

## **ESTUDO COMPARATIVO DA RESISTÊNCIA DO CONCRETO OBTIDO COM DIFERENTES AGREGADOS GRAÚDOS: BRITA E SEIXO ROLADO**

**Aellington ARAÚJO (1); Othon Junior (2)**

(1) CEFET-MG, Rua Deputado Ribeiro de Rezende, 508, Centro Tel.: (35)3214-1611, fax (35)3214-1611, e-mail:

[aellington@varginha.cefetmg.br](mailto:aellington@varginha.cefetmg.br)

(2) ETF - Palmas, E-mail: [othon\\_diogo@yahoo.com.br](mailto:othon_diogo@yahoo.com.br)

### **RESUMO**

O tipo de agregado gráudo utilizado, na obtenção de concretos, exerce grande influência no resultado final, especialmente quando a alta resistência mecânica é a característica mais desejada. Isso se deve ao fato de que nesses concretos, a ruptura ocorre na rocha e não na interface agregado / pasta, como no concreto comum. Desta forma, a resistência máxima que o concreto pode atingir depende da resistência máxima do agregado. A utilização de seixo rolado tem outro agravante a mais, pois o mesmo possui superfície lisa, devido à ação polidora dos siltes quando transportados nos fundos dos rios, resultando numa aderência pasta/agregado que pode impossibilitar a sua utilização para a obtenção de concreto com resistências elevadas. A resistência neste estudo variou entre 20 MPa e 50MPa. Como método de dosagem, foi utilizado o método IPT/EPUSP. Por meio deste método, determinou-se um teor ideal de argamassa, que serviu de base para a elaboração de traços ricos, normais e pobres, que, por sua vez, auxiliaram na construção dos diagramas de dosagem para cada uma das diferentes faixas de resistência do concreto. Este trabalho tem por finalidade realizar um estudo comparativo do comportamento, quanto à resistência à compressão do concreto, utilizando diferentes agregados gráudos.

**Palavras-chave:** concreto, brita, seixo rolado.

## **1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVAS**

No estado do Tocantins a proporção da obtenção de seixo rolado em comparação com a brita (calcária e granítica, principalmente) é muito grande, porém, o seu uso em obras de grande porte é bastante restrito ou totalmente descartado. Isto se dá pela possível reatividade do seixo com os álcalis do cimento Portland, entretanto, muitas vezes este material é rejeitado por falta de conhecimento das suas características físicas e mecânicas FERREIRA & RIBEIRO (2006).

Os seixos possuem superfície lisa devido à ação polidora das partículas de silte e areia, e também podem estar cobertos por uma fina camada de argila ou silte, o que pode resultar em um aumento na demanda de água e em uma redução na aderência entre os agregados e pasta no concreto endurecido o que provocará uma ruptura prematura AITCIN (2000). Para NEVILLE (1997), o seixo é satisfatório quanto à forma arredondada de partículas e pode ser usado em concretos de alta resistência, mas a aderência agregado – matriz pode não ser adequada com textura superficial muito lisa. O seixo rolado, pode ser também encontrado na forma britada.

A otimização do concreto como material de construção vem sendo estudada através da redução dos custos de produção, obtida com o estudo de métodos de dosagem de concretos, ou seja, definição de traços; através da fabricação de concretos diferentes do produto tradicional (por exemplo, pela fabricação de cimentos diversos através da adição de resíduos industriais, tais como: cinza volante, escória de alto forno, etc.); pela utilização de produtos que conferem melhoria de alguma propriedade do concreto (pela utilização de aditivos, como superplastificantes, plastificantes, aceleradores, retardadores, etc.) ou pela adição de pozolanas fortes que atuam com o hidróxido de cálcio produzido nas reações de hidratação do cimento e atuam como microfiller (material inerte muito fino), aumentando as resistências do material.

Os métodos de dosagem têm por finalidade determinar uma combinação adequada e econômica dos constituintes do concreto, que possa ser usada para a primeira mistura experimental com vistas a produzir um concreto que possa estar próximo daquele que consiga um bom equilíbrio entre as várias propriedades desejadas, ao menor custo possível. Desta forma, será sempre difícil obter um método teórico de dosagem que seja adequado ao uso de todos os cimentos, agregados, aditivos etc. O método de dosagem a ser adotado aqui nessa pesquisa será o indicado por HELENE & TERZIAN (1993).

As variáveis que interferem na determinação das resistências são inúmeras: tamanho dos corpos de prova, idade do corpo de prova, tipo, forma, e dimensão máxima do agregado, granulometria, relação água/cimento, consistência, velocidade de ensaio, tipo de carregamento, temperatura, condições de cura e umidade do corpo de prova na data do ensaio Aitcin (2000), Neville (1997).

O presente trabalho tem como objetivo estudar o comportamento do concreto quanto a resistência à compressão, com diferentes agregados (seixo rolado, seixo britado e brita) comumente encontrados na região de Palmas no estado do Tocantins.

## **3. PROGRAMA EXPERIMENTAL - MATERIAIS E MÉTODOS**

### **3.1. Materiais Utilizados**

Os materiais adotados na elaboração dos concretos foram os seguintes:

#### **3.1.1 Cimento**

O cimento utilizado na pesquisa foi o “tocantins” tipo CP II Z-32 que é o mais usado na região de Palmas, o mesmo é fornecido a granel, atendendo às prescrições das normas NBR 5732/91 e NBR 11578/91.

#### **3.1.2 Água**

A Água potável utilizada na produção dos concretos foi a fornecida pela rede de abastecimento público da cidade de Palmas.

### 3.1.3 Agregados graúdos

Os agregados graúdos utilizados foram a brita, seixo rolado e seixo britado, facilmente encontrada nas proximidades da cidade de Palmas com diâmetro máximo de 9,5 mm.

### 3.1.4 Agregados miúdos

O agregado miúdo utilizado foi areia quartzosa. O agregado apresentou módulo de finura igual a 2,81, dentro do recomendável levando-se em consideração a elevada dosagem de finos provenientes do cimento. O diâmetro máximo da areia foi de 4,8 mm. A massa unitária igual à 1,45 g/cm<sup>3</sup> e específica real igual a 2,65 g/cm<sup>3</sup>.

## 3.2. Produção do Concreto

### 3.2.1 Mistura

O procedimento adotado para a mistura dos materiais foi o de introduzir na betoneira estacionária primeiramente os agregados graúdo e miúdo, em seguida, parte da água de amassamento, por fim, o cimento e o restante da água. A figura 01 mostra a mistura referente à primeira parte dos materiais.



**Figura 01 – Mistura dos materiais.**

### 3.2.2 Abatimento

O índice de consistência do concreto foi determinado através do ensaio de abatimento do tronco de cone (Slump Test) de acordo com o método de ensaio NBR NM-67/98. As figuras abaixo mostram o detalhe do ensaio de abatimento do tronco de cone.



**Figura 02 – Slump Test.**

### 3.2.3 Moldagem dos corpos-de-prova

Os corpos de provas (CP's) foram moldados conforme a norma NBR-5738/94. A figura 03 mostra o detalhe da moldagem dos corpos de provas.



**Figura 03 – Moldagem dos corpos de prova.**

### 3.2.4 Cura

Decorridas 24 horas após a moldagem dos CP's, estes foram para a câmara úmida até o momento do transporte para regularização da superfície das extremidades. Geralmente isso ocorreu 24 horas antes da realização do ensaio de resistência à compressão. A figura 04 mostra o detalhe da câmara úmida para o processo de cura do concreto.



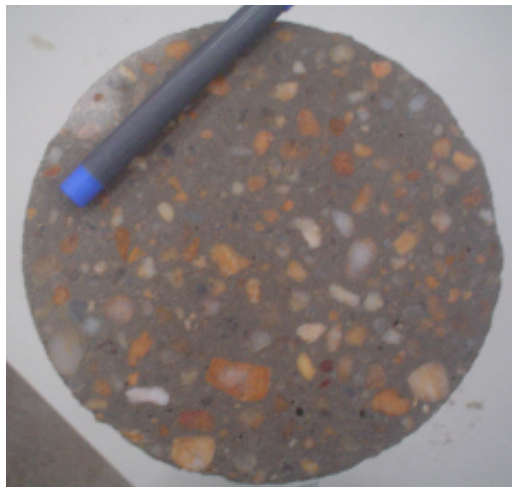
**Figura 04 – Detalhe da câmara úmida.**

### **3.3. Regularização da superfície**

Os CP's de 100 x 200mm, utilizados para resistência à compressão tiveram suas extremidades regularizadas por meio de uma máquina de corte, conforme mostrada na figura 05. A figura 06 mostra o detalhe da superfície de regularização de um corpo de prova.



**Figura 05 – Regularização da superfície dos corpos de prova.**



**Figura 06 – Superfície dos corpos de prova após a regularização.**

### 3.4. Resistência à compressão

Os ensaios foram realizados em uma prensa hidráulica de acionamento elétrico para ensaio de concreto, modelo PC200C-EMIC, capacidade máxima de 2000 kN. A leitura, processamento e controle de dados foi feita por meio de computador. Os procedimentos de ensaio foram baseados na NBR-5739/94: Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos, sendo a carga máxima o parâmetro utilizado para o controle da qualidade do concreto.

A avaliação das propriedades mecânicas dos concretos foi realizada através da verificação da resistência à compressão axial. A cada traço correspondeu um exemplar composto de 09 (nove) corpos de prova cilíndricos de 10x20 cm, onde foram ensaiados 03 (três) exemplares para cada a resistência à compressão axial. No caso do seixo rolado aos 7, 14 e aos 28 dias de idade e para seixo britado e a brita aos 07 dias de idade. A figura 07 mostra a prensa hidráulica para realização do ensaio de resistência à compressão dos corpos de prova de concreto.



Figura 07 – Ensaio de resistência à compressão de um corpo de prova de concreto.

### 3.5. Método de Dosagem

Para a dosagem experimental foi seguido o procedimento indicado por HELENE & TERZIAN (1993), o qual leva ao diagrama de dosagem do concreto confeccionado com os materiais acima especificados. Este método de dosagem parte de uma mistura experimental no traço 1:5 (cimento: agregados secos) que serve como base para confeccionar outras duas misturas definidas como traço 1: 3,5 (traço chamado de rico) e 1 : 6,5 (traço chamado de pobre). Iniciou-se o teste com um teor de argamassa de 40 % e foram acrescentados cimento e areia para aumentar o teor até quando foi encontrado a quantidade de argamassa ideal para a mistura, como também a quantidade ideal de água para o slump test, onde foi adotado para tal abatimento de  $60 \pm 10$  mm. O teor ideal de argamassa é determinado através de observações práticas. Para cada acréscimo de areia, cimento e, se necessário, água, deve-se fazer a conferência do abatimento (slump test) e consistência da mistura. O teor de argamassa ideal ficou em torno de 50%.

## 4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para cada traço e idade foram moldados três corpos-de-prova. Os resultados apresentados tratam-se da média aritmética destes valores e para fins de análise, não foi utilizado nenhum critério de exclusão de valor. A tabela 1 apresenta os valores médios das resistências à compressão dos concretos produzidos com seixo rolado para os 07, 14 e 28 dias de idade. Já, a tabela 2 apresenta os valores médios das resistências à compressão para concretos produzidos com seixo rolado, seixo britado e brita aos 07 dias de idade.



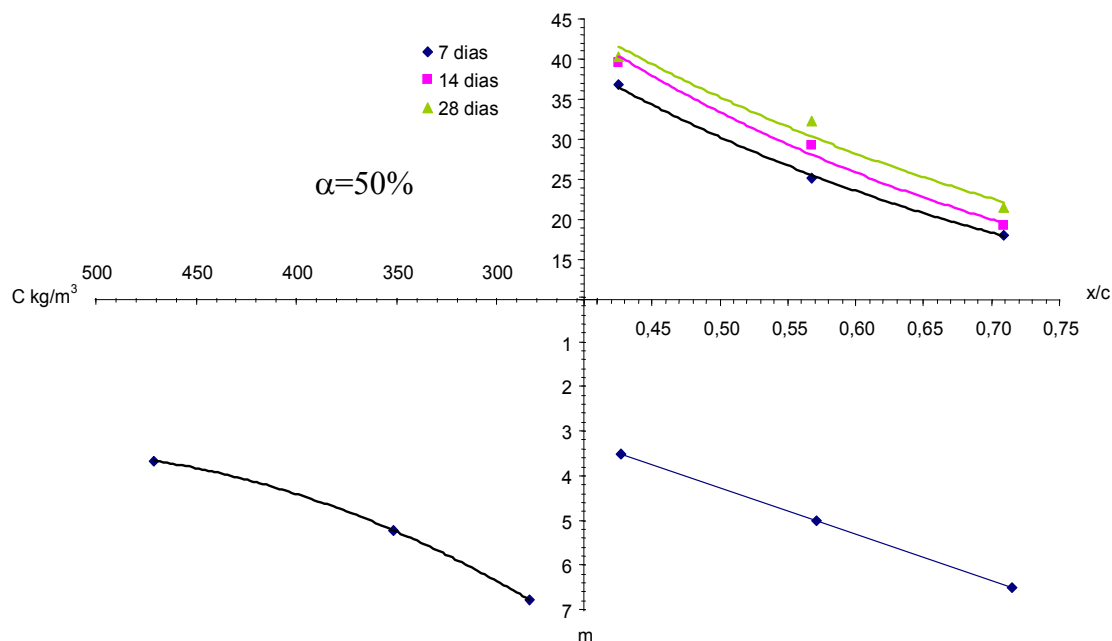
**Tabela 1 - Resistência média à compressão do concreto com seixo rolado (MPa).**

Traço	Consumo (kg/m <sup>3</sup> )	x/c	Idade		
			7	14	28
Rico (1:3,5)	471,0	0,42	36,8	39,6	40,3
Normal (1:5,0)	351,7	0,55	25,1	29,2	32,3
Pobre (1:6,5)	283,8	0,71	18,1	19,2	21,5

**Tabela 2 – Comparação entre concretos com brita, seixo rolado e seixo britado (MPa) aos 07 dias.**

Traço	Tipo de agregado		
	Brita	Seixo rolado	Seixo britado
Rico (1:3,5)	40,5	36,8	35,3
Normal (1:5,0)	26,7	25,1	24,2
Pobre (1:6,5)	19,0	18,1	17,5

Analisando os resultados percebe-se que todos os concretos apresentaram evolução de resistência à compressão ao longo do tempo, mas esta evolução não foi constante para todos os traços. A seguir são apresentados os gráficos que correlacionam a resistência (MPa), fator água/cimento (x/c), traço em massa seca e consumo de cimento por metro cúbico (figura 08). A construção destas correlações dá origem ao chamado Diagrama de Dosagem, que é válido somente para os mesmos materiais utilizados e mesmo teor de argamassa, no caso de 50%. Uma análise mais detalhada sobre o estudo do concreto obtido com o seixo rolado é apresentado em Araújo et (2006).



**Figura 08 – Diagrama de Dosagem para o concreto com seixo rolado.**

A figura 09 mostra a comparação da resistência à compressão para concretos produzidos com diferentes agregados graúdos, no caso específico o seixo rolado, seixo britado e brita. Observa-se que, a diferença da resistência à compressão para o concreto produzido com a brita em relação ao concreto produzido com seixo rolado e o seixo britado aumenta com o decréscimo da relação água/cimento. Os concretos que tiveram

como agregados graúdos a brita apresentaram ganhos de resistência de 3,4% para relação água/ cimento em torno de 0,7 e de 10,0% para a relação em torno de 0,42 em comparação ao concreto produzido com o seixo rolado.

Os resultados da resistência à compressão para os concretos produzidos com o seixo rolado e seixo britado tiveram pequenas diferenças. Entretanto, esperava-se que os concretos com seixo britado apresentassem resistências maiores que os concretos produzidos com seixo rolado, porém, este comportamento não foi observado na figura 09. Tal comportamento pode ser atribuído ao processo de produção do seixo britado. O processo de britamento do seixo rolado pode ter provocado microfissuras no agregado e desta forma afetou a resistência do mesmo.

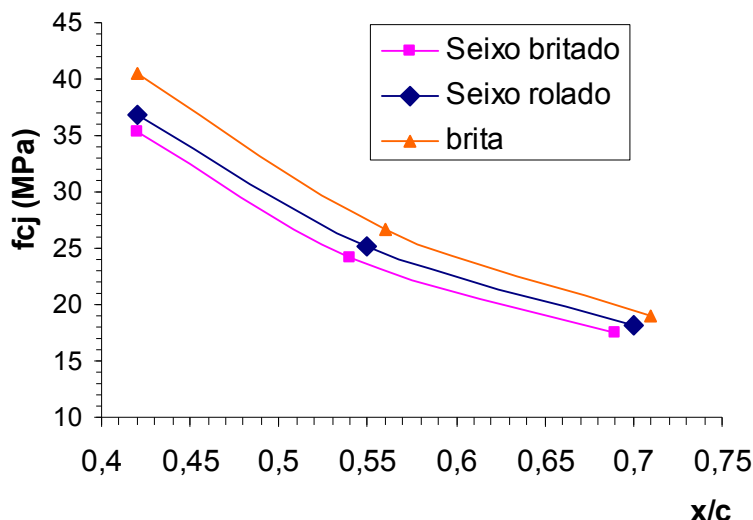


Figura 09 – Comparação entre concretos com seixo rolado, seixo britado e brita

## 5. CONCLUSÕES

A seguir serão apresentadas algumas conclusões deste trabalho:

- Com o decréscimo da relação água /cimento a resistência do concreto produzido com a brita aumentou a diferença com relação ao concreto produzido com o seixo rolado. Isto provavelmente ocorreu devido à ação polidora dos siltes quando transportados nos fundos dos rios, resultando numa aderência pasta/agregado menor.
- O uso do seixo britado como alternativa ao seixo rolado apresentou resultados fora do esperado. A resistência obtida com o seixo britado foi inferior a resistência obtida como o seixo rolado, isto ocorreu, provavelmente pelo processo de britamento do seixo rolado. A representatividade destes resultados devem ser firmada através da execução de novas pesquisas que apresentem resultados que possam complementar e confirmar os obtidos neste estudo, uma vez que o tempo foi limitante para este trabalho.
- Dos ensaios realizados observou-se uma boa distribuição dos valores obtidos em torno da média, apesar de algumas imperfeições observadas nas superfícies dos corpos de provas com a regularização das extremidades das mesmas.
- Pelos resultados obtidos pode-se verificar que é possível obter traços de concreto cuja resistência característica à compressão ( $f_{cj}$ ) seja da ordem de 40,0 MPa aos 28 dias com os materiais cimento e agregados usualmente empregados na região de Palmas (no caso particular o seixo rolado).



- Se faz necessário novos estudos com o objetivo de avaliar o comportamentos tomando outros parâmetros como referencia como: idade do concreto, módulo de elasticidade, bem como do emprego de outros tipos de cimento (como o CP V – ARI.) e da avaliação do custo x benefício para aplicação em prédios residências e comerciais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AÏTCIN, P. C. **Concreto de alto desempenho**. Tradução de Geraldo G. Serra. São Paulo, PINI, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738 – Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos e prismáticos de concreto**. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739 – Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos de concreto**. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 67 – Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211: Agregados para concreto**. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR – 9776: Agregados – Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman**. Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR – 7251: Agregados em estado solto - Determinação da massa unitária**. Rio de Janeiro, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5732 - Cimento Portland comum**. Rio de Janeiro, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11578 - Cimento Portland composto** . Rio de Janeiro, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7217 - Agregados - Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro, 2003.

ARAÚJO, F. A., JUNIOR, O. D. A., MARTINS, F. L. e COSTA P. H. B. **Obtenção de concreto de alta desempenho com materiais da região de Palmas**. I CONNEPI. Natal. 2006.

FERREIRA, S. J. V. e RIBEIRO, F. H. M. **viabilidade técnica para produção do concreto de alta resistência com os agregados disponíveis no estado do Tocantins**. ANAIS DO 48º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO - CBC2006. Rio de Janeiro. Setembro/2006.

HELENE, Paulo; TERZIAN, Paulo. **Manual de dosagem e controle do concreto**. São Paulo: Pini, 1993.

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

NEVILLE, M. Adam. **Propriedades do concreto**. Sao Paulo, PINI, 1997.

## AGRADECIMENTOS

Nossos sinceros agradecimentos ao ETF-Palmas, onde foi disponibilizado o Laboratório de Materiais e Estruturas para a realização de todos os ensaios desta pesquisa.