



ANAIS DO 49º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO
CBC2007
SETEMBRO / 2007

ISBN 978-85-98576-17-6
© 2007 - IBRACON



PRODUÇÃO DE CONCRETO DE ALTO DESEMPENHO DO LABORATÓRIO PARA A CENTRAL DOSADORA DE CONCRETO

*PRODUCTION OF HIGH PERFORMANCE CONCRETE – FROM LABORATORY TO
THE READY MIX PLANT*

Sandro Eduardo da Silveira Mendes (1); Mauricio Bianchini (2); Vanessa de Jesus Faria (3)

(1) *Professor Mestre, Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC/UTFPR*

(2) *Engenheiro Civil – Coordenador de Tecnologia - Engemix*

(3) *Graduanda em Tecnologia em Concreto – Universidade Tecnológica Federal do Paraná / Engemix*

Rua Pres. Pádua Fleury, 654. CEP 81.630-240 - Vila Hauer – Curitiba/PR - vanessa.faria@engemix.com.br

Resumo

Este artigo trata da produção de concretos de alto desempenho - CAD - em laboratório, na faixa de 50 a 120 MPa, utilizando o método de dosagem Mehta-Aïtcin e sua aplicação em central dosadora de concreto em Curitiba-PR. Para tanto, foram realizados estudos de dosagem, conforme o método utilizado, para elaboração de uma família de concretos que atenda os diversos níveis de resistência possíveis utilizando os materiais comumente empregados pela concreteira na produção de concretos convencionais. Os materiais utilizados foram: cimento CP V-ARI RS, agregado miúdo obtido pela composição de areia natural fina e areia artificial, agregado graúdo de D_{máx} 12,5mm da região, adições de sílica ativa e aditivo superplastificante de 3ª geração. Os concretos dosados em laboratório foram ensaiados à resistência à compressão aos 7 e 28 dias e à tração por compressão diametral aos 28 dias. Após a obtenção das curvas de dosagem, a produção destes concretos foi realizada na central dosadora e seu comportamento foi analisado. Por fim, foram realizados ajustes necessários nos concretos dosados em laboratório para atenderem aos requisitos de produção de concretos em centrais. As variações obtidas foram analisadas e comparadas, visando o estabelecimento de correlações entre a dosagem do laboratório e a da central dosadora de concreto.

Palavra-Chave: CAD, Curitiba, Concreto de Alto Desempenho

Abstract

This article deals with the production of high performance concrete - HPC - in laboratory, with compressive strength of 50 the 120 MPa, using the Mehta-Aïtcin method of mix design its application in a concrete plant in Curitiba-PR. For this purpose, experimental studies had being carried through, as described in the mix-proportioning method, for elaboration of a family of concrete that achieves the highest levels of resistance, with commonly materials used by the concrete plant in the production of ordinary concrete. The materials were: cement CP V-ARI RS, fine aggregate obtained by the composition of fine natural sand and artificial sand, coarse aggregate of 12,5mm from the region, silica fume and a 3rd generation superplasticizer admixture. The concrete produced in laboratory was tested to the compressive strength at 3, 7 and 28 days and splitting tensile strength at 28 days. After the attainment of the dosage curves, the production of these concretes were carried through in ready mix plant and its behavior was analyzed. Finally, necessary adjustments in these concretes produced in laboratory were carried through to achieve the requirements of production of concrete in ready mix plant. The observed variations were analyzed and compared, aiming at the establishment of correlations between the mix-proportioning of the laboratory and of the concrete plant.

Keywords: HPC, Curitiba, High Performance Concrete



1 Introdução

De acordo com AITCIN (2000), o uso de concretos de alto desempenho vem se destacando entre as construções de grande porte e responsabilidade, apresentando características diferenciadas em virtude de uma microestrutura densa e de baixa porosidade, fruto da combinação do uso de aditivos superplastificantes e adições minerais, resultando em baixa relação água/aglomerante, elevada resistência e baixa permeabilidade.

No Brasil, a constante mudança nos processos construtivos, busca por melhoria contínua e a necessidade de agregar valor aos grandes empreendimentos vêm aumentando a procura de novas tecnologias por parte das construtoras, fazendo com que as empresas fornecedoras de concreto se adequem à necessidade do mercado atual. Sabendo que para a produção de CAD existe a necessidade de um rigoroso controle de qualidade na seleção de materiais, dosagem, transporte, lançamento, adensamento e cura, há então a necessidade de um método específico para dosagem de concretos de alto desempenho viável para a utilização em centrais dosadoras de concreto, utilizando materiais disponíveis na região, fazendo a mistura em caminhões betoneiras e lançamento através de guas e caminhões bomba sem abrir mão dos quesitos de resistência, durabilidade e viabilidade econômica.

2 Histórico do Uso do CAD

Desde os anos 50, muitas obras foram realizadas com concretos de alta resistência, no entanto nesta época ainda não havia significativa preocupação com a durabilidade das estruturas construídas com esse material. O CAD começou a ser estudado há cerca de 40 anos, porém somente há vinte anos que a utilização dessa tecnologia foi viabilizada técnica e economicamente para uso em algumas obras.

Ainda hoje a aplicação dos concretos de alto desempenho, precisa ultrapassar vários obstáculos para a transição teoria-prática devido a suas características diferenciadas e o desconhecimento do comportamento em longo prazo do material, entre outros (ISAIA, 2005).

No Brasil, já é comum o uso de CAD em pilares de edifícios altos (E-Tower, SP; Edifício Banco de Tóquio, BA), pontes e obras de arte especiais, peças pré-moldadas, pisos e pavimentos (pavimento da Ponte Rio-Niterói, RJ) e recuperações estruturais, entre outros. A maior vantagem do uso do CAD é a capacidade de carga por unidade. Devido a essa propriedade esse concreto é comumente usado em pilares de edifícios altos, no qual se consegue reduzir áreas e volumes das peças dos andares mais baixos (onde geralmente o carregamento é maior, exigindo grandes seções), isto proporciona ampliação da área útil, reaproveitamento e rápida reutilização de fôrmas, menor taxa de armaduras (reduzindo custos), além do aumento da velocidade da construção em altura oriunda da desforma rápida, proveniente do ganho rápido de resistência, podendo antecipar o carregamento das peças em menores idades.



Devido à complexidade da estrutura interna do concreto de alto desempenho, nas últimas décadas têm sido propostos vários métodos de dosagem sendo que cada um aponta uma abordagem diferente. Devido à vasta geografia brasileira, a variação e diferenciação dos materiais disponíveis para cada região, há a clara necessidade de que os estudos sejam realizados com materiais regionais, adequando os métodos para que o objetivo inicial da produção seja alcançado. Através dos estudos realizados recentemente em Curitiba (MENDES, 2002; FREITAS, 2005), confirmou-se a possibilidade da produção de CAD em laboratório atingindo resistências acima de 100 MPa utilizando agregados disponíveis na região e a viabilidade técnica e econômica no emprego de métodos e dosagem específicos para concretos de alto desempenho (MEHTA-AÏTCIN, 1990; AITCIN, 2000; IPT MODIFICADO, 2005).

3 Materiais e Métodos

Tendo em vista a viabilidade econômica e facilidade na aquisição dos materiais, os insumos foram selecionados dentre os fornecedores já utilizados por uma central dosadora de concreto em Curitiba. Os insumos são os mesmos consumidos pela central nas dosagens de concretos convencionais, visto que seria inviável a substituição de materiais, em alguns casos mais caros ou produzidos em pequenos volumes para serem empregados na central para a produção de CAD. Este fato foi a principal premissa deste trabalho, visto que o mesmo visa o desenvolvimento de concretos de alto desempenho para produção em larga escala em centrais dosadoras de concreto.

3.1 Características dos Materiais

3.1.1 – Agregados

A brita utilizada é de origem granítica com massa específica de $2,83\text{kg/dm}^3$ e $D_{\text{máx}}$ 12,5mm.

Foi utilizada a combinação de areia natural fina e areia artificial proveniente da britagem de calcário com massas específicas de $2,62\text{ kg/dm}^3$ e $2,74\text{ kg/dm}^3$, respectivamente. A granulometria dos agregados é demonstrada nas Figuras 1, 2 e 3:

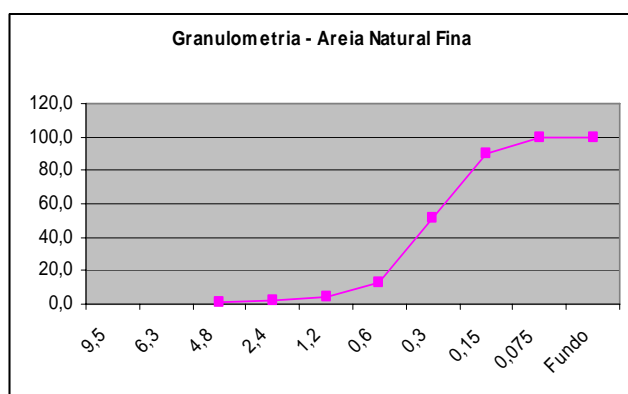


Figura 1 – Granulometria Areia Natural Fina

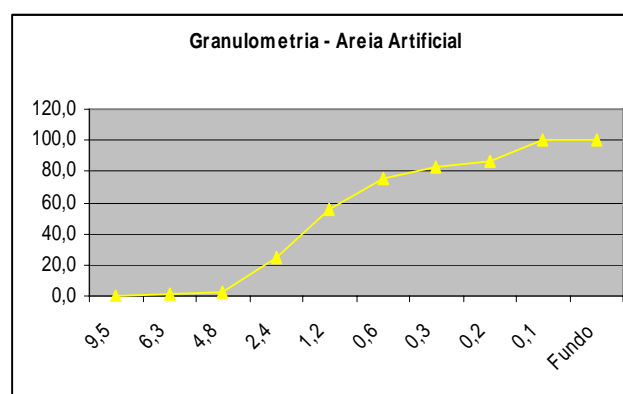


Figura 2 – Granulometria Areia Artificial

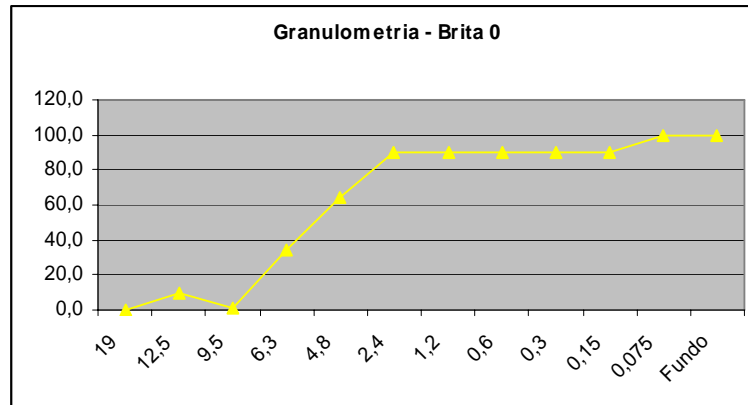


Figura 3 – Granulometria Brita 0

3.1.2 – Materiais Cimentícios

Foi utilizado o Cimento Portland de Alta Resistência Inicial Resistente a Sulfatos (CP V-ARI RS), da Marca Votoran, produzido em Rio Branco do Sul, com massa específica de 2,99 kg/dm³.

Considerou-se nas dosagens adição de sílica ativa de 8% em massa em substituição ao peso de cimento, na Tabela 1 apresentam-se as características da sílica ativa empregada:

Tabela 1 – Dados da sílica ativa utilizada (Fonte: Fabricante)

Características	Resultado
Superfície específica	20.000 m ² /kg
Massa específica	2,22 g/cm ³
Formato da partícula	Esférica
Diâmetro médio	0,2 µm
Teor de SiO ₂	Mín. 85%
Equivalente alcalino em Na ₂ O	Max. 0,5%

3.1.3 - Aditivos

Para alcançar o abatimento pré-estabelecido em 200±30mm, em laboratório, foi utilizado aditivo químico superplastificante de 3ª geração (policarboxilato) ADVA 170 da marca Grace.

Nos testes em campo, foram utilizados os aditivos: inibidor de hidratação (RECOVER – Grace) e polifuncional (MIRA 77 – Grace).



3.2 Metodologia

As dosagens experimentais foram baseadas em estudos recentes realizados em Curitiba (MENDES, 2002; FREITAS JR., 2005), para isso foram realizadas dosagens preliminares para conhecimento do método escolhido e observação das propriedades dos concretos.

O método adotado foi o Mehta-Aïtcin, por apresentar, conforme FREITAS JR. (2005), o menor custo por metro cúbico nos concretos produzidos por ele.

O trabalho foi dividido em 4 etapas:

- 1ª Etapa: Com o intuito de obter conhecimento e domínio sobre o método, foram realizadas dosagens preliminares onde o consumo dos materiais foi calculado conforme descrito em FREITAS JR. (2005), foram dosados concretos com e sem adição de sílica ativa. O comportamento do concreto foi analisado frente ao alto consumo de cimento, comportamento e características do aditivo utilizado. Notou-se nesta fase que o teor de argamassa, determinado em laboratório, deveria ser aumentado, devido às perdas ocasionais nas facas e balão do caminhão betoneira, e devido à alta viscosidade e coesão do concreto, seriam necessários mais alguns ajustes na composição das areias, proporção do agregado graúdo, e aumento do abatimento previamente estabelecido, devido ao desempenho do aditivo químico utilizado nas dosagens. Foram moldados corpos-de-prova somente para análise de resistência à compressão dos concretos produzidos.
- 2ª etapa: Com base na primeira fase do trabalho foram testadas algumas alterações nas proporções dos agregados graúdo/miúdo e alteração na composição percentual das areias artificial e natural de 60/40, para aproximadamente 50/50. Nesta etapa foram moldados corpos-de-prova para realização de ensaios de resistência à compressão, tração por compressão diametral, e ensaios de durabilidade para a obtenção de massa específica, índice de vazios, absorção imersão e capilaridade.
- 3ª Etapa: produção dos concretos em central dosadora de concreto, com aplicação em peças teste, para análise de características de mistura, aplicação e possível bombeabilidade.
- 4ª Etapa: aplicação do concreto de alto desempenho em obras.

Com base nos estudos, foi elaborada uma família de traços, através do Método Mehta-Aïtcin, com resistências estimadas de 50 a 120MPa, sendo que o teor de aditivo foi determinado experimentalmente com a finalidade de atingir o abatimento que devido ao desempenho do mesmo e de acordo com as dosagens preliminares foi estipulado em 200 ± 30 mm. Após a 1ª etapa do trabalho foram testadas modificações nos traços até obter concretos no estado fresco que atendesse às condições necessárias para a produção dos mesmos em centrais dosadoras de concreto. Para os concretos produzidos no laboratório, foi realizada a “imprimação” da betoneira e os materiais foram colocados na seguinte ordem, sendo o total da água dividido em 3 partes: agregado graúdo, 1/3 da água, sílica ativa, 1/3 de água, areias e cimento, sendo que para cada material foi fixado um intervalo

para mistura de ± 2 minutos, e após a mistura de todos os materiais foi acrescentado o aditivo diluído no último 1/3 de água do traço, separada previamente. Com este procedimento, as misturas apresentaram aspecto homogêneo e consistência adequada, conforme Figuras 4 e 5. Os níveis de resistências dos traços juntamente com os abatimentos obtidos estão detalhados na Tabela 2.



Figura 4 – Aspecto do concreto após mistura



Figura 5 – Consistência – slump 200mm

Tabela 2 - Traços por níveis de resistência

Classe de Resistência	Resistência Média Prevista (MPa)	Relação Água/Aglom	Slump (mm)
A ₁	50	0,45	210
A	65	0,37	210
B	75	0,31	210
C	90	0,26	200
D	105	0,23	230
E	120	0,19	190



4. Resultados

4.1 Resistência à Compressão

Os corpos-de-prova foram deformados em 24 horas após a moldagem sendo que nesse período os moldes ficaram dispostos a condições climáticas ambientais externas protegidos das intempéries, coberto com lona plástica, tentou com isso simular a situação próxima da realidade vivida em campo. Após a desforma os corpos de prova foram identificados e submetidos à cura em tanque de imersão com solução saturada de hidróxido de cálcio e com temperatura controlada de $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$ e umidade controladas. Para regularização das extremidades dos corpos-de-prova os mesmos passaram pelo processo de retificação do topo para rompimento, esse método foi adotado por estar comprovado, segundo vários pesquisadores, ser o mais recomendado para CAD. Para determinação da resistência à compressão do concreto foram moldados 6 corpos-de-prova, três para rompimento aos 7 dias de idade e três para rompimento aos 28 dias. Na Figura 4 são apresentadas as curvas de f_{cj} x água/aglomerante. Na Tabela 3 são apresentadas as resistências à compressão obtidas, assim como o valor de desvio padrão e coeficiente de variação obtidos.

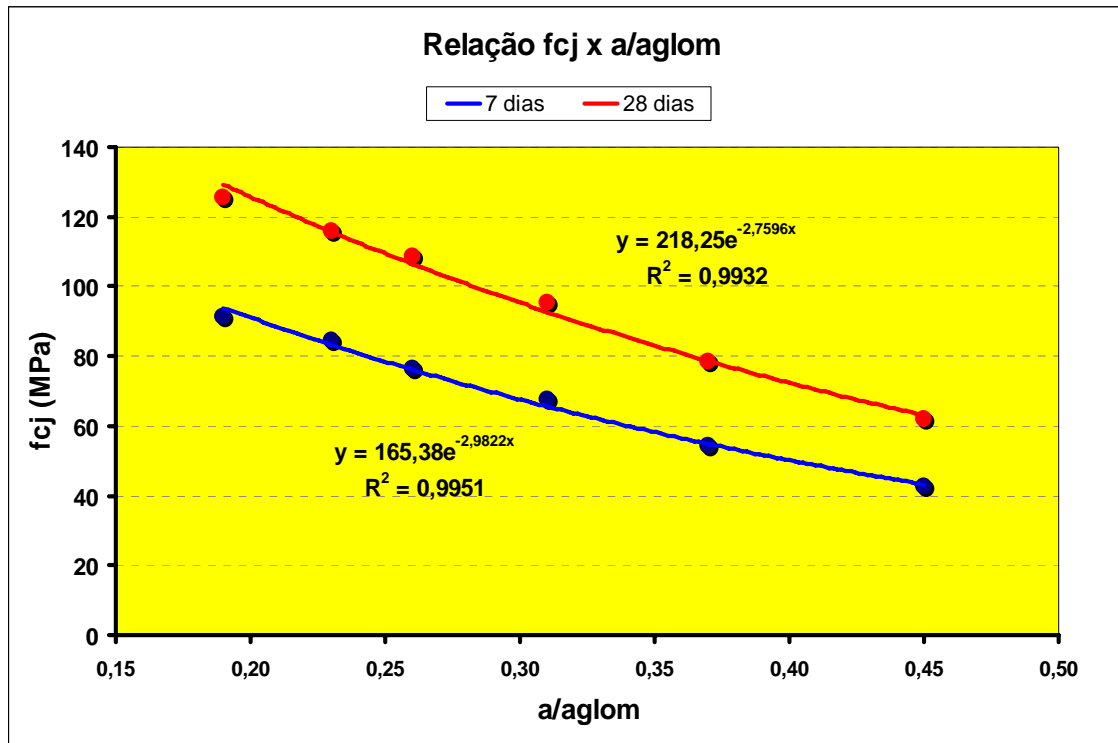


Figura 4 – Gráfico f_{cj} x água/aglomerante

As resistências obtidas, de 62MPa a 125MPa atestam a eficiência do método de dosagem utilizado, além de confirmar os estudos de MENDES (2002) sobre a potencialidade do agregado graúdo de origem granítica para produção de CAD com mais de 100MPa.



Tabela 3 – Resultados de Resistência à Compressão, D.Pad. e C.V

TRAÇO	A/AGLOM	IDADE (dias)	RESISTÊNCIA (MPa)	MÉDIA (MPa)	D.PAD. (MPa)	C.V. (%)
A1	0,45	7 dias	45,76	42,7	2,7	6,4
			40,63			
			41,63			
		28 dias	62,28	62,0	2,6	4,2
			59,32			
			64,51			
A	0,37	7 dias	51,70	54,5	3,3	6,1
			53,50			
			58,18			
		28 dias	76,86	78,4	1,3	1,7
			79,23			
			79,03			
B	0,31	7 dias	65,28	67,6	5,7	8,4
			63,42			
			74,07			
		28 dias	95,77	95,4	0,4	0,4
			94,94			
			95,45			
C	0,26	7 dias	78,05	76,4	5,5	7,1
			70,26			
			80,77			
		28 dias	111,31	108,8	4,3	4,0
			103,73			
			111,21			
D	0,23	7 dias	82,73	84,4	3,7	4,4
			81,80			
			88,62			
		28 dias	113,93	115,7	3,8	3,3
			113,03			
			120,08			
E	0,19	7 dias	86,56	91,3	5,3	5,8
			97,05			
			90,14			
		28 dias	119,98	125,4	5,2	4,1
			130,28			
			125,89			



Observa-se que os valores obtidos para o desvio-padrão e o coeficiente de variação dos CAD produzidos são da mesma ordem de grandeza obtidos por MENDES (2002). Isto se deve a homogeneidade das misturas, do procedimento adequado de moldagem e adensamento e, principalmente, do método de preparação das extremidades dos corpos-de-prova, através da retificação com disco diamantado, conforme recomenda AITCIN (2000).

4.2 Resistência à Tração por Compressão Diametral

Para determinação da resistência à tração por compressão diametral foram moldados 3 corpos-de-prova para cada traço, para rompimento aos 28 dias. Após desformados, os corpos-de-prova foram armazenados da mesma maneira que os destinados à determinação da resistência à compressão. Na Figura 6 apresentam-se as curvas da resistência à tração x água/aglomerante, na Tabela 4 apresenta-se os resultados obtidos na ruptura dos corpos-de-prova.

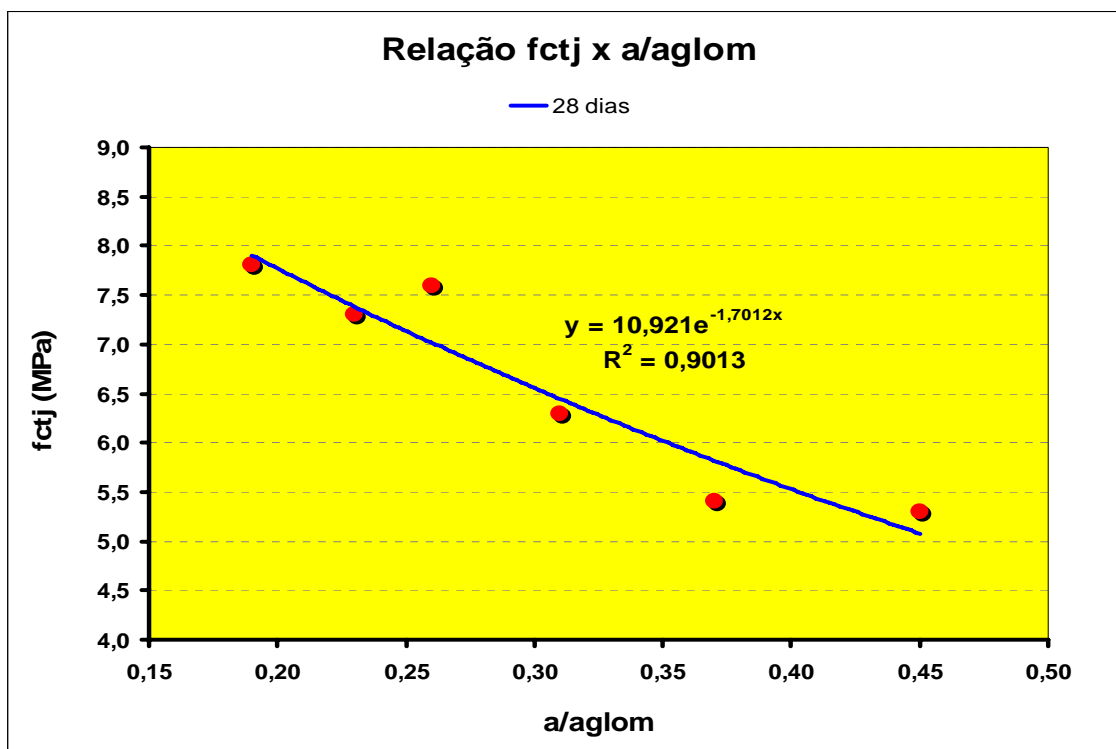


Figura 6 – Gráfico f_{ctj} x água / aglomerante

As resistências à tração obtidas, de 5,3MPa a 7,8MPa, representam 8,7% e 6,2% da resistência à compressão dos CAD. Estes índices estão coerentes com os resultados encontrados na bibliografia. De acordo com o ACI 363R-92 (2001), enquanto a relação entre tração/compressão nos concretos convencionais situa-se na faixa de 10%, nos CAD, esta relação tende a diminuir, podendo chegar a 5%.



Tabela 3 – Resultados de Resistência à Tração, D.P. e C.V

TRAÇO	A/AGLOM	IDADE (dias)	RESISTÊNCIA (MPa)	MÉDIA (MPa)	D.PAD. (MPa)	C.V. (%)
A	0,37	28 dias	5,34	5,3	0,0	0,8
			5,36			
			5,28			
A	0,37	28 dias	5,35	5,4	0,4	7,3
			5,75			
			4,96			
B	0,31	28 dias	6,11	6,3	0,2	2,5
			6,30			
			6,42			
C	0,26	28 dias	8,53	7,6	1,0	13,3
			6,52			
			7,74			
D	0,23	28 dias	7,24	7,3	0,2	2,7
			7,51			
			7,13			
E	0,19	28 dias	7,89	7,8	0,5	5,9
			8,15			
			7,25			

5. Produção de CAD em Central Dosadora de Concreto

5.1 Cuidados Iniciais

Devido à extrema necessidade de aumentar o controle de qualidade na produção de CAD e minimizar eventuais desvios nas dosagens e mistura em caminhões betoneira, para isso foram tomadas algumas precauções:

1. A umidade das areias foi determinada antes do início do carregamento de cada caminhão, coletando-se as amostras diretamente das caixas de pesagem das balanças de agregados. Este procedimento é necessário para determinar a quantidade de água que deverá ser cortada na hora da pesagem dos materiais, possibilitando maior controle da quantidade de água utilizada na produção do concreto.
2. Os balões dos caminhões betoneira foram lavados e todo o material presente em seu interior retirada. Buscando evitar possíveis contaminações com materiais estranhos ao traço de CAD e obter maior controle da produção.



3. Mesmo sendo rotina da empresa a aferição dos equipamentos utilizados, foi previamente às dosagens realizada a aferição dos hidrômetros dos caminhões betoneira e dos hidrômetros dos pontos de dosagem, para garantir a qualidade dos concretos produzidos. Parte da água foi adicionada no carregamento e dosada em massa através de pesagem.
4. Na central a ordem de colocação dos materiais não é pré-determinada porque os agregados são pesados em seqüência e transportados todos juntos na mesma esteira transportadora até a bica do caminhão.
5. Na dosagem dos caminhões foi utilizado um aditivo polifuncional para ajudar na molhabilidade dos materiais. O aditivo superplastificante foi adicionado na obra, devido à perda de abatimento no concreto com este produto durante o tempo de trajeto até a mesma.
6. O carregamento foi executado reduzindo 80 litros do total de água mais o corte da umidade das areias, sendo 40 litros destinados para adição no ponto de dosagem, para que fosse possível a lavagem das facas do caminhão, e 40 litros para adição de água na obra para a diluição do aditivo e lavagem do recipiente empregado para a dosagem e do funil e facas do caminhão onde o aditivo ficasse aderido. Determinou-se que seria adicionada no concreto toda a água do traço teórico, não se fixando valor de slump inicial, somente slump final, determinado em laboratório.

5.2 Carregamento dos Materiais

As centrais dosadoras de concreto buscam sempre a ordem de adição dos materiais que proporcione o menor tempo de carga e melhor mistura do concreto dentro das características de seus equipamentos e materiais. Torna-se inviável uma central dosadora de concreto efetuar o carregamento da mesma maneira que se procede em laboratório.

Na central onde foi efetuado o carregamento dos caminhões, com um dos concretos estudados no presente trabalho, a balança de agregados é do tipo P5 (cinco balanças de agregados). A contar a partir da correia transportadora inclinada os agregados são dispostos na balança na seguinte ordem: brita 0 – areia artificial – areia natural – brita 1 e brita 2. O carregamento dos materiais é efetuado da seguinte maneira: inicia-se com o carregamento com cerca de 70% da água, durante a adição de água inicia-se o carregamento dos agregados, os quais são todos adicionados simultaneamente, quando foi carregado cerca de 50% dos agregados já foi concluído o carregamento dos 70% iniciais de água, então se inicia a adição do cimento, concluída a adição do cimento completa-se a carga com os 30% restantes da água e o aditivo polifuncional, quando este é empregado. Esta ordem de carregamento e posição dos agregados na balança foi estudada e escolhida dentre inúmeras possibilidades como a que apresentou o melhor desempenho.

A sílica ativa é adicionada juntamente com os agregados, através da correia transportadora, devido à pequena quantidade de concretos produzidos com este material.



5.3 Testes em Central de Concreto

Foram testados em central os concretos de classe A e C.

Na parte inicial das aplicações práticas na central foram produzidos concretos somente com aditivo superplastificante. Entretanto estes apresentaram dificuldade de manutenção do slump final e perdas de abatimento maiores em menor espaço de tempo que concretos produzidos anteriormente pela central dosadora de concreto. Nessa etapa foi testado o traço de resistência A. Notou-se que o desempenho do misturador é superior em concretos produzidos em caminhões betoneira que o produzido em betoneiras convencionais.

Optou-se por adicionar ao concreto 0,1% da massa dos aglomerantes (cimento + sílica ativa) de aditivo inibidor de hidratação (RECOVER - Grace) e 1,2% de aditivo polifuncional (MIRA 77 - Grace) com base em experiências anteriores da central dosadora de concreto. O aditivo polifuncional foi adicionado durante o carregamento do caminhão betoneira e o aditivo inibidor de hidratação foi adicionado na central dosadora, no ponto de dosagem.

Com a incorporação destes outros aditivos conseguiu-se uma maior facilidade na mistura do concreto, além de significativa redução no teor de aditivo superplastificante empregado, aditivo este com custo significativamente superior aos demais. Também se observou uma maior manutenção do slump do concreto com a adição do aditivo inibidor de hidratação.

Na segunda fase do processo de aplicação em central foi dosado o concreto de nível C, com as proporções de materiais conforme obtida em laboratório, com base na experiência da primeira aplicação foi usada a quantidade de 1,2% de aditivo polifuncional sobre a massa do aglomerante, o mesmo foi pesado e dosado juntamente com os demais materiais, sabendo que o prazo de validade para aplicação do concreto dosado em central é de 2 horas e meia, desta vez não foi usado o aditivo inibidor de hidratação com a finalidade de obter dados sobre a manutenção do slump que desta vez se manteve em média de 45 minutos, sendo necessária a re-dosagem do aditivo superplastificante onde houve um ganho de média de mais 35 minutos. Nesta etapa foram dosados 2,0m³ de concreto (figura 7) para ampliar os estudos e analisar outras características do CAD, com a concretagem de um bloco com aproximadamente 1m³ de volume (figura 8), com o restante do material foram moldados corpos-de-prova cilíndricos de 10x20cm, 15x30cm e corpos-de-prova prismáticos para futuros estudos.



Figura 7 – (a) Dosagem em caminhão betoneira; (b) homogeneidade da mistura após aditivo



Figura 8 – (a) Abatimento – slump 200mm; (b) concretagem de bloco de aproximadamente 1,0m³



Figura 9 – (a) Coesão e trabalhabilidade do concreto; (b) bloco concretado com superfície acabada

Concretos de alto desempenho possuem coesão superior aos concretos convencionais, com base nos testes efetuados pôde-se observar que para viabilizar o bombeamento destes concretos é necessário que seja efetuada uma adição maior de água para minimizar esta coesão. Assim, através dos testes efetuados verificou-se que em concretos de alto desempenho, produzidos com os materiais empregados neste estudo, é necessário um slump inicial, antes da adição de superplastificante, de no mínimo 60mm para que seja possível o bombeamento do concreto. Logo se conclui que os traços A1 e A podem ser bombeados e que o traço B necessita de pequenos ajustes para permitir seu bombeamento; já os traços C, D e E necessitariam ser corrigidos e mesmo assim apresentariam consumos de cimento muito elevados e manteriam a alta coesão, sendo inviável o seu bombeamento.



6. Conclusões

Os resultados de resistência mecânica do concreto atenderam às expectativas iniciais.

As características dos concretos desenvolvidos e os resultados obtidos nos ensaios tecnológicos demonstram que os mesmos possuem além de alta resistência mecânica elevada durabilidade, possuindo assim características de alto desempenho.

Os resultados de resistência mecânica do CAD produzido na central dosadora de concreto apresentaram-se ligeiramente inferiores aos obtidos em laboratório aos 28 dias cerca de 5%. Notou-se também uma redução mais significativa nos valores dos resultados de sete dias, que se deve ao fato da utilização de inibidor de hidratação e ao teor de aditivo polifuncional.

Com base nos estudos e testes realizados em laboratório e aplicações realizadas na central, verificou-se a vantagem da mistura no caminhão betoneira em relação à betoneira de eixo inclinado utilizado nas dosagens em laboratório, no entanto a manutenção do slump no caminhão deve ser controlada com mais rigor, devido o fato da não utilização do inibidor de hidratação o abatimento diminui assim que o aditivo vai perdendo o efeito, dessa forma corre o risco de iniciar a hidratação do cimento e o concreto “secar” dentro do caminhão, o que pode causar grande prejuízo para empresa. Concluí-se assim que é de grande importância o uso de aditivos inibidores de reação e polifuncionais conjugados com os superplastificantes, podendo assim estender o tempo de aplicação do concreto.

Para otimização dos traços os mesmos deverão ser reproduzidos novamente em laboratório sendo dessa vez usadas as alterações necessárias para a dosagem em central de concreto e comparar os resultados e estabelecer correlações entre eles.

Os CAD quando produzidos em central dosadora de concreto apresentam valores de desvio padrão maior que os demais concretos produzidos na mesma, assim este desvio deve ser considerado quando da determinação do fck dos concretos.

Vale a pena ressaltar que neste estudo foi utilizados os materiais corriqueiramente empregados na central dosadora de concreto, confirmando os estudos realizados por MENDES (2002) e FREITAS JR (2005) que é possível a produção de CAD acima de 100MPa com os materiais disponíveis na região de Curitiba, desde que seja usado um método específico de dosagem e mantenha-se um controle de qualidade rigoroso em todo o processo. Com a escolha de outros materiais poder-se-á obter concretos de alto desempenho com melhores características, entretanto esse seria tema para uma nova etapa de estudos, adotando os materiais locais procurou-se desenvolver CAD dentro da realidade de uma central dosadora de concreto, sem alterar significativamente a sua rotina, como, por exemplo, alteração dos seus agregados.



7. Referências Bibliográficas

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. Committee 363. State-of-the-art report on high-strength concrete, ACI 363R-92 (Reapproved 1997). **ACI Manual of Practice 2001**. ACI, Detroit (USA), 2001. 18p.

FREITAS JR, J. A. **Estudo Comparativo De Métodos De Dosagem Para Concretos De Alta Resistência Com O Uso De Materiais Disponíveis Na Região Metropolitana De Curitiba**. Dissertação de Mestrado – ST/PPGCC, Universidade Federal do Paraná, 2005.

MENDES, S. E. S. **Estudo Experimental de Concreto de Alto Desempenho Utilizando Agregados Graúdos disponíveis na região Metropolitana de Curitiba**. Dissertação de Mestrado – ST/PPGCC, Universidade Federal do Paraná, 2002.

AITCIN, P.C. **Concreto de Alto desempenho**. PINI, São Paulo, 2000.

ISAIA, G. C. **Concreto – Ensino, Pesquisa e Realizações**, Volume 2. IBRACON, São Paulo, 2005.

MEHTA, P. K. **Concreto: Estrutura, propriedades e materiais**. PINI, São Paulo, 1994.