

## COMPORTAMENTO DE ARGAMASSAS SUBMETIDAS À ATAQUE ÁCIDO

**Munique LIMA (1); Danielle OLIVEIRA (2); Gibson MEIRA (3); Marcos PADILHA (4)  
Raphael LIRA (5)**

- (1) Centro Federal de Educação Tecnológica da Paraíba, Rua Dom Bosco -1070 Cristo Cep 58070470 João Pessoa – PB , e-mail: [munique10@gmail.com](mailto:munique10@gmail.com)  
(2) Centro Federal de Educação Tecnológica da Paraíba, e-mail: [daniellegoe@hotmail.com](mailto:daniellegoe@hotmail.com)  
(3) Centro Federal de Educação Tecnológica da Paraíba, e-mail: [gibson@jpa.neoline.com.br](mailto:gibson@jpa.neoline.com.br)  
(4) Centro Federal de Educação Tecnológica da Paraíba, e-mail: [jr\\_padilhamarcos@hotmail.com](mailto:jr_padilhamarcos@hotmail.com)  
(5) Universidade Federal da Paraíba, e-mail: [raphaelelira@yahoo.com.br](mailto:raphaelelira@yahoo.com.br)

### RESUMO

A exposição de materiais à base de cimento em ambientes específicos como é o caso de ambientes industriais com a presença de substâncias ácidas conduz a um processo de degradação que depende das características dos materiais empregados. Este trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento de argamassas submetidas à ambientes com a presença de ácido sulfúrico. Para tal, foram moldados corpos de prova obedecendo à proporção em massa 1:1,5:0,45(cimento: areia: água) e com e sem substituição de metacaulim na proporção de 10%. Os ensaios realizados envolveram a exposição dos corpos de prova a ciclos de imersão e secagem em solução de  $H_2SO_4$  e monitoramento de perda de massa. Adicionalmente, foram realizados ensaios de absorção capilar e resistência mecânica aos 28, 43 e 91 dias. Os resultados obtidos indicam um melhor desempenho das argamassas com adição de metacaulim, com menor perda de massa e melhores resultados em relação aos demais ensaios.

**Palavras-chave:** argamassa; ataque químico; durabilidade; adições minerais.

## 1. INTRODUÇÃO

Durante muito tempo, o concreto e de certa forma a argamassa foram considerado um material extremamente durável, essa afirmação era baseada em obras muito antigas ainda em bom estado de conservação. Porém, Neville (1997) afirma que a durabilidade do concreto não significa vida indefinida, nem significa suportar qualquer tipo de ação.

Para que possam ser elaboradas especificações adequadas a fim de se evitar futuras patologias torna-se imprescindível conhecer o comportamento dos materiais que compõem a estrutura quando submetidos a condições severas de exposição. Outro aspecto de extrema relevância é a avaliação do nível de agressividade do meio ambiente. Tendo assim a possibilidade de produzir concretos e/ou argamassas resistentes às influências ambientais, apresentando degradação tolerável durante um determinado período de tempo, desde que sejam tomadas as devidas precauções, levando-se sempre em consideração a agressividade do meio ambiente.

A durabilidade inadequada se manifesta por uma deterioração que pode ser originada por fatores externos ou por causas internas no interior de próprio concreto. As diferentes formas de ação podem ser físicas, químicas ou mecânicas (NEVILLE, 1997). As causas químicas de deterioração podem incluir as reações álcali-sílica e álcali-carbonato. O ataque químico externo ocorre principalmente pela ação de íons agressivos, como cloretos, sulfatos ou dióxido de carbono e muitos líquidos e gases naturais ou industriais.

O ataque químico consiste numa troca de massa entre o concreto e o meio ambiente, o que resulta, eventualmente, na modificação de certas propriedades do concreto, que ocorre predominantemente através dos poros e fissuras, sempre presentes no concreto. Dentre os ataques químicos temos os ataques provocados pelos ácidos ou soluções ácidas, pela água do mar, pelos cloretos, pelos sulfatos e pelo ácido carbônico. Neste trabalho iremos nos deter ao ataque químico pelo ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ).

Em geral, concretos de cimento Portland não oferecem boa resistência aos ácidos, contudo, há uma tolerância a alguns ácidos mais fracos, especialmente se a exposição for eventual. Outros fatores que conferem um pouco mais de resistência do concreto ou argamassa ao ataque ácido é uma mistura apropriada dos materiais que os compõem e o bom adensamento da mistura.

