

O comportamento do concreto de alto desempenho com sílica ativa e metacaulim como adições químicas minerais quanto à sua resistência à compressão utilizando agregados provenientes da região metropolitana de Goiânia – GO

Daniel da Silva ANDRADE
Danillo de Almeida e SILVA
André Luiz Bortolacci GAYER

Universidade Federal de Goiás - Escola de Engenharia Civil - **Curso de**

Mestrado em Engenharia Civil - CMEC – EEC – UFG

ds.andrade@hotmail.com

arg.danillo@gmail.com

andre.geyer@hotmail.com

1. RESUMO:

Este trabalho trata-se de um estudo comparativo entre concretos de alto desempenho (CAD) com a utilização de diferentes componentes como adições químicas minerais, em substituição a parte do cimento Portland, e agregados provenientes da região metropolitana de Goiania-GO. Foram produzidas quatro dosagens de concreto através do método de dosagem específico para concretos de alto desempenho desenvolvido por Mehta & Aïtcin: uma dosagem referência apenas com cimento Portland como material cimentício, outra com adição de 8% de sílica ativa em pó, outra com 8% de sílica ativa em dispersão aquosa e uma última dosagem com adição de 8% de metacaulim. Todas as dosagens deste estudo foram calculadas para produzir concretos de aproximadamente 65 MPa de resistência à compressão para que se pudesse avaliar o efeito destas adições químicas minerais em um concreto de alto desempenho. Os concretos produzidos foram avaliados em termos de resistência à compressão. Foi efetuada também uma análise comparativa de custo dos concretos produzidos em função da sua resistência à compressão e do consumo de materiais cimentícios. Os consumos totais dos materiais cimentícios utilizados estiveram compreendidos entre 484 kg/m³ e 527 kg/m³ de concreto. O uso destas adições proporcionou ganhos em termos de resistência à compressão, trabalhabilidade e custo em relação ao concreto sem adições químicas minerais.

Palavras chave: *CAD, sílica ativa, microssílica, metacaulim.*

2. INTRODUÇÃO

O Concreto de Alto Desempenho é um material entendido como uma evolução tecnológica dos concretos tradicionais, fruto da pesquisa aplicada e resultado da introdução conjunta, no elenco das matérias primas básicas do concreto, de adições minerais e aditivos químicos. O desenvolvimento destes materiais, principalmente a descoberta da extraordinária ação de dispersão dos aditivos superplastificantes, que permitem a redução de água em relação à quantidade de cimento, é diretamente responsável pelo espetacular aumento da resistência à compressão dos concretos (AİTCIN, 1995).

A utilização do CAD proporciona inúmeras vantagens entre elas destaca-se o fato da alta resistência aos esforços mecânicos possibilitar a redução da dimensão dos elementos estruturais, principalmente dos pilares, permitindo ampliar a área útil da edificação, efeito que é maior nos térreos e subsolos, tendo em vista serem os pavimentos em que os pilares apresentam as cargas mais elevadas. Essas vantagens são tanto maiores quanto maior é a altura do edifício.

3. MATERIAL

Conforme MEHTA & AİTCIN (1990), a produção do CAD é indissociada do uso dos seguintes materiais: cimento, agregado miúdo e graúdo, adições minerais, aditivos químicos e água. A seleção destes materiais é um problema porque os cimentos e agregados disponíveis possuem bruscas variações de composição e propriedades e não há normas claras para a escolha dos agregados mais adequados para o CAD. A situação também se torna complexa pelo fato de que inúmeros aditivos químicos e adições minerais são utilizados simultaneamente, e não há regras simples que determinem as composições ideais.

3.1 CIMENTO

O desempenho final do cimento, na produção do CAD, dependerá da maneira pela qual o comportamento reológico e o desenvolvimento da resistência podem ser simultaneamente otimizados. Então, quando se pretende produzir um CAD, deve-se escolher o cimento mais próximo das seguintes características (AİTCIN, 2000):

3.2 Agregados

Na opinião de AİTCIN (2000), os agregados graúdos que têm sido usados com sucesso na produção de CAD são as rochas densas e duras britadas, tais como calcário, a dolomita e rochas ígneas do tipo plutônico (como o granito, sienito, diorito, grabo e diabásio).

Quanto ao agregado miúdo a característica mais importante é a sua dimensão. De acordo com AÏTCIN (2000), o agregado miúdo de ter módulo de finura entre 2,7 e 3,0. O uso de uma areia tão grossa é apoiado pelo fato de que todos os traços de alta resistência são bastante ricos em partículas finas devido ao seu alto teor de cimento e de materiais cimentícios, de tal forma que não é necessário usar uma areia fina do ponto de vista da trabalhabilidade e da segregação.

3.3 Adições minerais

As adições minerais podem atuar de três formas no concreto:

De forma a contribuir no controle da perda de abatimento (slump), que freqüentemente é uma grande dificuldade para a produção de um CAD;

De forma física, pelo denominado efeito-filer (ou de preenchimento de vazios), que colabora para aumentar a coesão e compacidade do concreto, com a diminuição do volume de vazios (porosidade) e com o refinamento dos poros (porometria).

De forma química, através do potencial de produzir o silicato de cálcio hidratado (C-S-H) pelas reações pozolânicas com o hidróxido de cálcio (CH) resultante da hidratação do C3S e C2S do cimento Portland. Este produto, o C-S-H, é que dá a propriedade ligante e a compacidade ao concreto (AÏTCIN, 1995).

3.4 Aditivos químicos

Os aditivos químicos são usados no concreto para se alcançar inúmeros objetivos como: promover consistência (superplastificantes), controlar o tempo de pega (retardadores) e produzir proteção contra a deterioração pelos ciclos gelo-degelo (incorporadores de ar). Deve-se ressaltar, que a ação dos superplastificantes é indispensável para a produção do CAD, visto que sem a aplicação destes não se consegue obter concretos trabalháveis com as baixas relações a/c requeridas.

4. METODOLOGIA

A dosagem do concreto estudado nesta pesquisa foi realizada com um método específico para concretos de alto desempenho proposto pelos professores MEHTA & AÏTCIN (1990) e será denominado, neste trabalho, como método *Mehta/AÏtcin*.

4.1. ESCOLHA E CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

O cimento utilizado, de fabricação nacional, foi o CPV ARI (Alta resistência inicial) com massa específica de 3,1 g/cm³, produzido pela indústria CIMPOR.

Foram utilizados como agregados areia natural grossa com diâmetro Máximo de 4,75mm, módulo de finura 2,76, densidade de massa específica de 2.62 kg/dm³ e

massa unitária 1,53 kg/dm³, e brita granítica de diâmetro Máximo 19,0mm, módulo de finura 6,92, densidade de massa específica 2,65 kg/dm³ e massa unitária 1,43 kg/dm³. Os agregados miúdos e graúdos selecionados para esta pesquisa atendem à ABNT NBR 7211.

Foram utilizados como aditivos químicos o aditivo Polifuncional MURAPLAST FK 100B, de massa específica 1,20 kg/l fornecido pela MC BAUCHEMIE, e o aditivo Superplastificante MC-POWERFLOW 214, fornecido pela MC BAUCHEMIE, de última geração à base de éter policarboxilato, cuja massa específica é 1,087 +- 0,02 kg/l e seu teor de sólido é de 30,87% de acordo com manual técnico. O que diferencia este aditivo dos superplastificantes tradicionais (à base de melamina sulfonada ou de naftaleno sulfonado) é um novo mecanismo único de ações que melhora sensivelmente a dispersão das partículas de cimento.

4.2. PROGRAMA EXPERIMENTAL

Todo o programa experimental desta pesquisa foi realizado no Laboratório de materiais de construção da Universidade Federal de Goiás.

