

ANÁLISE COMPARATIVA COM FOCO NO CUSTO/BENEFÍCIO ENTRE CONCRETO DE ALTO DESEMPENHO (CAD) E CONCRETO COMUM (CC)

SOUZA, Bruna Cassiana¹

OTRE, Maria Alice Campagnoli.²

RESUMO:

O presente estudo propõe uma análise comparativa entre o Concreto Comum e o Concreto de Alto Desempenho, problematizando sobre as vantagens da utilização do CAD em relação ao Concreto Comum, para a Construção Civil, levando em consideração que isso elevará o custo por m² da obra. Comprovamos a hipótese de que o CAD é um tipo de concreto otimizado, dosado em usina para se obter elevada resistência e durabilidade, o que o torna mais caro em relação aos demais tipos de concreto, mas também eleva sua qualidade, eliminando imperfeições geralmente existentes em concretos comuns, reduzindo custos de manutenção e mão de obra, o que mitiga o custo no final da obra. Esta pesquisa bibliográfica baseou-se em autores como MIGUEL (2003), GUIMARAES (2002), WATANABE (2008) e SILVA (2003), que além de descrevem sobre a composição e manejo do CAD, também fizeram análises de resistência e durabilidade para estabelecer o comparativo geral.

PALAVRAS CHAVE: Concreto de Alto Desempenho. Concreto Comum. Comparação. Custo/benefício. Construção Civil.

ABSTRACT:

The present study proposes a comparative analysis between the Common Concrete and High Performance Concrete, discussing about the advantages of using CAD in relation to Common Concrete for the Construction, assuming it will raise the cost per m² of the work. We verified the hypothesis that CAD is a kind of optimized concrete, measured in mill to obtain high strength and durability, which makes it more expensive compared to other types of concrete, but also elevates your quality event, eliminating imperfections usually existing common in concrete, reducing maintenance and labor, which mitigates the cost at the end of the work. This literature search was based on authors such as MIGUEL (2003), GUIMARÃES (2002), WATANABE (2008) and SILVA (2003), which in addition to describing the composition and management of CAD, have also made analyzes of strength and durability to establish the overall comparison.

KEY WORDS: High Performance Concrete. Common Concrete. Comparative. Cost / Benefit. Construction.

¹ Acadêmica do 1º Semestre de Engenharia Civil da FAIP-Marília. E-mail: brunacassiana@hotmail.com

² Professora do Curso de Engenharia Civil da FAIP-Marília e Orientadora do Artigo. E-mail: mariaalice@faip.edu.br

INTRODUÇÃO

O Concreto é o material aglomerante mais utilizado no mundo para a construção civil, sendo constituído basicamente de água, cimento, agregados e aditivos.

Neste contexto o intuito desta pesquisa é dimensionar as vantagens da utilização do Concreto de Alto Desempenho em relação ao Concreto Comum, para a Construção Civil, levando em consideração que isso elevará o custo por m² da obra.

O Concreto de Alto Desempenho é um tipo de concreto otimizado, dosado em usina para se obter elevada resistência e durabilidade, o que o torna mais caro em relação aos demais tipos de concreto, mas também eleva sua qualidade, eliminando imperfeições geralmente existentes em concretos comuns, reduzindo custos de manutenção e mão de obra, o que mitiga o custo no final da obra.

O objetivo desta pesquisa científica foi verificar o custo/benefício da utilização do CAD, por meio de revisão de literatura, com a finalidade de demonstrar para o empreendedor que como diz o ditado popular “o barato pode sair caro”.

O Concreto de Alto Desempenho traz para o Engenheiro Civil a possibilidade de desenvolver uma obra com resistência, durabilidade, impermeabilidade e menor utilização de mão de obra.

Para desenvolver esta pesquisa utilizamos uma abordagem quali-quantitativa, utilizando de números e conceitos para formular a resposta para o problema de pesquisa, considerando o que Lord Kelvin diz "se você pode medir aquilo de que fala e exprimi-lo por um número é porque conhece alguma coisa do assunto. Em caso contrário o seu conhecimento é precário" (KELVIN apud MORESI, 2003, p.18).

Os métodos utilizados para responder ao problema de pesquisa foram através de pesquisa bibliográfica nas bases de dados do Google acadêmico, tendo como principais autores MIGUEL (2003), GUIMARAES (2002), WATANABE (2008) e SILVA (2003), pesquisa de preços, funcionalidades do Concreto em Usinas e revisão de pesquisas já realizadas sobre o tema abordado.

Diante disto, iniciamos este artigo a fim de colocar o Concreto de Alto Desempenho como uma opção viável economicamente na construção em geral, considerando sua resistência, durabilidade e demais fatores.

Para analisar as diferenças entre o Concreto de Alto Desempenho e o Concreto Comum foi necessário explicar sua utilização, composição e manejo dos materiais que abordaremos no primeiro tópico.

1. UTILIZAÇÃO, COMPOSIÇÃO E MANEJO DO CAD

O Concreto é o material mais utilizado no mundo na construção civil e existe desde os primórdios da humanidade, porém sua tradicional composição de materiais vem sendo melhorada ao passar do tempo com o avanço da tecnologia e da necessidade humana de reestruturação, sendo o Concreto de Alto Desempenho o maior avanço nesse sentido.

Segundo Pierre Claude Aïtcin, as características positivas da utilização do CAD ainda não são exploradas em sua totalidade.

[...] A despeito do fato de que até agora concreto de alto desempenho tem sido utilizado principalmente em aplicações de alta resistência, é inevitável que num futuro muito próximo o concreto de alto desempenho seja mais especificado e usado pela sua durabilidade do que especificamente, pela sua alta resistência à compressão. Quando a comunidade da engenharia vier a entender isto, e modificar sua percepção do concreto de alto desempenho, a indústria da construção dará definitivamente um grande passo adiante (AÏTCIN apud GUIMARAES, 2002, p.22).

Aïtcin deixa claro que é errôneo por parte da comunidade da engenharia só utilizar o Concreto de Alto Desempenho em obras cuja prioridade é a resistência à compressão, como em grandes arranha-céus, e provisiona que no futuro o CAD será mais conhecido por sua durabilidade. “O Concreto de Alto Desempenho (CAD), foi desenvolvido na Noruega na década de 1950 [...], era conhecido no início como Concreto de Alta Resistência (CAR) devido à sua alta resistência característica à compressão” (MIGUEL, 2003, p.1).

Conforme a NBR 8953 (1992), o concreto é classificado em dois grupos de resistência, o grupo de resistência I é formado por concretos até 50 Mpa (Mega Pascal = 1 milhão de Pascal = 10,1972 Kgf/cm²), que seriam os concretos comuns e o Grupo II por concretos acima de 55 MPa, os Concretos de Alto Desempenho, exemplificados na tabela abaixo:

Tabela 1 - Classes de resistência do grupo I		Tabela 2 - Classes de resistência do grupo II	
Grupo I de resistência	Resistência característica à compressão (MPa)	Grupo II de resistência	Resistência característica à compressão (MPa)
C10	10	C55	55
C15	15	C60	60
C20	20	C70	70
C25	25	C80	80
C30	30		
C35	35		
C40	40		
C45	45		
C50	50		

Fonte: NBR 8953: Concretos para fins estruturais – Classificação por grupos de resistência.

Já, Watanabe (2008, p.4) classifica como Concreto de Alto Desempenho, todo concreto acima de 40 Mpa:

Estudos experimentais comprovaram que a microestrutura e as propriedades do concreto com resistência acima de 40 MPa são consideravelmente diferentes das dos concretos convencionais. Como a prática atual de dimensionamento de estruturas ainda está fundamentada em experimentos realizados com concretos convencionais, é preferível manter os concretos com resistências acima de 40 MPa em uma classe diferenciada, de maneira a alertar o projetista da necessidade de ajustes nas equações existentes.

Portanto, CAD é todo concreto com resistência característica à compressão a partir de f_{ck} 40 MPa, que segue um rigoroso controle de qualidade, constituído de água, cimento, agregado miúdo (areia natural ou artificial), agregado graúdo (calcário, granito, basalto, dolerito, diabase, e seixos arolados), aditivos químicos (superplastificantes), aditivos minerais (sílica ativa, cinzas volantes, pozolanas naturais, cinzas de casca de arroz e metacálcio), sendo a dosagem desses materiais o que define as características diferenciadas desse tipo de concreto (WATANABE, 2008, p.6-12).

A proporção desses materiais é estabelecida da seguinte maneira: maior utilização de cimento, baixa relação água/cimento, utilização de aditivos químicos redutores de água e

adições minerais unida à relação agregado miúdo e agregado graúdo, que possibilitem um concreto durável, resistente, impermeável e de fácil trabalhabilidade.

Segue receita de traço para caracterizado como CAD sugerido por Serra e citado por WATANABE (2008):

- 400 kg < cimento < 500 kg;
- 650 kg < agregado miúdo < 750 kg;
- 1000 kg < agregado graúdo < 1100 kg;
- 1% < superfluidificantes < 2% (do peso do cimento);
- 120 kg < água < 160 kg;
- 7 % < sílica ativa < 15 % (peso do cimento) (SERRA apud WATANABE, 2008, p.14).

As quantidades dos materiais especificadas acima são para produção de 1m³ de Concreto de Alto desempenho e sobre a dosagem ele explica o que segue:

Nota-se assim, que a relação a/c fica entre 0,24 e 0,40, podendo, entretanto, atingir valores ainda menores. Embora a proporção de sílica ativa no traço do concreto possa atingir a sua eficiência máxima entre 20% e 25% sobre o peso do cimento, considerações econômicas mantêm essa proporção em torno de 10% na prática (SERRA apud WATANABE, 2008, p.15).

O traço varia de acordo com as necessidades de cada obra, podendo haver variações de materiais e quantidades, “infelizmente, não existe para o CAD um único método de dosagem de ampla e geral aceitação” (GUIMARÃES, 2002, p.35).

Por ser um material de alta resistência, o Concreto de Alto Desempenho é mais utilizado em grandes obras como: prédios, pontes, viadutos e pavimentos, sendo um exemplo de sua utilização no Brasil o e-Tower, um edifício comercial de alto padrão com mais de 162 metros de altura, com 42 andares, totalizando 52.000 m² de área construída. Nesta estrutura foi utilizado o traço médio projetado de Fck 80 MPa com adição de pigmento na cor terracota, porém resultados em laboratório confirmaram resistência média de 125 MPa, o que atendeu às necessidades de redução do número e a dimensão de pilares com o intuito de ganho de área útil e produtividade da obra (SILVA, 2003, p.32-40).

Segundo Silva (2003, p. 41-44) o manejo do CAD desde sua elaboração em usina até a cura (conjunto de ações tomadas para manter a umidade e temperaturas adequadas para permitir a hidratação do cimento) deve seguir um rigoroso tratamento para evitar que as propriedades especificadas no traço sejam perdidas.

[...] se não for o fator principal para alcançar as condições de resistência e qualidade do concreto, está entre eles, pois é a cura que vai favorecer a hidratação do cimento, e conseqüentemente o aumento das resistências do concreto. A cura evita o processo de fissuração por retratação de secagem e autógena e proporciona ao concreto maior durabilidade. Para o sucesso das resistências desejadas seja alcançado, a cura deve ser feita de forma intensa nas primeiras 72 horas, devendo permanecer até 28 dias, que é o período principal de ganho de resistência de concretos [...] No caso do e-Tower, a cura foi realizada pela manutenção das formas por 72 horas e molhagem constante das mesmas (SILVA, 2003, p.44-45).

Todo processo para garantir um concreto dentro das normas da NBR e dos padrões estabelecidos pelo engenheiro responsável pela obra são para garantir a resistência e durabilidade do Concreto que determina a qualidade do produto final, sendo ele uma casa, uma ponte ou um prédio.

2. RESISTÊNCIA E DURABILIDADE DO CONCRETO

A resistência à compressão do concreto é determinada através do Ensaio de Moldagem e Ruptura, em corpos de prova cilíndricos (15x30 cm ou 10x20 cm) regido pelas normas de moldagem (NBR 5738) e ruptura (NBR 5739) (SILVA, 2003, p.27).

De acordo com o acompanhamento de um teste resistência à compressão, assistido no Laboratório da empresa Concreto MCC e executado pelo Laboratorista Orlando Plinio Feliciano Junior, o corpo de prova moldado em concreto é adensado manualmente ou por vibradores devendo descansar por 24 horas, e ser armazenado em uma câmara úmida ou submerso durante 28 dias (cura). Após esse período o corpo de prova já retificado passa pelo teste de resistência à compressão que determina o Mpa alcançado pelo concreto no estado endurecido.

Seguem a seguir imagens do Ensaio de Moldagem e Ruptura³:

³ Fotografado pela autora durante Ensaio de Ruptura e Moldagem, realizado na empresa Concreto MCC, no dia 03 de maio de 2014.



Fonte: autoria própria

A durabilidade e a resistência do concreto dependem de sua porosidade determinada pela adição de materiais superplastificantes e minerais. “Portanto se a porosidade for reduzida e o concreto bem compacto, tanto a resistência quanto à durabilidade devem aumentar” (SILVA, 2003, p.30).

A menor porosidade e permeabilidade são as principais diferenças entre o Concreto Comum e o Concreto de Alto Desempenho e o que ocasiona o conseqüente aumento de resistência do CAD não somente à compressão, mas também a agentes agressivos do concreto.

3. CONCRETO COMUM (CC) X CONCRETO DE ALTO DESEMPENHO (CAD)

Para avaliar as vantagens da utilização do Concreto de Alto Desempenho em relação ao Concreto Comum utilizaremos como parâmetro a análise de dois estudos citados por Watanabe.

Um deles, elaborado em 1990, comparou o Concreto Comum de 21 MPa e o CAD 60 MPa, em um edifício de 15 pavimentos na cidade de Porto Alegre-RS e chegou aos seguintes resultados:

No estudo, considerando-se o concreto, as armaduras e as formas, (inclusive a mão-de-obra), se comparou, também, o uso do CAD só nos pilares e na estrutura como um todo. Com estas comparações chegou-se à conclusão de que a aplicação do CAD naquele caso possibilitou reduções de custos. O estudo chega a uma economia de 12% no custo da estrutura com o uso de CAD em todas as peças estruturais e uma economia de 11,5% com a aplicação de CAD somente nos pilares (WATANABE, 2008, p.18).

Este primeiro estudo já demonstra um resultado significativo de economia na utilização no CAD e após apresentação do segundo estudo será possível estabelecer uma média final.

O segundo estudo foi desenvolvido por FERREIRA et al. (2001) com análises comparativas citadas por WATANABE (2008), utilizando o Concreto Convencional (Concreto Comum) de 30 MPa, o CAD de 45 MPa e o CAD 60 MPa, na estrutura de um edifício de 33 pavimentos em Belém-PA:

Quanto aos custos, o estudo concluiu, a partir dos volumes de concreto, dos pesos de aço, das formas e das cargas nas fundações, que existiu uma economia de 6,7% com o uso do CAD nos pilares e de 10,37% do uso de CAD nos pilares, vigas e lajes, comparando com a estrutura em concreto convencional (WATANABE, 2008, p.18-19).

Ambos os estudos citados por Watanabe indicam o CAD como uma opção viável economicamente na construção civil, confirmando que o preço elevado do $1m^3$ do CAD não determina um maior custo da obra, e sim pode reduzir em média 10% desse orçamento por seus benefícios e vantagens.

“Muitos estudos já foram feitos a respeito da viabilidade da aplicação dos CAD em edifícios altos”, e já se sabe que “o custo unitário deste material seja bastante superior ao dos concretos convencionais”, a partir desta constatação ficou difícil difundir a utilização do CAD que por resistência mecânica “possibilita aos projetistas de estruturas reduzir o consumo de concreto aplicado e mais significativamente reduzir o peso de aço necessário para os pilares”. (WATANABE, 2008, p.17-18).

Abaixo seguem dados fornecidos através de orçamento realizado nas usinas de concreto de Marília/SP, Muriam Concreto Ltda e Engemix para se estabelecer um comparativo do valor de venda do CC e do CAD:

TIPO DE CONCRETO	Fck 20 Mpa	Fck 40 Mpa	Fck 60 Mpa	Fck 80 Mpa
PREÇO (R\$) $1m^3$	R\$ 250,00	R\$ 315,00	R\$ 380,00	R\$ 445,00

Através dos dados acima mencionados é possível verificar um aumento de 26% (R\$ 65,00) do preço do concreto comum Fck 20 Mpa com relação ao concreto de alto desempenho Fck 40 Mpa que possui o dobro da resistência do Fck 20 Mpa, o que desfaz a mística de que o preço do 1m^3 do CAD seria muito elevado.

Considera-se ainda que o CAD é um concreto bombeável, o que determina uma menor concentração de funcionários para a aplicação do concreto na área desejada, somado a isso, a alta resistência, e a durabilidade do material aplicado, podemos concluir a superioridade do CAD em relação ao concreto comum, o que mitiga o custo empregado em sua utilização.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O tema do nosso artigo foi o Concreto de Alto Desempenho, e a partir dele desenvolvemos uma análise comparativa entre o mundialmente utilizado Concreto Comum e o resultado do avanço tecnológico o CAD.

Conforme estudos realizados, o 1º sendo um edifício com 15 pavimentos em Porto Alegre-RS e o 2º de um edifício de 33 pavimentos em Belém-PA, chegamos a média de 10% na redução de custos, com a utilização do CAD

O problema de pesquisa foi respondido confirmando que o custo do Concreto de Alto Desempenho (exemplo: Fck 40 MPa com acréscimo de 26% do preço em relação ao concreto comum, para obtenção do dobro de resistência) não pode ser um fator que impeça o empreendedor de optar por um concreto que, ao final do investimento, garanta um projeto seguro, durável, que empregará baixo custo de manutenção e maior aproveitamento do espaço físico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Ivan Ramalho. **Exemplos de Utilização de Concreto de Alto Desempenho no Exterior e no Brasil**. Trabalho publicado nos Anais do Seminário sobre Concreto de Alto Desempenho. Universidade Federal Fluminense. Rio de Janeiro, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8953: **Concretos para fins estruturais – Classificação por grupos de resistência**. Rio de Janeiro, 1992.

GUIMARAES, Jaqueline Passamani Zubelli. **Estudo experimental das propriedades do Concreto de Alto Desempenho**. Dissertação de Mestrado - PUC. Rio de Janeiro, 2002.

MIGUEL, Eduardo Rebello. **Concreto de Alto Desempenho**. Conclusão do Curso de Engenharia Civil com ênfase Ambiental. Universidade Anhembi Morumbi. São Paulo, 2003.

MORESI, Eduardo. **Metodologia da Pesquisa**. Pós Graduação Stricto Sensu em Gestão do Conhecimento e Tecnologia da Informação - PRPG. UCB. Brasília, 2003.

SILVA, Alexandre Leandro da. **Concreto de Alto Desempenho (CAD) – Estudo de Caso: Edifício e-Tower**. Conclusão do Curso de Engenharia Civil com ênfase Ambiental Universidade Anhembi Morumbi. São Paulo, 2003.

WATANABE, Paula Sumie. **Concretos Especiais – Propriedades, materiais e aplicações**. Relatório Final de Pesquisa da Bolsa de Iniciação Científica FAPESP. Faculdade de Engenharia - Unesp – Campus de Bauru/SP, 2008.