Entre as substâncias ácidas que atacam severamente o concreto destacam-se: os ácidos carbônicos, hidrocloreto, hidrófluórico, fosfórico, sulfúrico, acético, cítrico, fórmico, láctico e tânico (Neville, 1997). A ação de ácidos capazes de causar danos expressivos na pasta de cimento não é comum e a agressão só se manifesta, na prática, para pH inferior a 6,5. Contudo, nenhum concreto resiste a soluções com pH menor ou igual a 3 por muito tempo. Nestes casos, torna-se necessária uma proteção especial.

Segundo BRANDÃO (1995), na maioria dos casos, o resultado das reações químicas é a constituição de compostos de cálcio solúveis em água, os quais podem ser facilmente lixiviados, resultando em perda da capacidade de ligação entre os constituintes do concreto ou argamassa. A lixiviação ocorre por ação de águas puras, carbônicas agressivas e ácidas que dissolvem e acarretam os compostos hidratados da pasta de cimento. O sintoma básico desse fenômeno é uma superfície arenosa ou com agregados expostos sem a pasta superficial, com eflorescências de carbonato, com elevada retenção de fuligem e com risco de aumentar a quantidade de fungos e bactérias. Como resultado observa-se também uma diminuição do pH do extrato aquoso dos poros superficiais da argamassa com risco de perda da camada passivadora.

Lima;Helene (2001), observou que durante o processo de hidratação, após o estado plástico, quando começam as reações finais de endurecimento, os canais capilares da pasta no estado fresco começam a ser preenchidos pelos produtos de hidratação. Esse processo reduz rapidamente o volume e tamanho dos capilares, não implicando necessariamente na interrupção da sua continuidade. No entanto, adições minerais introduzidas ao concreto, segundo Lima, Helene (2001), diminuem tanto a porosidade, quanto a conectividade entre os poros.

ANDRADE et al (2003), menciona que o contato da argamassa com soluções ocorre principalmente em ambientes onde predomina o micro-clima industrial. Como na indústria de petróleo, por exemplo, onde há o ataque de soluções com baixo pH usada na acidificação dos poços de petróleo para aumentar a produção em áreas cimentadas. Outro fator de degradação exposto por ele é o que ocorre por meio da ação de bactérias que transformam o enxofre (comum em materiais orgânicos) em substâncias bastante agressivas. Um exemplo desse fenômeno acontece com as chamadas bactérias *Dessulfovíbrios*, que liberam ácido sulfúrico e quando em contato com a água torna-se agressivo ao concreto, possuindo também ação descalcificante.

BRANDÃO (1995) relata que o ácido sulfúrico pode ser constituído a partir de gases sulfurosos oriundo da queima de combustíveis, a partir da oxidação do sulfeto de ferro (pirita) presente em determinados tipos de solos (como a turfa e a argila) ou em águas de poço ou ainda pela ação de bactérias em algumas águas minerais com grandes concentrações de dióxido de carbono, sulfeto de hidrogênio ou ambos, ocorrendo um fenômeno semelhante ao que se dá nos esgotos.

No caso do ácido sulfúrico, a deterioração é acelerada, porque além da ação ácida, há a formação de íons sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) que podem causar expansão do material.

Dentro dos processos da degradação química por ácidos, a relação água e cimento e o tipo de cimento utilizado são um fatores muito importante para determinar a intensidade do ataque por ácido em estruturas de concreto e argamassa, por isso, uma das primeiras medidas que devem ser tomadas para minimizar a ação desses agentes é a escolha adequada do tipo de cimento a ser utilizado e a relação a/c a ser adicionada a mistura.

Diante disto, buscou-se analisar o comportamento da argamassa submetida ao ataque ácido utilizando uma solução de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (ácido sulfúrico), usando no traço com adição de 10% e 0% de metacaulim que é uma adição mineral de alta eficácia para concretos e produtos à base de cimento Portland, destinado a inúmeras aplicações na construção civil em geral.

## **2. METODOLOGIA**

### **2.1. Materiais utilizados:**

Para a confecção da argamassa, utilizou-se o cimento Portland CPV- ARI, que tem como características adquirir elevadas resistência inicial e desforma rápida. O agregado miúdo utilizado foi uma areia regularizada de acordo com a granulometria de uma areia normal. Para tal regularização, foram utilizadas as orientações da *NBR 7214(ABNT,1982)*. À pasta, foi adicionado o Metacaulim que é uma adição mineral aluminosa obtida, normalmente, de calcinação entre 600°C e 900°C de alguns tipos de argilas. Além desta adição, empregou-se um aditivo plastificante para melhorar a trabalhabilidade da argamassa devido o traço utilizado que foi de 1:1,5, com relação a/c de 0,45.

Na solução preparada para submeter às argamassas a agressividade em meio ácido, empregou-se uma concentração de 2%  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

### **2.2. Ensaios realizados**

#### **2.2.1. Resistência à compressão**

Na determinação das resistências características aos 28, 43, 58 e 91 dias, foram seguidas as orientações da *NBR 7215(ABNT,1996)* - “*Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão*”, que especifica o método de determinação da resistência à compressão de cimento. Para cada idade pré-determinada (28,43,53,91 dias) e cada tipo de traço usado na composição da argamassa, foram ensaiados 3 corpos de prova e calculada a média dos resultados obtidos. Para a regularização da superfície dos corpos de prova cilíndricos, foi realizado o capeamento de cada corpo de prova com uma mistura à base de cimento e água.

#### **2.2.2. Ensaio de absorção total**

Foi realizada a determinação da absorção de água por imersão (Índice de Vazios e Massa específica) da argamassa regida pela *NBR 9778(ABNT, 2005)*. Este ensaio foi realizado com amostra de 3 corpos de provas com a adição de 10% de metacaulim e 3 corpos de provas sem metacaulim para cada idade estabelecida.

#### **2.2.3. Perda de massa**

O ensaio de perda de massa foi realizado com o intuito de avaliar a capacidade de proteção do cimento CPV-ARI com e sem adição de metacaulim ao ataque químico. Seguindo tais procedimentos: após o processo de cura por 28 dias em câmara úmida, os corpos de prova foram pesados e totalmente imergidos em uma solução composta por água destilada e uma concentração de 2% de ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) por três dias com a finalidade de antecipar o processo de corrosão. Passado esses três dias imersos, os corpos de

prova foram retirados do recipiente contendo ácido e, em seguida, foram lavados a fim de retirar os resíduos depositados em suas superfícies, deixando-os secar ao ar livre por quatro dias e pesando novamente após este período. Completando assim, um ciclo de sete dias que foram repetidos durante dez ciclos. Vale salientar que os corpos de provas utilizados neste ensaio foram os mesmos em todos os ciclos.

### 3. ANÁLISE E DISCURSÃO DOS RESULTADOS

#### 3.1. Granulometria do agregado miudo

Entendendo que os agregados quando bem graduados, quando misturados com o cimento, são capazes de produzir concretos e ou argamassas com grande capacidade e resistência mecânica; pois este fato favorece o rolamento das partículas maiores entre as menores, reduzindo o consumo da água de amassamento para uma mesma trabalhabilidade estipulada. Este parâmetro foi levado em consideração pelo traço utilizado nesta pesquisa que é 1:1,5 com relação água cimento fixada em 0,45.

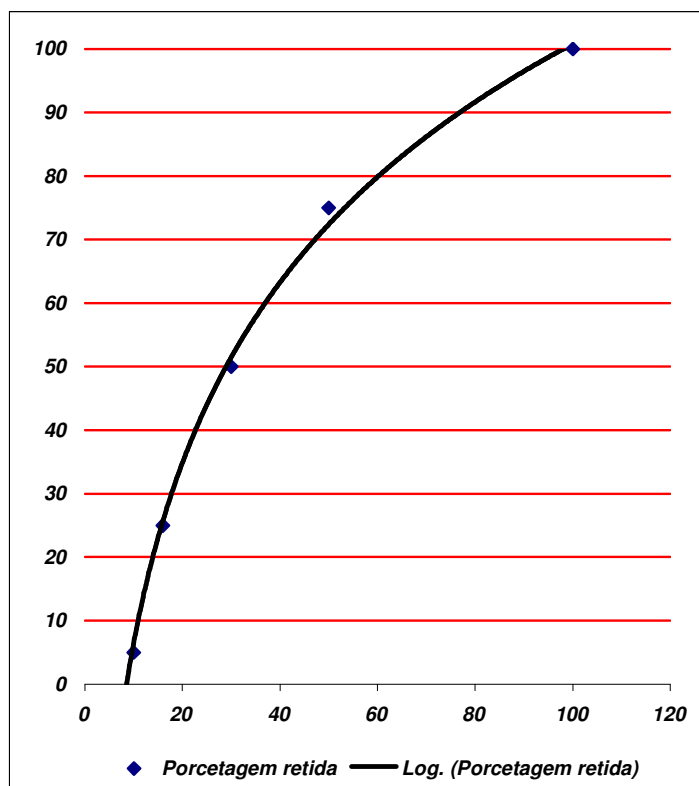
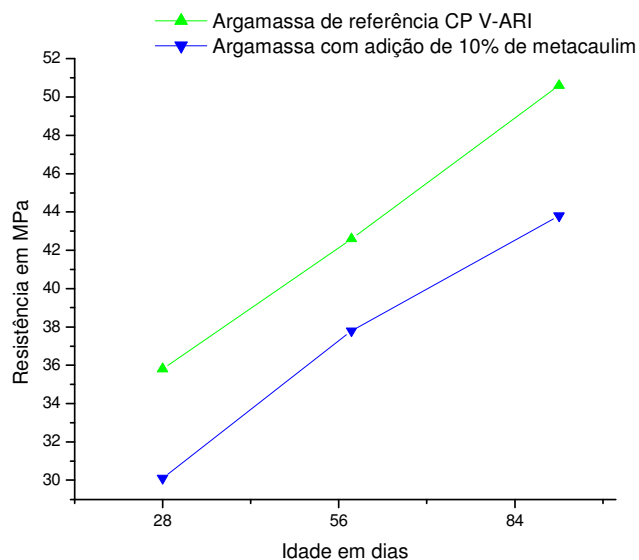


