ANÁLISE CRÍTICA DOS ENSAIOS ACELERADO DE EXPANSÃO DE BARRAS DE ARGAMASSA DE CIMENTO PORTLAND NO ATAQUE EXTERNO POR SULFATOS DE SÓDIO PELA NBR 13583/2014 E ASTM C 1012/2018

Ana Elisa Tozetto (PROVIC), Eng. Fernanda Brekailo, Prof. Dr. Eduardo Pereira (Orientador), e-mail: eduardopereira@uepg.br

Universidade Estadual de Ponta Grossa/ Departamento de Engenharia Civil

Engenharia Civil/ Construção Civil.

Palavras-chave: Patologia das construções; Ataque por sulfatos; Comparação entre normativas.

Resumo

O ataque por sulfatos é uma manifestação patológica onde o sulfato reage com os produtos hidratados do cimento, formando produtos que tendem a ocupar volumes maiores do que os compostos originais ocupam, podendo levar a expansão e até ruptura do material. O interesse por este estudo surge em razão da necessidade de se ter parâmetros de expansão para diferentes situações, utilizando diferentes tipos de materiais e inserido nos diversos meios. Atualmente, a normativa brasileira NBR 13583/2014 que estabelece um método de ensaio para determinação da variação dimensional de barras de argamassa expostas a solução de sulfato de sódio não informa estes parâmetros. Por isto, utilizou-se também a normativa americana ASTM C 1012/2018, como forma comparativa a norma brasileira. Os resultados dos ensaios indicam que a normativa americana apresenta parâmetros mais conservadores em que as expansões relativas se mostraram menores, e também o efeito mitigador dos cimentos tipo CP IV com adição pozolânica.

Introdução

Para avaliar a resistência de argamassas a degradação pelo ataque por sulfatos, estudos utilizam a norma NBR 13583 (ABNT, 2014), baseando-se no ensaio de medição da expansão linear percentual de barras de argamassa, em condições especificadas pela referida norma. Porém, a falta de parâmetros comparativos e limites aceitáveis de expansão normalizados para os diferentes tipos de cimentos faz com que seja necessário buscar em outras literaturas formas de comparação.

De maneira similar a norma brasileira, tem-se a norma americana ASTM C 1012 (2018), que também traz o procedimento de ensaio de expansão das barras de argamassa expostas a solução de sulfatos. Em conjunto com a normativa, o Guia para Concreto Durável ACI 201.2R-01 identifica os tipos de deterioração do concreto, recomenda maneiras de prevenção, especifica a composição da matriz cimentícia para o meio ambiente que o concreto estará inserido e limita a expansão linear para os diferentes tipos de cimento, no caso do ataque por sulfatos de origem externa.

Ao se comparar as duas normativas, verificou-se parâmetros diferentes na metodologia do ensaio, como o traço que deve ser moldado as barras de argamassa, a concentração da solução agressiva, a temperatura que as barras devem estar sujeitas durante a execução do ensaio e o tempo total de análise, o que dificulta a análise por comparação, mas torna-se o objetivo desta pesquisa, em

analisar a influência destas variáveis na expansão das barras de argamassa imersas em solução agressiva de sulfato.

A norma NBR 13583 (ABNT, 2014) propõe que sejam moldadas 8 barras de argamassa, para que 4 fiquem imersas ao ataque pela solução de sulfatos, e as outras 4 barras de referência, imersas em solução saturada de cal. As barras de argamassa devem ser moldadas utilizando-se o traço 1:3,2, e relação água/ cimento de 0,60. A solução agressiva de sulfato de sódio deve ser preparada um dia antes de sua utilização, com a concentração de 10% de Na_2SO_4. As barras devem ser armazenadas na estufa durante a leitura da variação dimensional, com temperatura constante de (40±2) °C, em um ensaio com duração total de 56 dias.

O procedimento do método pela normativa Americana ASTM C 1012 (2018), apresenta alguns aspectos que diferem dos apresentados pela norma brasileira NBR 13583 (ABNT, 2014). A norma propõe que sejam moldados um conjunto de 6 barras, para que 3 sejam de referência imersas em solução saturada com cal, e 3 sejam expostas a solução agressiva. A argamassa preparada deve possuir traço de 1:2,75 e fator água/ cimento de 0,485. Durante a exposição ao ataque, a temperatura deve ser de (23±2) °C, a solução agressiva deve ter a concentração de 5% de Na_2SO_4, e o ensaio possui duração de 6 meses.

Material e Métodos

Para analisar a expansão de barras de argamassa expostas a soluções de sulfato, a pesquisa levou em consideração ambas as metodologias, tanto da normativa brasileira, quanto americana, para que se possa realizar uma comparação entre os parâmetros de cada norma. Os resultados foram determinados com base na variação dimensional linear das barras de argamassa com auxílio de um relógio comparador durante um período de 6 meses para cada amostra. As variáveis observadas em cada procedimento normativo estão discriminadas de acordo com a Tabela 1, e assim, os ensaios foram realizados de acordo com estes parâmetros.

Tabela 1: Parâmetros de ensaio

Normas	ASTM C 1012/2018	NBR 13583/2014
Solução	5% Na_2SO_4	10% Na_2SO_4
Traço	1:2,75	1:3,2
Relação água/ cimento	0,485	0,60
Temperatura de Exposição	Câmara Úmida	
Duração	6 meses	

Um ponto que a normativa americana não trata é em relação a posição que as barras devem ficar durante o ensaio (horizontal e vertical). Apesar da normativa brasileira sugerir um modelo para acondicionar as barras, de modo que elas fiquem na horizontal, não trata também de forma explícita a posição ideal.

Assim, como forma de verificar a influência da posição da barra, se na horizontal ou na vertical, as barras foram armazenadas de modo que ficassem na vertical, e moldou-se um grupo de barras utilizando-se cimento CP II-F, com traço segundo a NBR 13583 (ABNT, 2014) de 1:3,2 e fator a/c 0,60, em contato com a solução de 5% de Na_2SO_4, para que ficassem na posição horizontal.

Resultados e Discussão

Para as amostras imersas em solução com concentração de 5% de sulfato de sódio, conforme concentração da normativa americana, tem-se as expansões,

conforme Figura 1. Para as amostras imersas em solução com concentração de 10% de sulfato de sódio, conforme normativa brasileira, tem-se as expansões, apresentadas na Figura 2.

Percebe-se que a solução com concentração de 10% de Na_2SO_4, conforme proposto pela normativa brasileira, foi mais agressiva e as amostras apresentaram maiores expansões quando imersas nesta solução. Outro ponto é em relação a classificação cimentícia, em que se pode perceber, principalmente a partir da Figura 2, que o cimento tipo CP II-F é mais vulnerável ao ataque e, portanto, apresentou uma expansão maior em relação ao cimento tipo CP IV.

Verifica-se que em solução de 5% de Na_2SO_4, apenas uma amostra com CP II F ultrapassou o limite máximo de expansão de 0,03% normatizado pelo NBR 13583 (ABNT, 2014), enquanto que em solução de 10% de Na_2SO_4, ambas as amostras com cimento CP II F ultrapassaram este limite. Portanto, verifica-se que mesmo em altas concentrações de sulfato, por um longo período de ensaio, o cimento CP IV mostrou-se resistente ao ataque, enquanto o cimento CP II F mostrou-se vulnerável as reações químicas, obtendo uma expansão relativa maior. Levando-se em consideração o traço de ambas as normativas, percebe-se que quando as barras estiveram imersas em uma maior concentração, o traço segundo a normativa americana mostrou-se mais resistente, apresentando expansões relativas menores.

E em relação a posição de imersão em solução agressiva, ou na vertical ou na horizontal, comparando os dois resultados das amostras com cimento CP II-F e traço de 1:3,2 em solução de 5% de Na_2SO_4, percebe-se que é um fator de influência importante, pois a expansão na posição horizontal foi 3 vezes maior do que a expansão ocorrida na posição vertical, além de ter sido a maior expansão relativa das amostras imersas nesta concentração.

Figura 1: Expansão relativa das barras de argamassa imersas em solução de 5% de Na_2SO_4**.**

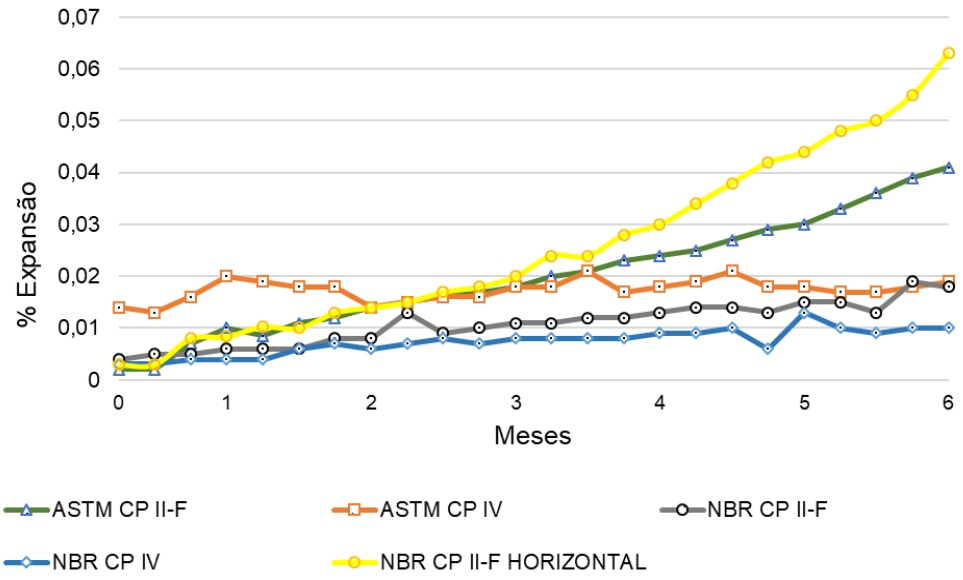
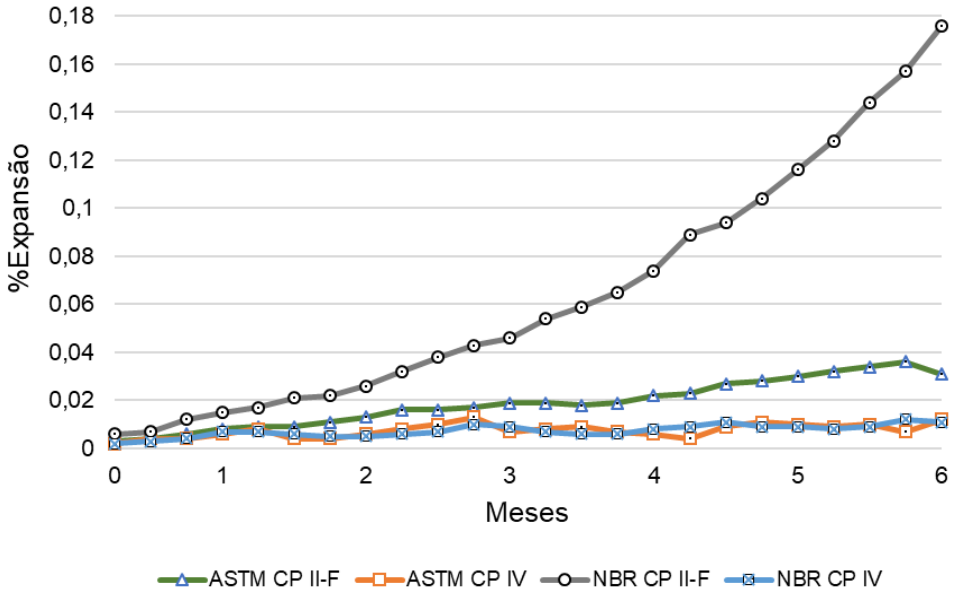


Figura 2: Expansão relativa das barras de argamassa imersas em solução de 10% de Na_2SO_4.



Conclusões

Os resultados obtidos mostraram-se de grande importância para comparação entre os métodos e entendimento de cada variável durante a execução do ensaio. Em relação a cada variável de análise, verifica-se que o cimento CP IV não apresentou grandes expansões por sua capacidade em mitigar o ataque, e que independentemente da concentração, o cimento CP II-F apresenta grandes expansões. A posição de imersão (vertical ou horizontal), torna-se um fator que deve levado em consideração nas normativas e ensaios, devido a influência que se teve na expansão alterando-se apenas este fator. Outro ponto de análise é em relação ao traço, que apesar do traço sugerido pela normativa americana ter um fator água/ cimento menor e com uma menor relação de materiais secos do que a normativa brasileira, este fator não teve muita influência nos resultados.

Agradecimentos

Ao Professor Dr. Eduardo Pereira pela oportunidade de investigar a temática e pela orientação deste estudo. A Engenheira Fernanda Brekailo pelo auxílio e pela orientação o durante o desenvolvimento do trabalho. Ao CNPq pelo apoio financeiro através da bolsa de estudos. A UEPG pela cessão de seus laboratórios.

Referências

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **ACI 201.2R-01:** Guide to Durable Concrete. Estados Unidos, 2000.

ASTM INTERNATIONAL. **ASTM C 1012:** Standard Test Method for Length Change of Hydraulic-Cement Mortars Exposed to a Sulfate Solution. Estados Unidos, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13583:** Cimento Portland – Determinação da variação dimensional de barras de argamassa de cimento Portland expostas à solução de sulfato de sódio. Rio de Janeiro, 2014.