

AVALIAÇÃO DA ENERGIA APARENTE DE ATIVAÇÃO DO CONCRETO COM DIFERENTES TIPOS DE SUPERPLASTIFICANTES E CIMENTOS. Felipe Sakae Bertolucci, Mônica Pinto Barbosa– Engenharia Civil – Departamento de Engenharia Civil – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Campus de Ilha Solteira.

O processo de hidratação do cimento apresenta uma taxa de evolução que depende da concentração e da temperatura dos reagentes. A hidratação é acelerada em temperaturas altas e reduzida em temperaturas mais baixas. Os produtos das reações de hidratação formam uma matriz coesiva ou esqueleto microestrutural com o avanço da hidratação. O desenvolvimento progressivo da microestrutura é causado pelo contínuo crescimento dos hidratos, ocorrendo dentro do esqueleto inicialmente poroso, com influência da temperatura sobre essas reações. Assim, a temperatura apresenta-se como um fator importante na modelagem e na estimativa de desenvolvimento de propriedades físicas e mecânicas do concreto com o tempo.

O Método da Maturidade apresenta-se com um tipo de ensaio não destrutivo que estima a resistência à compressão do concreto em função das temperaturas de cura, incorporando em seu conceito um parâmetro relacionado com a sensibilidade térmica do material, denominado Energia Aparente de Ativação (Ea).

Energia Aparente de Ativação (Ea) é a quantidade de energia necessária para que uma reação química ocorra. Para algumas reações, essa energia é grande, tais reações são lentas, pois uma pequena fração das partículas dos reagentes possuem energia cinética suficiente para desencadear a reação. Reações com valores pequenos de Ea são rápidas, indicando uma fração maior de colisões efetivas, com a maioria das partículas possuindo energia cinética suficiente para se transformarem em produtos.

Os aditivos superplastificantes pertencem a uma classe de redutores de água quimicamente diferentes dos redutores normais de água e são capazes de reduzir o consumo da mesma em até 30%. Antigamente, eram-lhe atribuídas apenas propriedades tensoativas que reduzem a tensão superficial da água, permitindo que a mesma massa de água possua um maior efeito sobre os grãos de cimento em relação à água sem aditivo (Mehta & Monteiro, 1994). Através das medições das cargas elétricas superficiais, geradas na interface sólido/líquido, foi possível concluir que a ação fundamental do aditivo é defloculante ou dispersante (Bucher, 1998). Enfim, as duas contribuições, tanto tensoativas como dispersantes, devem ser consideradas como mecanismos fundamentais de ação do superplastificante.

Realizaram-se vários ensaios de escorregamento (*flow test* – NBR 7215-1996) sem aplicação de nenhum golpe, com o intuito de obter a dosagem ótima de cada superplastificante a ser utilizado para uma dosagem constante de cimento, CP-V-ARI PLUS, CP-II-F32 e CP-II-E32, variando apenas os tipos de superplastificantes de forma que, as argamassas obtidas apresentassem uma mesma trabalhabilidade. No ensaio de *flow test*, trabalhou-se com o fator água/cimento de 0,60. A tabela 1 mostra o traço inicial da argamassa, tendo sido obtido uma abertura inicial de 220 mm *sem aplicação de nenhum golpe*.

Tabela 1: Traço da argamassa	
Material	Quantidade (kg)
Cimento	425
Areia	670
Água	255

Em seguida realizou-se o mesmo ensaio agora com um fator água/cimento de 0,34 variando apenas os tipos de superplastificantes. Também foi realizado um ensaio com uma argamassa sem adição de aditivo mas, com o mesmo fator água/cimento de 0,34. Entretanto, para que a argamassa sem adição de aditivo pudesse obter a mesma abertura comparada com as demais argamassas com incorporação de superplastificantes, foi necessário aplicar 25 golpes para se obter uma abertura de 198 mm.

AVALIAÇÃO DA ENERGIA APARENTE DE ATIVAÇÃO DO CONCRETO COM DIFERENTES TIPOS DE SUPERPLASTIFICANTES E CIMENTOS. Felipe Sakae Bertolucci, Mônica Pinto Barbosa– Engenharia Civil – Departamento de Engenharia Civil – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Campus de Ilha Solteira.

Uma vez obtidas as dosagens para cada tipo de superplastificante, deu-se início a determinação experimental da E_a utilizando as três temperaturas isotérmicas previamente estabelecidas, a saber: 10°C, 30°C e 60°C. Foram moldados corpos de prova cúbicos com 5 cm de aresta utilizando-se cimento CP-V-ARI PLUS, CP-II-F32 e CP-II-E32, com os 5 diferentes tipos de superplastificantes, a saber: Sikament 251 (base de naftaleno), Sikament 300 (base de melanina), Viscocrete 5100 (base de policarboxilato), Viscocrete 5700 (base de policarboxilato) e Viscocrete 20HE (base de policarboxilato), e um fator água/cimento de 0,34. Foram preparadas também argamassas sem adição de superplastificantes e com relações água/cimento de 0,34 e 0,60.

Para se fazer uma análise conjugada dos dados resistência x idade da argamassa, é necessário que se encontre um ponto inicial para a curva resistência x idade. Segundo a ASTM C 1074-1998, esse ponto inicial é adotado como sendo aquele no qual a resistência à compressão é de aproximadamente 4MPa.

Com o tempo decorrido desde a adição de água à mistura da argamassa até a sua resistência de 4 MPa, calcula-se o tempo para as rupturas subseqüentes com intervalos múltiplos do tempo inicial. Como exemplo ilustrativo, caso um corpo de prova necessitou de 5 horas para atingir uma resistência de 4 MPa, logo, as rupturas futuras serão realizadas após 10 h, 20 h, 40 h, 80 h e 160 h a partir da hora de adição de água à mistura. Aplicando-se o procedimento ASTM, a partir das curvas de resistência x idade para cada condição isotérmica de cura obtem-se para as misturas estudadas, seus valores de Energia de Ativação.

As figuras 1,2,3 e 4 apresentam respectivamente, gráfico de tempo de cura das argamassas a 10°C, gráfico de tempo de cura das argamassas a 30°C, gráfico de tempo de cura das argamassas a 60°C e gráfico de E_a das argamassas para os diferentes tipos de cimentos e aditivos superplastificantes.

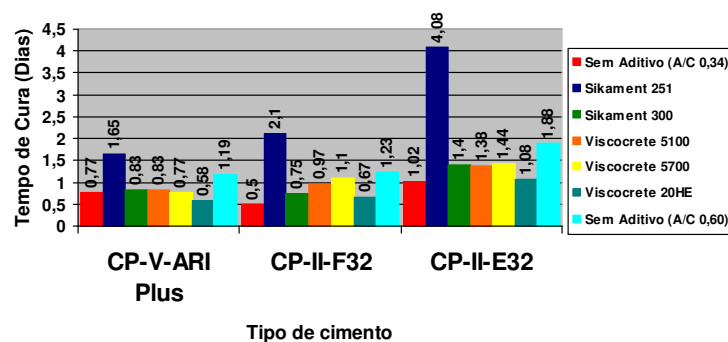


Figura 1: Gráfico de tempo de cura x tipo de cimento da argamassa à temperatura de 10°C

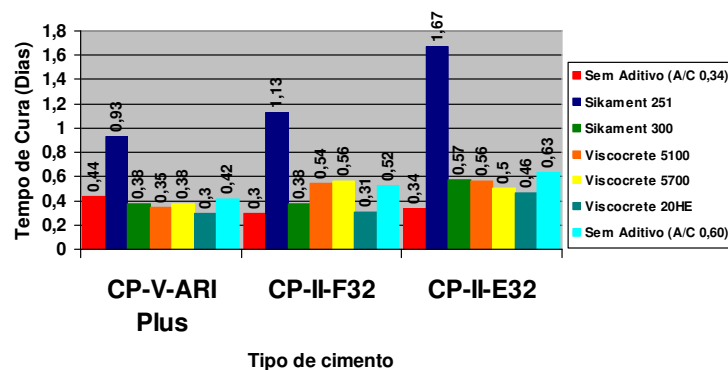


Figura 2: Gráfico de tempo de cura x tipo de cimento da argamassa à temperatura de 30°C

AVALIAÇÃO DA ENERGIA APARENTE DE ATIVAÇÃO DO CONCRETO COM DIFERENTES TIPOS DE SUPERPLASTIFICANTES E CIMENTOS. Felipe Sakae Bertolucci, Mônica Pinto Barbosa– Engenharia Civil – Departamento de Engenharia Civil – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Campus de Ilha Solteira.

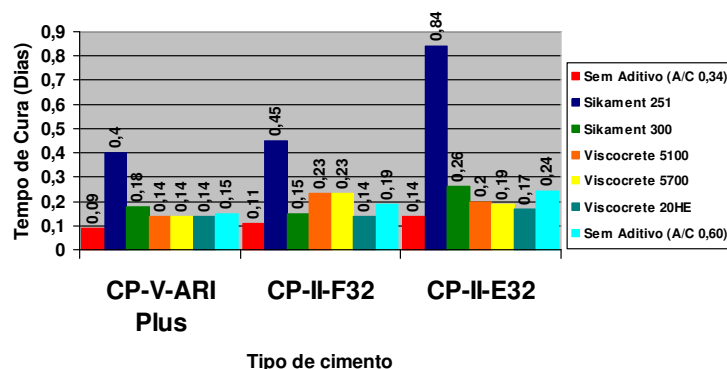


Figura 3: Gráfico de tempo de cura x tipo de cimento da argamassa à temperatura de 60°C

Conforme podemos observar com os valores dos gráficos anteriormente dispostos, com o aumento da temperatura de cura há uma diminuição do tempo de cura da argamassa. Além disso, verifica-se que para as argamassas utilizando aditivos superplastificantes seus tempos de cura são menores do que comparados com as argamassas sem a adição de superplastificante.

O aditivo Sikament 251 acaba sendo uma exceção, tendo seu tempo de cura maior do que qualquer outra mistura, isso pode ser pelo fato do aditivo não estar facilitando de forma satisfatória a hidratação do cimento, ou seja, a função que era a de “catalisar” a reação de hidratação está tendo um efeito contrário. E, o efeito é mais acentuado quando se tem a argamassa com o cimento CP-II-E32, retardando ainda mais o seu tempo de cura. A escória tem um tempo de pega muito maior do que o cimento Portland normal e, a uma baixa temperatura de cura como, por exemplo, a 10°C o seu efeito retardador é mais acentuado no processo de hidratação do cimento.

Pode-se observar que o tempo de cura para que a argamassa atinja uma resistência de 4MPa tem sido menor para as argamassas com o cimento CP-V-ARI PLUS do que se comparado com os demais cimentos. O fato desse menor tempo de cura também está relacionado com a compatibilidade do tipo de aditivo com o tipo de cimento, quando há uma boa compatibilidade seu tempo de cura tende a ser menor.

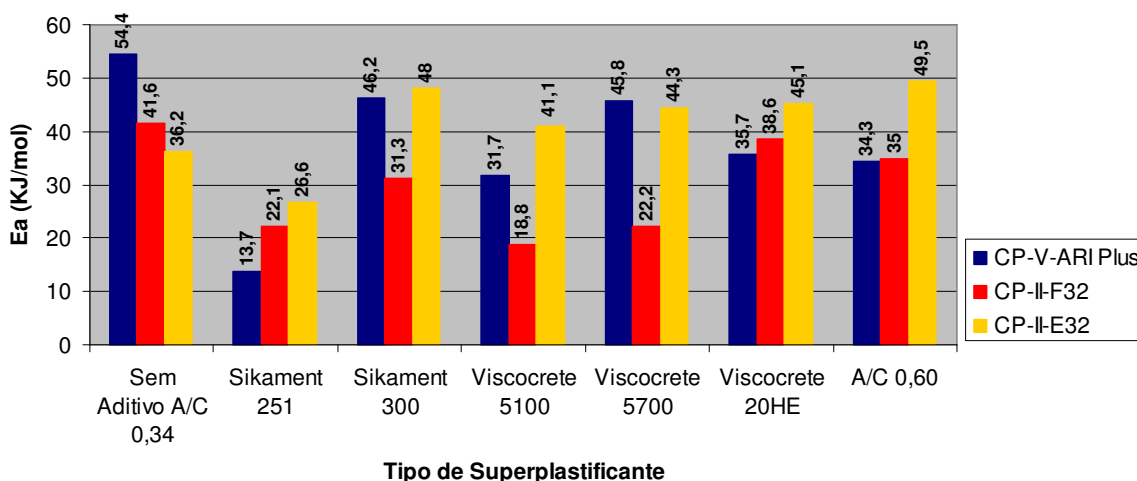


Figura 4: Gráfico dos valores de E_a para as argamassas com diferentes tipos de cimentos e superplastificantes.

AVALIAÇÃO DA ENERGIA APARENTE DE ATIVAÇÃO DO CONCRETO COM DIFERENTES TIPOS DE SUPERPLASTIFICANTES E CIMENTOS. Felipe Sakae Bertolucci, Mônica Pinto Barbosa– Engenharia Civil – Departamento de Engenharia Civil – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Campus de Ilha Solteira.

Primeiramente podemos observar os valores de E_a para as argamassas sem aditivos superplastificantes, que conforme aumentamos a sua relação água/cimento a sua E_a tende a diminuir para os cimentos CP-V e CP-II-F32, porém para o cimento CP-II-E32 o valor de E_a aumenta.

Outro aspecto é com relação à utilização de aditivos superplastificantes que, conforme a sua maior complexidade química o seu valor de E_a tende a diminuir, pois há um melhor rearranjo molecular, fazendo com que o superplastificante atue como um catalisador na reação. Nota-se por exemplo, que o aditivo Viscocrete 5100 possui um melhor desempenho com o cimento CP-II-F32 do que com os outros demais cimentos, isso se deve à compatibilidade do aditivo com o cimento, outro caso é o do viscocrete 5700 que também possui um menor valor de E_a com o cimento CP-II-F32 do que com os demais cimentos.

Em comparação aos tipos de cimentos, verifica-se que a composição das argamassas com o cimento CP-II-F32 tem obtido os menores valor de E_a se comparado com os demais cimentos, isso indica que a sua composição química influencia no valor de E_a , sendo que esse maior teor de fíler em sua composição química possa vir a formar um melhor produto da hidratação do cimento, diminuindo assim sua E_a .

A mistura com adição de superplastificante à base de naftaleno apresentou uma dependência térmica muito baixa se comparada às demais. Não se tem conhecimento de misturas de concreto que apresentaram valor tão baixo da energia de ativação. Este valor indica que a temperatura do concreto embora influencie no tempo de início do processo de endurecimento da mistura, não influencia na taxa de desenvolvimento de sua resistência à compressão.

Nota-se que o cimento CP-II-E32 apesar de apresentar valores de E_a maiores do que comparados aos demais cimentos, ele possui uma certa uniformidade em seus valores, não possuindo muitos valores discrepantes que nos mostra que ele possui um comportamento muito parecido não importando o aditivo superplastificante que se utilize, podendo nos levar a conclusão de que ele sofre pouca influencia no valor de E_a ao se utilizar superplastificante na mistura da argamassa.

Referências Bibliográficas

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM C 1074. *Standard Practice for Estimating Concrete Strength by the Maturity Method*. American Society for Testing and Materials, Pennsylvania, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Consistência da argamassa*. NBR 7215, Rio de Janeiro, 1996.

BERTOLUCCI, F.S., PINTO BARBOSA, M., PINTO, R.C.A., PERES, L.D.P., Energia aparente de ativação: Avaliação da influência de diversos tipos de superplastificantes, 47º Congresso Brasileiro do Concreto, Recife-PE, BRASIL, CD – R, 2005.

PINTO, R.C.A. *Determinação da energia aparente de ativação da hidratação do cimento*. Revista E-mat, vol. 1, n.2, p.95-104, Nov.2004.

RAMACHANDRAN, V.S.; MALHOTRA, V.M. Superplastificizers. In: RAMACHANDRAN, V.S.(Ed.). *Concrete admixtures handbook: properties, science, and technology*. 2.ed. Park Ridge: Noyes Publications, 1995. p.410-507.

PERES, L.D.P.; PINTO BARBOSA, M.; PINTO, R.C.A. *Avaliação da energia de ativação dos cimentos CP-II com e sem adição de microssílica, segundo o procedimento ASTM C 1074-98*. 46 Congresso Brasileiro do Concreto, Florianópolis, trabalho CBC0166, p.V.65-V.75, 2004.

PERES, L.D.P.; PINTO BARBOSA, M.; PINTO, R.C.A. *Determinação da energia de ativação para cimentos nacionais aplicando o procedimento ASTM C 1074-98*. 45 Congresso Brasileiro do Concreto, Vitória, trabalho I-028 cd-room, 2003.

SALVADOR FILHO, J.A.A. *Cura térmica dos concretos de alto desempenho: análise das propriedades mecânicas utilizando o método da maturidade*. Ilha Solteira, 2001. 91p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)-Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista.