

Caracterização e aplicação de agregado miúdo britado em concreto de cimento Portland

*Characterization and application of fine aggregate crushed into Portland
cement concrete*

Guilherme César Martins de Moraes

Graduando do curso de Engenharia Civil (UNIPAM).

E-mail: guilhermemartins7777@gmail.com.br

Douglas Ribeiro Oliveira

Graduando do curso de Engenharia Civil (UNIPAM).

E-mail: douglasro@unipam.edu.br

Humberto Ritt

Professor orientador (UNIPAM).

E-mail: ritt@unipam.edu.br

Resumo: A retirada de areia do leito de rios é um problema que faz profissionais do concreto buscarem alternativas para a substituição da areia no concreto estrutural. Neste trabalho, é avaliada a possibilidade de substituir a areia natural por areia de britagem de rochas calcárias. O projeto baseia-se em três fases: na primeira, caracteriza os agregados para determinação de índices e propriedades; na segunda, a execução de corpos de prova com um traço específico e realização do teste de abatimento de cone (*slump test*); e, na terceira etapa, para comprovar a eficiência da areia, foram desenvolvidos os rompimentos dos corpos de prova e determinação do módulo de elasticidade. As propriedades da areia de britagem são diferentes com relação à areia natural. Apesar das diferenças encontradas nas propriedades das areias, foi comprovado que as areias de britagem estudadas apresentam propriedades que permitem a sua utilização em concreto estrutural de cimento Portland.

Palavras-chave: Areia de britagem. Agregados. Concreto estrutural.

Abstract: The removal of sand from the river bed is an issue that causes concrete professionals search for alternatives to sand replacement in structural concrete. This paper evaluates the possibility of replacing the natural sand by sand crushing limestone. The project is based on three phases: in the first phase, it characterizes aggregates to determine rates and properties; the second one, there is an execution of test specimens with a specific trait and conducting of the cone reduction test (*slump test*); and in the third stage, to prove the efficiency sand, disruptions of test specimens and determination of elastic modulus were developed. The properties of crushed sand are different from the natural sand. Despite the differences in the properties of the sand, it was confirmed that the crushing sand studied have properties which allow their use in structural Portland cement concrete.

Keywords: Crushed sand. Aggregates. Structural concrete.

1 INTRODUÇÃO

Desde o início do mundo, vemos uma dependência do homem dos recursos minerais. De início, as pedras mantinham seus aspectos inerentes, sendo alterados posteriormente, fazendo o uso como instrumentos bélicos e produzindo fogo mediante atrito.

Na construção civil, a pedra sempre foi largamente utilizada. A evolução das construções e a descoberta do cimento Portland possibilitaram a criação de uma pedra artificial, denominada concreto, que, além de substituir em resistência à compressão às pedras robustas e maciças utilizadas anteriormente, são mais leves em seu aspecto geral.

Segundo dados da ABCP (2002), o concreto de cimento Portland é o segundo produto mais consumido no mundo, sendo seu consumo de 2.700 kg/habitante/ano, visto que a água atinge 11.000 kg/habitante/ano. O concreto de cimento Portland é composto de água, cimento e agregados. De acordo com Mehta & Monteiro (2008), os agregados são responsáveis por 80% do volume do concreto e divididos em duas parcelas, sendo uma espessa, de rochas britadas, e a outra delgada, normalmente de areia de rios.

A eficiência dos agregados está inteiramente relacionada com a eficiência do concreto, sendo relevante a observação dos agregados miúdos, que sofrem com a carência de reservas próximas aos grandes centros consumidores. A exploração é um dos fatores contribuintes e a causa de impactos ambientais (BUEST NETO, 2006).

Na execução dos agregados oriundos da britagem de rochas para a fabricação de agregados para concreto, há formação de resíduos, que passam por determinada peneira durante o processo de apatação por tamanhos. Nesse sentido, uma solução para a diminuição dos problemas relacionados à extração da areia natural é a substituição por esse material gerado. O uso desses rejeitos traz vantagens para o meio ambiente e maior rentabilidade para as empresas fabricantes, visto que o material passa a ser mais bem utilizado, diminuindo as perdas do processo e proporcionando possibilidades para o mercado.

O objetivo deste trabalho é verificar experimentalmente e julgar as características do concreto de cimento Portland na troca integral do agregado miúdo natural por agregado miúdo britado proveniente de rocha calcária e compreender a influência da substituição, observando as propriedades no concreto fresco e endurecido, comparando suas propriedades.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND

O concreto de cimento Portland é o mais considerável material de construção civil e estrutural existente no mercado. Mesmo sendo o mais atual dos materiais de construção de estruturas, se destaca como um dos descobrimentos mais relevantes da história do desenvolvimento da humanidade e sua qualidade de vida.

O concreto é a resultante da mistura de três fases: sólida, líquida e gasosa. Convencionalmente, o concreto é tratado como a mistura dosada cientificamente de minerais inertes, cimento e água que são misturados proporcionalmente em função do material reativo ou aglutinante, o cimento. Comumente, o concreto, enquanto fresco, é tratado como material de duas fases, sólidos e líquidos, porém há sempre um volume de gás em seu interior que figura em forma de bolhas, portanto o material concreto tem três fases, mesmo que uma delas esteja em condições desprezíveis. É bom lembrar que os estudos sobre o concreto compreendem duas partes bastante distintas: o concreto no estado fresco e o concreto no estado sólido. Podemos dizer que em qualquer que seja o estudo, tem-se sempre um material de três fases, pois, além do ar, o maciço terá a umidade mínima limitada pela umidade higroscópica durante sólido.

2.2 CARACTERÍSTICAS DO CONCRETO

O concreto, por se tratar de uma mistura complexa de partículas sólidas, líquidas e gasosas, com diferentes tamanhos e propriedades intrínsecas, é um material com inúmeras propriedades a serem estudadas. Segundo Shehata (2005), as propriedades se dividem em três fases do material em relação ao tempo: a fase de mistura e lançamento, entendida como estado fresco; a fase do concreto em endurecimento, na qual já se perdeu grande parte da trabalhabilidade, ocorre elevação da temperatura e início das reações de hidratação; e a fase do concreto já endurecido em serviço nas estruturas. Ainda segundo Shehata (2005, [s.p]),

trabalhabilidade, plasticidade, retração autógena, tempo de pega inicial e tempo de pega final são alguns exemplos das propriedades do concreto na primeira fase. Resistência do concreto à compressão e à tração, resistência ao desgaste superficial, resistência ao impacto, módulo de elasticidade, porosidade, fluência e retração são outros alguns exemplos de propriedades do concreto na segunda fase.

A plasticidade do concreto na fase fresca é uma das principais características a ser controlada, pois permite o correto lançamento do concreto nas peças e estruturas, de modo a evitar vazios e deixá-lo homogêneo em todo o volume ocupado. A plasticidade, por sua vez, pode ser entendida como o conjunto de uma série de outras características, tais como a quantidade de água, o proporcionamento de agregados e os tempos de pega e endurecimento dos cimentos utilizados.

Um cimento misturado com certa quantidade de água, de modo a obter uma pasta plástica, começa a perder esta plasticidade depois de um certo tempo. O tempo que decorre desde a adição de água até ao início das reações com os compostos de cimento é chamando de tempo de *início de pega*. Este fenômeno de início de pega se evidencia pelo aumento brusco de viscosidade da pasta e pela elevação da temperatura. Convencionou-se denominar *fim de pega* a situação em que a pasta cessa de ser deformável para pequenas cargas e se torna um bloco rígido. A seguir, a massa continua aumentar em coesão e resistência, denominando-se esta *fase de endurecimento*.

A determinação dos tempos de início e fim de pega é importante, pois através deles se tem ideia do tempo disponível para trabalhar, transportar, lançar e adensar argamassas e concretos, bem como transitar sobre eles ou regá-los para execução da cura (SERAFIM; LICETTI, 2012, p.29-30).

2.3 MATERIAIS CONSTITUINTES

2.3.1 Cimento

O cimento Portland, tal como hoje mundialmente conhecido, foi descoberto na Inglaterra por volta do ano de 1824, e sua produção industrial foi iniciada após o ano de 1850. O cimento Portland é um pó fino com propriedades aglomerantes, aglutinantes ou ligantes, que endurece sob ação da água. Depois de endurecido, mesmo que seja novamente submetido à ação da água, o cimento Portland não se decompõe mais (ABCP, 2002). O cimento é o principal elemento dos concretos e é o responsável pela transformação da mistura de materiais que compõem o concreto no produto final desejado.

Na escolha do tipo de cimento a ser aplicado, o importante é a definição das propriedades físicas e químicas desejadas, já que cada tipo de cimento tem uma caracterização especificada por norma que fornecerá ao produto um desempenho apropriado. Os diversos tipos de cimento foram desenvolvidos para atender a uma ampla gama de aplicações nos mais variados ambientes.

2.3.2 Agregado

Os agregados são materiais inertes incorporados à fabricação do concreto, classificados em miúdos e graúdos, dos quais a principal diferença é o tamanho das partículas. Os agregados miúdos, que são objetos deste estudo, são, comumente, areias extraídas de leitos de rios ou areias artificiais oriundas de rochas.

Segundo Petrucci (1993, *apud* STOFFELS, 2014), os agregados miúdos executam uma importante função nas argamassas e concretos, tanto economicamente quanto tecnicamente, e desempenham influência benéfica sobre algumas características importantes, como a retração, o aumento da resistência ao desgaste, entre outros, sem acometer a resistência aos esforços mecânicos. Tal influência se dá pelas características físico-mecânicas que os agregados miúdos apresentam, destacando-se entre elas a composição granulométrica, o índice de material pulverulento, a forma e a textura superficial.

Os agregados graúdos, por sua vez, são frações maiores oriundas da britagem de rochas, que preservam as características físicas da rocha mãe. São utilizados agregados de basalto, granitos, gnaisse, calcário, seixo rolado, arenito, dentre outros, sendo esses usos uma característica regional.

A principal função dos agregados é a incorporação de volume à mistura de concreto de forma a minimizar o consumo de pasta de cimento, porém são tão importantes às dosagens de concreto que merecem atenção exclusiva e estudos

específicos de modo a serem proporcionados corretamente e permitirem misturas de concreto com as propriedades desejadas.

Os agregados são considerados bens minerais de uso social e matérias-primas, brutos ou beneficiados, de emprego imediato na indústria da construção civil ou incorporados a produtos. O termo agregado deriva do fato de a areia e a brita serem utilizadas para a fabricação de produtos artificiais resistentes mediante a mistura com materiais aglomerantes de ativação hidráulica ou com ligantes betuminosos, e desta forma, respectivamente, serem agregados ao cimento para a fabricação do concreto. Também se enquadram nesta definição os materiais granulares rochosos para pavimentos com ou sem adição de elementos ativos, lastro de ferrovias e enrocamentos para proteção à erosão hidráulica (ANEPAC, 2014, [s.p]).

A classificação dos usos de agregados se relaciona, principalmente, ao seu tamanho e granulometria. O consumidor final percebe uma maior fração do uso de agregados quando incorporados ao cimento, e em menores proporções são utilizados em obras civis como ferrovias, muros de gravidade, drenos, filtros e estradas (LA SERNA, 2009).

2.3.3 Água

A água utilizada para o amassamento do concreto deve ser testada em relação às normas concebidas pela ABNT. A ideia de que a água própria para o consumo humano é ideal para a fabricação do concreto é errônea, uma vez que a presença de sais, e outros minerais podem prejudicar as reações de hidratação do cimento. A avaliação da qualidade da água é feita por métodos específicos estabelecidos na ABNT NBR 15900, que trata também dos requisitos de concentração dos sólidos, cloretos, sulfatos e demais substâncias químicas.

2.4 IMPORTÂNCIA DA SUBSTITUIÇÃO DOS AGREGADOS NATURAIS

Brasil (2009) afirma que agregados são as substâncias minerais mais consumidas no mundo e que o consumo tende a aumentar devido ao crescimento das cidades. “Os habitantes de países desenvolvidos consomem enormes quantidades de agregados, mesmo que esses países já tenham sua infraestrutura básica construída, sendo que o consumo se refere a reconstruções e ampliação da oferta de acordo com novas demandas” (BRASIL, 2009, p. 19).

Atualmente, a disponibilidade, o licenciamento, a extração e o transporte dos agregados, principalmente oriundos do leito de rios, vêm se tornando uma problemática constante, para a qual, mediante esse trabalho, se propõe a alternativa de utilização dos rejeitos calcários (bica corrida) da produção de brita. De acordo com Valverde (2001, [s.p]),

a produção de areia e brita para construção civil, até o presente, vem atendendo satisfatoriamente a demanda nacional. Entretanto, a

disponibilidade desses recursos, especialmente aqueles localizados dentro ou no entorno dos grandes aglomerados urbanos do país vem dia a dia declinando em virtude de inadequado planejamento, problemas ambientais, zoneamentos restritivos e usos competitivos do solo. A possibilidade de exploração destes recursos está sendo limitada cada vez mais, tornando-se aleatórias as perspectivas de garantia de suprimento futuro. Até o presente, o preço relativamente baixo destes insumos foi possível devido ao fácil acesso às reservas e, pequenas a moderadas distâncias de transporte. Mas as restrições se tornam cada vez maiores, seja para a obtenção de novas licenças, seja para garantir a atividade das minerações existentes. Em suma, é bem notado o paradoxo existente, ou seja, uma sociedade criando uma demanda cada vez maior de areia e brita e, ao mesmo tempo, impedindo ou restringindo a produção.

As restrições ambientais se dão, pois a atividade extratora impacta profundamente o leito dos rios e lagos, causando assoreamento e danos irreversíveis. Essas restrições acabam exigindo o deslocamento da produção em relação aos centros urbanos, o que leva ao encarecimento do frete do produto, chegando a inviabilizar a aquisição em alguns casos (AREIA, 2012).

É perceptível que os preços e a grande disponibilidade de agregados impedem a sua substituição no concreto por tecnologias ou produtos industrializados, entretanto os rejeitos da britagem de rochas podem ser inseridos como agregados e classificados como tal, e esse trabalho tem por objetivo mostrar a viabilidade da substituição da areia natural por areia oriunda de britagem. Assim, oferece-se uma alternativa à escassez das areias naturais, reduzindo os custos das estruturas de concreto e possibilitando a utilização dos rejeitos calcários para fins nobres na construção civil.

Uma das vantagens apresentadas pela areia artificial é a sua distribuição granulométrica bem homogênea, dada pela britagem por processos mecânicos que garantem grande uniformidade aos grãos. Entretanto, a desvantagem percebida é o formato anguloso e a superfície áspera apresentados, que podem exigir maior consumo de água para obtenção da mesma trabalhabilidade (TEODORO, 2013).

3 METODOLOGIA

3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Sabendo que a finalidade desta pesquisa é avaliar e comparar as características do concreto quando substituído o seu agregado inicial areia natural para um agregado alternativo, a areia de britagem, o método utilizado neste trabalho foi total e essencialmente experimental.

3.2 PROCESSO EXPERIMENTAL

O processo experimental será dividido em estágios para facilitar o procedimento. A primeira etapa constitui na caracterização das areias, tanto a natural, quanto a de britagem. A segunda etapa constata as propriedades do concreto em seu

estado fresco e endurecido, elaborando diagramas de dosagem. Por fim, a terceira etapa consiste em examinar experimentalmente os resultados obtidos e designar o módulo de elasticidade, bem como as resistências características.

3.2.1 Primeira etapa: caracterização dos agregados

Nesta etapa, foram determinadas as propriedades físicas da areia natural e da areia britada. Para determinação das características, foram realizados ensaios para se conhecer a composição granulométrica, módulo de finura, dimensão máxima, massa unitária e volume de vazios, massa específica, teor de material de pulverulento, que são os finos prejudiciais e o inchamento, que determina a variação do volume aparente do agregado em relação à umidade.

Todos os ensaios seguem as indicações da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e Normas do MERCOSUL (NM), conforme especificado na tabela a seguir.

Tabela 1 - Normas utilizadas para caracterização física dos agregados

| | | |
|-------------------|------|--|
| NBR NM 248 | 2003 | Agregados - Determinação da composição granulométrica |
| NBR NM 45 | 2006 | Agregados - Determinação da massa unitária e do volume vazios |
| NBR NM 52 | 2009 | Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente |
| NBR NM 53 | 2009 | Agregado graúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água |
| NBR NM 46 | 2003 | Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 um, por lavagem |
| NBR 6467 | 2009 | Agregados - Determinação do inchamento de agregado miúdo - Método de ensaio |

Fonte: Autoria própria

3.2.2 Segunda etapa: verificação das propriedades do concreto em seu estado fresco e endurecido

Esta etapa teve como objetivo avaliar as características do concreto executado, utilizando a areia natural e a areia de britagem, estabelecendo o equilíbrio dos componentes que constituem o concreto. Na execução dos corpos de prova, todos os concretos seguiram um mesmo traço 1:5 (1:2:3 - cimento: areia: brita) e um mesmo fator água/cimento de 0,6, sendo, também, todos executados com brita nº1 e com o cimento CII E 32. Assim, pode-se controlar a influência direta das características de cada areia sobre as propriedades finais do concreto.

Utilizou-se o cimento Portland CP II - E 32, por ser um cimento largamente utilizado pela construção civil. O agregado graúdo foi de origem calcária, especificamente brita 1, com dimensão máxima característica de 19 mm. O agregado miúdo, principal material do nosso estudo, foi areia natural, proveniente de rios, e

areia de britagem de origem na mesma jazida calcária do agregado graúdo utilizado. Ambos os agregados obedeceram à norma NBR 7211 de requisitos.

A água utilizada foi fornecida pelo órgão responsável pelo abastecimento de água da cidade de Patos de Minas, a COPASA – Companhia de Saneamento de Minas Gerais, utilizada segundo a norma NBR 15900. Após o amassamento do concreto, que foi utilizado também para o controle de resistência, foram realizados ensaios de abatimento de tronco de cone (*slump test*) para determinar a trabalhabilidade das duas amostras produzidas, segundo a norma NBR NM 67 de 1998.

Depois de endurecido, realizaram-se ensaios para a verificação da resistência à compressão axial, segundo a norma NBR 5739 de 1998, e para a determinação do módulo de elasticidade de acordo com a norma NBR 8522 de 2003. Os corpos de prova foram executados de acordo com a NBR 5738 de 2003, de forma a obter 3 corpos de prova ensaiados em cada uma das seguintes idades: 7, 21 e 28 dias.

3.2.3 Terceira etapa: análise experimental dos resultados obtidos

Alcançadas as idades previstas de cura do concreto, ensaiaram-se os corpos de prova, determinando a resistência à compressão axial. Os ensaios foram realizados no Laboratório de Tecnologia de Materiais do Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM, em uma máquina universal, de ensaios de acordo com as instruções da NBR 5739. Após 28 dias, ensaiaram-se os corpos de prova para a determinação do módulo de elasticidade.

4 RESULTADOS OBTIDOS

A partir dos ensaios descritos na metodologia, foi possível verificar os seguintes resultados para caracterização das areias e do agregado graúdo brita nº1 e para o concreto no estado fresco e endurecido, expostos por etapas de acordo com o proposto.

4.1 PRIMEIRA ETAPA: CARACTERIZAÇÃO DOS AGREGADOS

Foi criada uma tabela resumo com todos os resultados dos ensaios normativos, a fim de permitir a comparação direta entre os dois agregados miúdos. Deve-se observar a boa correlação entre todas as características estudadas, exceto o coeficiente de inchamento da areia natural um pouco superior.

Tabela 2 - Caracterização física dos agregados miúdos

| ENSAIO | Areia Calcária | Areia Natural |
|------------------------------------|----------------|---------------|
| Massa específica seca | 2,69 | 2,62 |
| Massa unitária no estado solto | 1490 | 1470 |
| Índice de vazios no estado solto | 45% | 44% |
| Massa unitária estado compactado | 1760 | 1700 |
| Índice de vazios estado compactado | 35% | 35% |
| Granulometria - Argila + Silte | 4,0% | 6,6% |

| | | |
|----------------------------------|-------|-------|
| Granulometria - Areia | 96,0% | 93,4% |
| Granulometria - Pedregulhos | 0,0% | 0,0% |
| Granulometria - Dimensão máxima | 1,18 | 1,18 |
| Granulometria - Módulo de finura | 2,46 | 2,18 |
| Pulverulência | 37,2% | 35,7% |
| Coefficiente de Inchamento | 27,5% | 34,8% |

Fonte: Autoria própria

4.2 PROPRIEDADES DO CONCRETO EM SEU ESTADO FRESCO E ENDURECIDO

Para o concreto em seu estado fresco, seguem os resultados do *slump test*. É possível verificar uma grande diferença na trabalhabilidade dos dois concretos produzidos. A areia de britagem calcária foi possivelmente a causadora da redução da trabalhabilidade, assim como prevê a literatura, que afirma que as causas são o formato e a textura dos grãos.

Tabela 3 - Resultados Slump Test

| Ensaio | Concreto com areia natural | Concreto com areia Britada |
|-------------------|----------------------------|----------------------------|
| <i>SLUMP TEST</i> | 16,5 (cm) | 9,5 (cm) |

Fonte: Autoria própria

Após o endurecimento, é realizado, portanto, o ensaio de resistência por compressão axial, obtendo-se os seguintes resultados para cada idade:

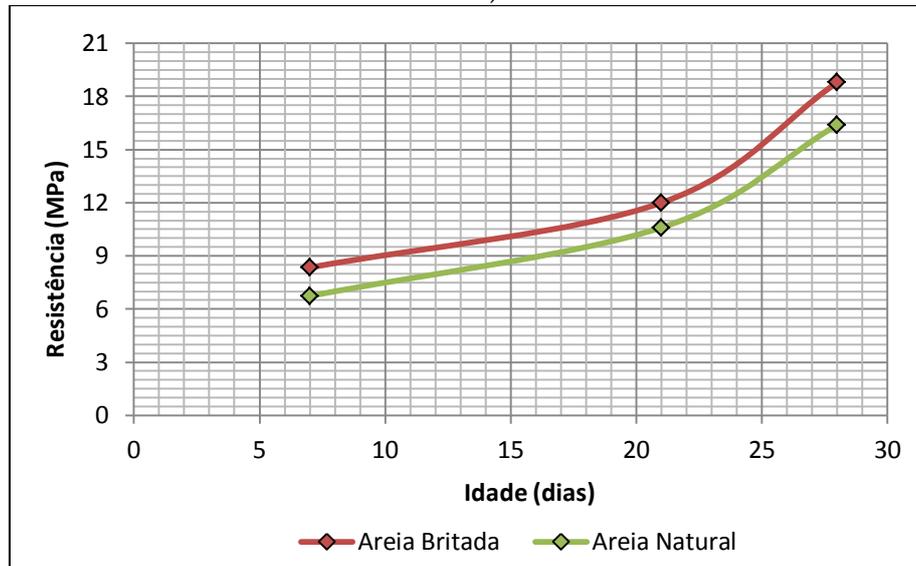
Tabela 4 - Resultados fck x idade

| Curva resistência (Mpa) x idade (dias) | | | |
|--|------|------|------|
| Idade (dias) | 7 | 21 | 28 |
| Areia Britada | 8,34 | 12,0 | 18,8 |
| Areia Natural | 6,73 | 10,6 | 16,4 |

Fonte: Autoria própria

A partir desses dados, foi possível traçar uma curva de resistência à compressão axial por idade dos corpos de prova para verificar a evolução da resistência dos concretos, tanto com areia britada, quanto com areia natural. Observa-se o comportamento semelhante das curvas com resistência superior do concreto produzido com areia de britagem.

Figura 1: Gráfico da evolução da resistência do concreto em função da idade (7, 21 e 28 dias).



Fonte: Autoria própria

Tabela 5 - Módulo de elasticidade - NBR 8522

| Índices | | Areia Natural | Areia Britada |
|---|-----|---------------|---------------|
| Tensão média | MPa | 16,4 | 18,8 |
| E - Previsto ($5600 \cdot \sqrt{f_{ck}}$) | GPa | 22,7 | 24,3 |
| E - calculado | GPa | 26,4 | 33,7 |

Fonte: Autoria própria

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise dos experimentos realizados, é possível concluir:

- A areia britada tem densidades específicas e unitárias superiores à areia natural, o que teoricamente tornaria o concreto mais denso;
- A areia britada é ligeiramente mais grossa que a areia natural;
- A areia britada tem teor de pulverulência acima do teor da areia natural, sendo relevantes no controle do fator água/cimento;
- A areia britada, por ter menor inchamento, exige um controle menor da dosagem feita pelo método volumétrico de concreto virado em obra, não descartando a utilização do agregado miúdo seco;
- A areia natural, devido ao seu formato mais arredondado, tem maior coesão da fração argamassa do concreto, o que resultou em uma melhor trabalhabilidade;
- O módulo elástico superior do concreto com areia britada pode ser explicado devido ao fato desta ser proveniente de rocha calcária e carregar a característica de rigidez inerente do tipo de rocha calcária, que é um pouco superior ao de rochas sedimentares de quartzo;

- As características físicas determinadas para a areia de britagem ficaram dentro dos parâmetros necessários para que possa ser utilizada como agregado miúdo em concreto;
- A resistência à compressão dos corpos de prova executados com areia britada foi um pouco superior, cerca de 14%, em relação à areia natural, o que contraria o exposto por Lodi e Prudêncio Junior (2006), quando afirmam que para se atingir o mesmo nível de resistência à compressão, o concreto com emprego de areia de rocha necessita de um consumo maior de cimento.

REFERÊNCIAS

AREIA de brita avança no mercado. *Revista M&T: Manutenção e Tecnologia*, [s. L.], v. 1, n. 156, p.46-50, abr. 2012. Mensal. Disponível em: <http://www.revistamt.com.br/PDFS/MT_156.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. *Guia básico de utilização do cimento Portland*. 7.ed. São Paulo, 2002, 28p. (BT-106)

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 5738: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova*, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 5739: Concreto - Ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos*, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6467: Agregados - Determinação do inchamento de agregado miúdo - Método de ensaio*, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 7211: Agregados para concreto*, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15900: Água para amassamento do concreto*, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Normas Mercosul. *NBR NM 45: Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios*, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Normas Mercosul. *NBR NM 46: Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 um, por lavagem*, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Normas Mercosul. *NBR NM 52: Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente*, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Normas Mercosul. *NBR NM 53: Agregado graúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água*, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Normas Mercosul. *NBR NM 67: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone*, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Normas Mercosul. *NBR NM 248: Composição Granulométrica dos agregados*, 2003.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS ENTIDADES DE PRODUTORES DE AGREGADOS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL (ANEPAC). *Agregados*. Disponível em: <<http://anepac.org.br/wp/agregados/>>. Acesso em: 20 jan. 2014.

BRASIL. Secretaria de Geologia Mineração e Transformação Mineral. Ministério de Minas e Energia. *Agregados para a construção civil: Perfil de brita para construção civil*. [Brasília]: [s.n.], 2009, 30p. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/1138775/1256650/P22_RT30_Perfil_de_brita_para_construcao_civil.pdf/01c75ac7-ecd2-4d85-a127-3ecddecb2a31>. Acesso em: 08 fev. 2015.

BUEST NETO, Guilherme Teodoro. *Estudo da substituição de agregados miúdos naturais por agregados miúdos britados em concretos de cimento Portland*. 2006. 117 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Programa de Pós-graduação em Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006. Disponível em: <<http://www.prppg.ufpr.br/ppgcc/sites/www.prppg.ufpr.br/ppgcc/files/dissertacoes/d0076.pdf>>. Acesso em: 22 fev. 2015.

LA SERNA, Humberto Almeida de (Brasil). Departamento Nacional de Produção Mineral. *Agregados para a construção civil*. 2009. Colaborador: Márcio Marques Rezende. Disponível em: <<http://anepac.org.br/wp/wp-content/uploads/2011/07/DNPM2009.pdf>>. Acesso em: 24 abr. 2015.

LODI, V. H., PRUDÊNCIO JÚNIOR, L. R. *Viabilidade técnica e econômica do uso de areia de britagem em concretos de cimento Portland na região de Chapecó - SC*. In: Workshop - Desempenho de Sistemas Construtivos, Unochapecó, Chapecó, SC, nov. 2006.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. *Concreto: microestrutura, propriedades e materiais*. São Paulo: IBRACON, 3.ed., 2008, 674p.

SERAFIM, Diego; LICETTI, Juliana do Carmo. *Análise do desempenho de três tipos de cimento no concreto de pós-reativos*. 2012. 53 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia em Concreto, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/772/1/CT_TCC_2012_1_08.PDF>. Acesso em: 21 fev. 2015.

SHEHATA, Ibrahim Abd El Malik. *Propriedades do Concreto*. 2005. Disponível em: <<http://wwww.coc.ufrj.br/~ibrahim/propriedade.htm>>. Acesso em: 18 fev. 2015.

STOFFELS, Eduardo Nogueira. *Estudo sobre a variabilidade da resistência à compressão do concreto usinado*. 2014. 65 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/107527/000940815.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 10 jan. 2015.

TEODORO, Sabrina Bastos. *Avaliação do uso da areia de britagem na composição do concreto estrutural*. 2013. 65 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/engenhariacivil/files/2012/10/TCC-AVALIAÇÃO-DO-USO-DA-AREIA-DE-BRITAGEM-NA-COMPOSIÇÃO-DO-.pdf>>. Acesso em: 03 ago. 2014.

VALVERDE, Fernando Mendes. *Agregados para construção civil: balanço mineral brasileiro*. 2001. Disponível em: <<http://www.simineral.org.br/arquivos/AgregadosparaConstruoCivilFernandoMendesValverde.pdf>>. Acesso em: 17 mar. 2015.