a grande influência deste fator, o qual é determinante para a vida útil das estruturas de concreto armado.

Como primeiro teste, percebeu-se que não é necessário deixar as amostras por 21 dias na câmara, pois mostrou-se uma profundidade muito grande de carbonatação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na elaboração da câmara, os desafios encontrados foram a perfeita vedação e os altos custos dos materiais, que foram escolhidos pela sua disponibilidade. Contudo, a câmara apresentou perfeito desempenho quanto a estanqueidade, sem ocorrer nenhum vazamento em seu funcionamento. Também apresentou perfeito desempenho à circulação e homogeneidade do gás carbônico em seu interior, fato comprovado pelos testes em que corpos de provas de mesmo traço obtiveram as mesmas distâncias de carbonatação independente do posicionamento no interior da câmara.

A estrutura em aço inox, as chapas de vedação, tanto em aço quanto em policarbonato, as soldas e os parafusos resistiram a todos os esforços promovidos pelas diferenças de pressões no interior da câmara.

Para os ensaios futuros, pretende-se adquirir um medidor de CO_2 e, devido a capacidade do mesmo em medir apenas baixas concentrações do gás, será desenvolvido uma fórmula com a finalidade de estipular a quantidade de gás carbônico no interior da câmara em função da quantidade de gás oxigênio apresentada pelo medidor.

Para a realização de ensaios de carbonatação, ainda existem muitas questões abertas a serem solucionadas, principalmente a criação de normas brasileiras referente a esse ensaio para padronizá-lo, e assim, favorecer o desenvolvimento de novas pesquisas referentes ao assunto.

Por fim, a construção da câmara de carbonatação atingiu todos os objetivos propostos, funcionando perfeitamente e promovendo a carbonatação acelerada nos corpos cilíndricos de concreto.

PALAVRAS-CHAVE

Carbonatação acelerada; Vida útil do concreto armado;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ISAIA, G. C. **Carbonatação do concreto: uma revisão**. 41p. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, março 1999. Polígrafo.

KAZMIERCZAK, C. S.; HELENE, P. R. L. **Análise e fatores que influenciam a velocidade de carbonatação em estruturas de concreto armado**. In: IBRACON - Reunião anual. Brasília 1993.

LUCENA C. M.: **Avaliação de eficiência de uma câmara de carbonatação acelerada projetada e montada em laboratório**. Dissertação (mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 155 p. 2016.

ROGEAU, P.; GUIRAUDI, P. A durabilidade no contexto normativo europeu. In: Olliver, J. P.; Vichot, A. (Org). **Durabilidade do concreto - Bases científicas para a formulação de concretos duráveis de acordo com ambiente**. São Paulo: Ed. IBRACON. 1 ed. 2014. Cap 7, p.209-236.

TERZIAN, P.; HELENE, P.: **Manual da dosagem e controle do concreto**, Pini, São Paulo, 1992.

VILLAIN, G.; THIERY M.; PLATRET, G.: Measurement methods of carbonation profiles in concrete: Thermogravimetry, chemical analysis and gammadesimetry. **Cement and concrete Research**. v. 37, Issue 8, 2007. n. 37, p. 1182-1192, France.

Evento: XXV Seminário de Iniciação Científica