Figura 1 -Curva Granulométrica

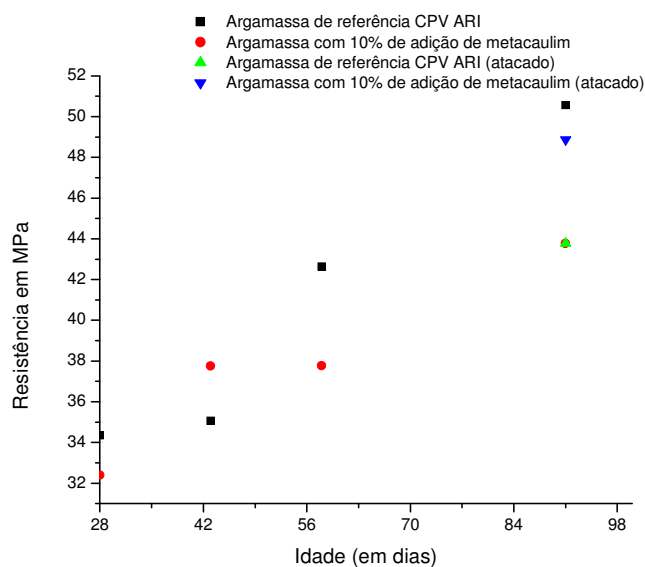
#### 3.2. Resistência á compressão

Nos ensaios de resistência á compressão das argamassas, percebe-se que aos 28 dias os corpos de provas sem adição apresentam uma melhor resistência com uma diferença de 2,05 MPa. Já aos 43 dias o melhor desempenho foi observado na argamassa com 10% de adição de metacaulim apresentando uma diferença de 2,70MPa Aos 58 dias a diferença 4,86MPa tendo o melhor desempenho.



**Figura 2 - Resistência das Argamassas**

Foi realizado após o término dos ciclos de ensaios de perda de massa, os corpos de provas atacados foram submetidos a ensaios de resistência onde os corpos de provas sem ataque estavam em cura em câmara úmida.



**Figura 3 - Resistência das argamassas atacadas**

Percebe-se que as argamassas de referências atacadas, apresenta sua resistência semelhante as argamassa com adição de 10% de substituição de aglomerante por metacaulim.

### 3.3. Absorção

Foi realizada a determinação da absorção de água por imersão (Índice de Vazios e Massa específica) da argamassa regida pela *NBR 9778(ABNT,2005)*. Nota-se que o maior índice de absorção é conseguido nos corpos de prova com a adição do metacaulim substituindo 10% do aglomerante; já o menor índice absorção é obtido pelos corpos de prova de referência na idade de 91 dias. Como mostra a Figura 4.

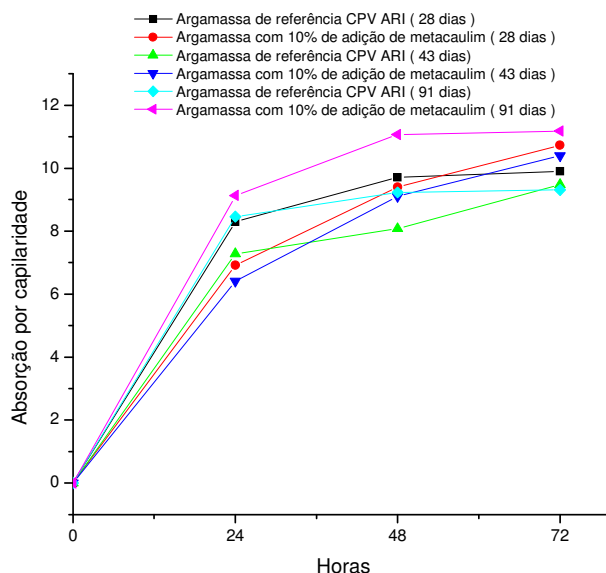


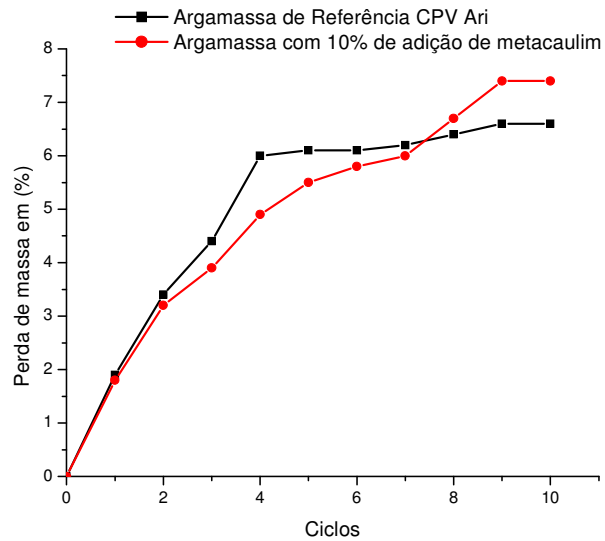
Figura 4 -Absorção das argamassas

Observa-se que a maior taxa de absorção final é encontrada nas argamassas com adições, enquanto que a umidade aumenta a idade dos corpos de prova de referência(sem adição) diminui o índice de absorção.

### 3.4. Perda de massa

Constatou-se uma perda de massa com o tempo de exposição, de dez ciclos por processos de molhagem (3dias) e secagem (4 dias) com uma perda de massa de 6,60% para argamassa sem adição, 7,4 %para a argamassa com adição de 10% de metacaulim.

Podemos observar que a argamassa sem adição(referência) teve um percentual menor de desgaste quando exposto ao meio ácido. Na Figura 5 é possível notar que até o sétimo ciclo, a argamassa de referência apresentava maior percentual de perda de massa.



**Figura 5 - Avaliação da perda de massa**

Na Figura 6 pode se observar o desgaste dos corpos de prova quando expostos a meio ácido, onde já é possível sua perda de massa, bem como o aspecto dos corpos de prova submetidos a cura em câmara úmida.



**Figura 6 -Desgaste dos corpos de prova**

#### 4. CONCLUSÃO

O desenvolvimento da construção civil durante as últimas décadas mostra a importância de se estudar e avaliar os agentes que afetam a durabilidade dos materiais. Neste trabalho buscou-se avaliar o comportamento das argamassas submetidas a degradação química.

Com relação ao ataque ácido, percebe-se que visualmente tanto os corpos de prova de referência como os corpos de prova com adição de metacaulim, sofrem desgaste superficial com mudança de tonalidade nos corpos de prova.

#### REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9778**: Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água por imersão – índice de vazios e massa específica. 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 7214**: Areia normal para ensaio de cimento. 1982.

\_\_\_\_\_. **NBR 7215**: Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão. 1996.

ANDRADE, J.J.O. *et al.* Avaliação das características do concreto quando submetido à degradação de Origem Química. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CONCRETO. INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO, 45., 2003, Vitória. **Anais...** Vitória: 45 CD-ROM.

BRANDÃO, A. M. S.. **Qualidade e durabilidade das estruturas de concreto armado**. São Carlos, 1995.

LIMA, E.P.; HELENE, P.R.L.. **Influência do volume de pasta na zona de transição pasta / agregado com relação às propriedades mecânicas e de durabilidade do concreto** São Paulo : EPUSP, 2001. 13p. – (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/270)

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. 2ª edição, revisada e atualizada. Tradução Salvador E. Gammusso. São Paulo: Pini, 1997.