Foram produzidos quatro traços de concreto de alto desempenho cuja resistência estimada por meio do método de dosagem *Mehta/Aitcin* é de 65 MPa.

Tabela 2 - Consumo de material em Kg por m³ de concreto

| Traços | Cimento | Microssilica em pó | Microssilica líquida | Metacaulim | Areia | Brita | Água | Aditivo Polifuncional | Aditivo SP |
|---------|---------|--------------------|----------------------|------------|-------|-------|-------|-----------------------|------------|
| Traço 1 | 527 | | | | 581,2 | 1034 | 175 | 3,68 | 5,27 |
| Traço 2 | 484,84 | 29,92 | | | 581,2 | 1034 | 175 | 3,6 | 5,14 |
| Traço 3 | 484,84 | | 37,4 | | 581,2 | 1034 | 156,3 | 3,52 | 5,03 |
| Traço 4 | 484,84 | | | 35,56 | 581,2 | 1034 | 175 | 3,64 | 5,2 |

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Os resultados de abatimento do tronco de cone foram obtidos após ajustes, pela dosagem do aditivo superplastificante, até que conduzissem ao valor de 150 ± 20 mm, sendo que a relação água/cimento em todas as misturas foi mantida em 0,33.

Para a primeira dosagem foram medidos os abatimentos dos 5 aos 45 minutos (de 10 em 10 minutos) após a colocação dos aglomerantes. A Figura 12 ilustra a perda de abatimento do concreto fresco ao longo do tempo.

Todas as misturas apresentaram concretos de ótima trabalhabilidade e consistência viscosa, isto é, fluidez suficiente para mobilidade, e alta coesão para evitar a exsudação e segregação.

Os resultados de resistência à compressão aos 3, 7, 14 e 28 dias, para os corpos-de-prova ensaiados em todas as composições podem ser observados na Tabela 4.

Tabela 4 – Resultado de resistência a compressão dos corpos-de-prova.

| Traço | Materiais | 3dias | 7dias | 14dias | 28dias |
|---------|--|-------|-------|--------|--------|
| Traço 1 | Cimento / Areia / Brita / Super plastificante / Aditivo polifuncional | 48 | 56,7 | 57,4 | 62,3 |
| Traço 2 | Cimento / Areia / Brita / Super plastificante / Aditivo polifuncional / Microssilica em pó | 45,1 | 56 | 59,7 | 68,9 |
| Traço 3 | Cimento / Areia / Brita / Super plastificante / Aditivo polifuncional / Microssilica líquida | 44 | 56,1 | 59 | 67 |
| Traço 4 | Cimento / Areia / Brita / Super plastificante / Aditivo polifuncional / Metacaulim | 41 | 50 | 55 | 64 |

6. CONCLUSÕES:

A resistência à compressão dos concretos obtidos gerou uma série de correlações que comprovaram os benefícios das adições minerais. Independentemente do consumo de aglomerantes, dentre os valores analisados, o benefício da utilização de adições minerais contribuiu, favoravelmente, para a redução de custos e melhoria das resistências mecânicas analisadas.

O concreto com adição de microssilica em pó e o que apresentou o melhor desempenho quanto à resistência a compressão, seguido do concreto com microssilica em dispersão aquosa, do concreto com metacaulim e por ultimo, apresentando a menor resistência a compressão, o concreto referencia com apenas cimento Portland como material cimentante.

Quanto a evolução da resistência ao longo do tempo o concreto referencia teve maior ganho de resistência que os demais traços ate os três dias após a moldagem. Após os 7 dias de idade observou-se maior ganho de resistência dos concretos com adições minerais em relação ao concreto referencia que apresentou a menor resistência 28 dias.

7. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA:

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. 1 ed. São Paulo: Pini, 1994. 573 p.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. 2. ed. São Paulo: Pini. 1997.

PINTO, Renata de Oliveira. **Contribuição ao estudo de métodos de dosagem para concreto de alto desempenho (CAD) empregando materiais da região de Goiânia**. Goiânia, 2003. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás.