

CARACTERIZAÇÃO DE CONCRETO CONSTITUÍDO DE AGREGADOS MINERAIS PROVENIENTES DE RESÍDUOS GROSSEIROS DE ROCHAS ORNAMENTAIS

CHARACTERIZATION OF CONCRETE MADE WITH DIMENSION STONES RECYCLED AGGREGATES

Bruno Alves Carlete

Aluno de Graduação da Eng. de Minas, 9º período, IFES
Período PIBIC/CETEM: Agosto de 2016 a julho de 2017
BrunoAlvesCarlete@cetem.gov.br

Fábio Conrado De Queiróz

Orientador, Tecn. em Construção Civil, M.Sc.
fqueiroz@cetem.gov.br

Hieres Vettorazzi Da Silva

Coorientador, Geólogo.
hsilva@cetem.gov.br

RESUMO

O objetivo deste estudo é caracterizar tecnologicamente o concreto constituído de agregados de resíduos de rochas ornamentais (Agregados de R.O.) e comparar com concreto comercial. Os agregados constituintes do concreto foram caracterizados quanto à granulometria, massa específica, absorção d'água, resistência ao impacto, resistência à abrasão "Los Angeles", índice de forma, módulo de finura, resistência ao esmagamento, massa unitária e do número de vazios, seguindo normas em vigência. Foi calculado o traço inicial do concreto utilizando o método da Associação Brasileira de Cimento Portland - ABCP para concreto constituído de agregados graúdos de rochas ornamentais e concreto constituído de agregados comerciais. Para ambos os traços se elaboraram misturas dos concretos em betonadas de 15 L cada. Para avaliação dos concretos produzidos foram realizados os ensaios de abatimento de tronco de cone e compressão uniaxial. Os resultados obtidos mostraram que as propriedades analisadas do concreto com agregados de R.O., são as mesmas que as do concreto comercial, porém a realização de ensaios complementares faz-se necessária.

Palavras chave: concreto, sustentabilidade, rocha ornamental, agregados.

ABSTRACT

The objective of this study is to characterize the concrete composed of aggregates of dimensional stones residues (D.S. Aggregates) and compare it with commercial concrete. The constituent aggregates of the concrete were characterized, following standardized methods, by determination of granulometry, specific mass, water absorption, impact strength, Los Angeles abrasion resistance, shape index, fineness modulus, crush strength, unit mass and number of voids. It were prepared 15 L each of two concrete mixtures, using formulation calculus of the Brazilian Association of Portland Cement – ABCP, one with aggregates from crushing dimensional stones coarse wastes and the other one with commercial aggregates. In order to evaluate the concretes produced, the slump and uniaxial compression strength were analysed. The results indicate that the concrete with aggregates of D.S. had the same properties as the commercial concrete, however complementary testing is still necessary.

Keywords: concrete, sustainability, dimensional stones, aggregates.

1. INTRODUÇÃO

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, depois de cinco trimestres em queda, a indústria começa a dar os primeiros sinais de recuperação. Entre o primeiro e o segundo trimestre de 2017, o setor industrial colaborou positivamente para o Produto Interno Bruto (PIB) ao crescer 0,3%. O desempenho positivo foi influenciado por três setores: extrativo mineral (+0,7%), indústria de transformação (estabilidade) e eletricidade (+1,1%).

O governo federal anunciou 55 novos projetos de concessão de terminais portuários, linhas de transmissão, ferrovias e rodovias, com investimentos estimados em R\$ 45 bilhões (Agência Brasil, 2017).

O setor de agregados para construção apresentou em 2014 uma demanda da ordem de 740 milhões de toneladas de brita e areia, praticamente estável em relação ao ano anterior. E novamente uma queda de cerca de 30% em 2015. (ANEPAC, 2017).

Para o período de 2016 a 2019 estima-se uma projeção de um recuo da ordem de 5% em 2016 em relação a 2015, porém deverá retomar o crescimento com um aumento de 3% para 2018 e 7% para 2019, respectivamente. A projeção de crescimento para os próximos anos tem como base os investimentos em infraestrutura anunciados pelo governo federal e o início esperado de reação da economia do Brasil (ANEPAC/Sindipedras-SP, 2017).

Diante de um cenário do crescente consumo de agregados e do aumento de iniciativas sustentáveis na produção dos recursos minerais não renováveis, novas rotas de aproveitamento econômico de resíduos em substituição aos agregados minerais naturais vêm sendo desenvolvidas por institutos de pesquisas, associações e empresas.

Os agregados são definidos como materiais granulares, sem volume definido, de dimensões e propriedades adequadas para uso em obras de engenharia civil. Ocupam de 60 a 80% do volume total do concreto, sendo suas características de grande importância para a qualidade final dos produtos. Têm a função de conferir resistência, durabilidade e trabalhabilidade aos concretos, em suas várias utilizações.

Estima-se que sua produção, em nível mundial, seja responsável por cerca da metade da extração total de recursos do planeta, a cada ano, consumindo grandes quantidades de calcário, argila, areia, brita e combustíveis fósseis (Bittencourt, 2016).

Segundo dados da Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais (ABIROCHAS) a produção brasileira de rochas ornamentais em 2016 foi de 9,3 milhões t. Reproduzindo a mesma tendência de queda apresentada a partir de 2014 (-3,5%) e 2015 (-6,2%), porém com percentual de queda menor que nos dois anos anteriores, o que pode indicar provável recuperação do setor.

Na cadeia produtiva de rochas ornamentais, em torno de 14% do volume dos blocos são transformados em resíduos grosseiros durante sua serragem em chapas. De espessura de 7 a 15 cm, são conhecidos, no meio comercial, como “casqueiros” que devem ser adequadamente dispostos em aterros licenciados até o surgimento de rotas de aproveitamento devidamente comprovadas, atendendo à Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Com o intuito de dar uma destinação aos resíduos gerados pelas empresas de beneficiamento de blocos de rochas, busca-se neste trabalho atestar a possibilidade do uso de agregados de resíduos de rochas ornamentais (Agregados de R.O.).

2. OBJETIVOS

Caracterizar tecnologicamente concreto produzido com agregados provenientes de resíduos grosseiros do desdobramento blocos de rochas ornamentais em chapas.

3. METODOLOGIA

Para a elaboração deste trabalho, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre agregados na construção civil, concreto e suas características e os ensaios de caracterização tecnológica de agregados e concreto, realizados rotineiramente de acordo com as normas técnicas em vigência. A seguir foram realizados os ensaios de caracterização dos agregados de R.O. e do agregado comercial que servirá como base de comparação. As amostras de agregado comercial foram coletadas diretamente nas pilhas de estocagem e levadas para a usina piloto do CETEM/NRES, onde foram homogeneizadas e reduzidas em alíquotas de 25 kg (ABNT NBR NM 27) para a realização dos ensaios de caracterização. As amostras de agregados de R.O. seguiram a mesma metodologia de homogeneização e redução, uma vez que já foram realizados diversos ensaios de caracterização da mesma, na usina piloto do CETEM/NRES em trabalhos anteriores, restando somente os ensaios de esmagamento (ABNT NBR 9938/2013) e determinação da massa unitária e do volume de vazios (ABNT NBR NM 45/2006) a serem realizados. Os ensaios de caracterização tecnológica de agregados selecionados para este estudo foram: Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água – ABNT NBR NM 53; Determinação da composição granulométrica – ABNT NBR NM 248; Determinação da densidade real do agregado miúdo – DNER-ME 084/95; Determinação da resistência ao esmagamento de agregados graúdos – ABNT NBR 9938/2013; Agregados – determinação da massa unitária e do número de vazios – ABNT NBR NM 45/2006;

De posse dos resultados dos ensaios, realizou-se o cálculo dos traços pelo método da ABCP. Os traços foram calculados objetivando um concreto de resistência f_{ck} 30MPa. Foi utilizado cimento Nassau CPIII 40RS com resistência de f_{c28} de 40,0 Mpa, areia de rio com módulo de finura de 3,10 e densidade de 2,60 g/cm³, considerando uma proporção de agregados graúdos de 40% de brita 0 e 60% de brita 1, dimensão máxima característica de 19mm e um abatimento de tronco de cone esperado de 125 mm para efeito de comparação.

Com base nos traços calculados foram elaborados os dois concretos no laboratório da empresa Minerasul indústria e comércio de agregados Ltda.: um comercial, constituído de cimento Nassau, areia de rio, agregado comercial (gnaisse) e água e um segundo substituindo o agregado graúdo da mistura comercial por agregado graúdo de R.O.

Nas misturas elaboradas, realizou-se o ensaio de abatimento de tronco de cone (ABNT NBR NM 67) e, a seguir, a moldagem dos corpos de prova (ABNT NBR 5738) para ambos. Após 24 h os corpos de prova foram desformados e submersos em um tanque com água, com a finalidade de cura. A ruptura dos corpos de prova (ABNT NBR NM 5739) ocorreu após 7, 14 e 28 dias.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nos ensaios de caracterização dos agregados realizados para este estudo estão dispostos na Tabela 1 de acordo com sua norma vigente.

Tabela 1: Resultados dos ensaios.

| Nome | Massa esp. ⁱ (g/cm ³) | Abs. água ⁱ (%) | Dens. real ⁱⁱ (g/cm ³) | Mód. finura ⁱⁱⁱ | Res. Esmag. ^{iv} (%) |
|-------------------|--|----------------------------|---|----------------------------|-------------------------------|
| Agregados de R.O. | 2,70 | 1,13 | 2,73 | 4,5 | 28,02 |
| Gnaisse Comercial | 2,63 | 1,05 | 2,66 | 3,77 | - |

(i) ABNT NBR NM 53; (ii) DNER-ME 084/95; (iii) ABNT NBR NM 248; (iv) ABNT NBR 9938/87.

Os dados obtidos nos ensaios dos agregados de R.O. estão dentro do intervalo recomendado pela norma NBR NM 7211, assim como os agregados considerados aqui como comerciais. Os traços iniciais calculados estão dispostos na Tabela 2.

Os concretos devem ser coesos e viscosos, ou seja, para cada caso, devem permitir ser transportados adequadamente até sua posição final sem apresentar segregação (Helene, 2011).

Observou-se, durante a preparação das misturas, que o concreto constituído de agregados de R.O utilizou exatamente a quantidade de água proposta pelo traço inicial. Para que o concreto comercial obtivesse um abatimento de tronco de cone de 125 mm proposto, foi necessária a adição de 150 ml de água à quantidade inicial calculada.

Tabela 2: Traços iniciais de Concreto método ABCP e betonada de 15L.

| Concreto | | Cimento | Areia | Brita 0 | Brita 1 | Água |
|--------------------|-------------------|---------|-------|---------|---------|--------------|
| Comercial | Traço | 1 | 1,936 | 0,701 | 1,051 | 0,45 |
| | Betonada 15L (Kg) | 6,99 | 13,22 | 4,79 | 7,18 | 3,075 + 0,15 |
| c/Agregado de R.O. | Traço | 1 | 1,883 | 0,741 | 1,165 | 0,45 |
| | Betonada 15L (Kg) | 6,99 | 12,87 | 5,07 | 7,96 | 3,075 |

Os resultados obtidos na ruptura dos corpos de prova estão dispostos na tabela 3.

Tabela 3: Resultados ensaio de compressão uniaxial (ABNT NBR NM 5739).

| Concreto | | | 7 dias | 14 dias | 28 dias |
|--------------------|------------------|--|-----------|-----------|-----------|
| Comercial | Corpo de Prova 1 | | 25,36 MPa | 32,68 MPa | 30,60 MPa |
| | Corpo de Prova 2 | | 25,94 MPa | 30,57 MPa | 41,24 MPa |
| c/Agregado de R.O. | Corpo de Prova 1 | | 29,30 MPa | 33,74 MPa | 34,82 MPa |
| | Corpo de Prova 2 | | 26,48 MPa | 31,95 MPa | 30,15 MPa |

Observa-se que os resultados obtidos após 14 dias já superam o valor estipulado para os 28 dias.

5. CONCLUSÕES

Os concretos foram classificados como classe I de resistência C30, pois apresentaram resistência a compressão de 30Mpa, e classe de consistência S100 com aplicação, segunda a norma, em elementos estruturais, com lançamento convencional do concreto (ABNT NBR 8953).

Os resultados obtidos indicam que o concreto com agregados de R.O., tem resistência semelhante à apresentada pelo concreto comercial com base na resistência à compressão.

Para o uso em elementos estruturais, deverão ser realizados ensaios complementares: ensaios de determinação de absorção, índices de vazios, massa específica e resistência à tração na flexão do concreto. Recomenda-se também investigar outros métodos de dosagem do concreto para possível redução do consumo de cimento, visando um menor custo.

Assim como acontece no setor de agregados convencionais, os agregados de R.O. a cada lote devem ser amostrados e ensaiados em laboratório idôneo de forma a atestar que suas características são compatíveis com o uso pretendido. Um lote de agregados somente deve ser aceito quando cumprir todas as prescrições da NBR 7211.

6. AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CETEM, à Minerasul, ao Jacques, à Núria, ao meu orientador e a meu coorientador, por todo apoio, dicas e esforço. Por fim, agradeço ao CNPq pela bolsa concedida.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT (2001). **NBR NM 27. Agregados – Redução da amostra de campo para ensaios**. Rio de Janeiro. 7p
- _____ (2004). **NBR 10007. Amostragem de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro. 21p
- _____ (2009). **NBR 7211. Agregados para concreto - Especificação**. Rio de Janeiro. 9p
- _____ (2009). **NBR NM 53. Agregado graúdo – Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água**. Rio de Janeiro. 8p
- _____ (2003). **NBR NM 248. Agregados – Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro. 6p
- _____ (2013). **NBR 9938. Determinação da resistência ao esmagamento de agregados graúdos – Método de ensaio**. Rio de Janeiro. 4p
- _____ (2006). **NBR NM 45. Agregados – determinação da massa unitária e do número de vazios**. Rio de Janeiro. 18p
- _____ (2015). **NBR 8953. Concreto para fins estruturais — Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência**. Rio de Janeiro. 7p
- _____ (1998). **NBR NM 67. Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**. Rio de Janeiro. 8p
- _____ (2016). **NBR NM 5738. Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova**. Rio de Janeiro. 6p
- _____ (2007). **NBR NM 5739. Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro. 13p
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS – ABIROCHAS. **Informe 01/2017**. Disponível em: < http://www.ivolution.com.br/mais/fotos/6/17/4062/Informe_01_2017.pdf > Acesso: 01 de junho de 2017.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS ENTIDADES DE PRODUTORES DE AGREGADOS PARA CONSTRUÇÃO – ANEPAC. **Mercado: Perspectivas para o Setor de Agregados**. Disponível em: <<http://www.anepac.org.br/agregados/mercado/item/101-perspectivas-para-o-setor-de-agregados>> Acesso: 13 de abril 2017.
- BITTENCOURT, Túlio N. O futuro do concreto: eficiência e desenvolvimento sustentável em foco **Suplemento Revista Grandes Construções: Universo concreto**. nº 66 - Jan/Fev.2016. Disponível em: < [http://www.grandesconstrucoes.com.br/br/pdfs/SUPLEMENTO _GC_66.pdf](http://www.grandesconstrucoes.com.br/br/pdfs/SUPLEMENTO_GC_66.pdf) > Acesso: 01 de junho de 2017.
- CAMPOS, E.E; FRAZÃO, E.B; CALAES, G.D; HERRMANN, H. Org.: Tannús, M.B.; Carmo, J.C.C; **Agregados para a construção civil no Brasil: contribuições para formulação de políticas públicas**. – Belo Horizonte: CETEC, 2007.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM – DNER (1995). **ME 084/95. Agregado miúdo – Determinação da densidade real**. Rio de Janeiro. 3p.
- IBRAM. **Informações e análises da economia mineral brasileira**. 7. Ed. Brasília, DF, 2012. 68 p.
- HELENE, Paulo; TUTIKIAN, Bernardo F., **Concreto: Ciência e Tecnologia – cap.12 Dosagem dos Concretos de Cimento Portland**. São Paulo: IBRACON, 2011.