AVALIAÇÃO DA TRABALHABILIDADE DO CONCRETO E RESISTÊNCIA MECÂNICA FORMULADO COM BRITA CALCÁRIA BENEFICIADA E PLASTIFICANTE A BASE DE NAFTALENO SULFONADO E RESINA EPÓXI

H.M.T.Lopes[1]; C.S.Alcântara[1]; F.A.Silva Júnior[1].
[1]Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Av.Francisco Mota, 572, Costa e Silva, Mossoró/RN, Brasil, CEP:59625-090, 55 (84) 3317 8330 Ramal 1524
herbert741852963@hotmail.com

RESUMO

Devido à alta disponibilidade de rocha calcária dos estados brasileiros, Rio Grande do Norte e Ceará, muitas indústrias destinadas à fabricação de cimento instalam-se nessa região. No entanto, essa oferta de calcário não é utilizada totalmente por essas indústrias, gerando um rejeito desta linha de produção. Dessa forma, o presente trabalho objetiva avaliar as características do concreto confeccionado com brita calcária beneficiada proveniente de rejeito da fabricação de cimento, adicionando-se plastificante a base de Naftaleno Sulfonado e resina epóxi. Para isto, foi realizada análise de consistência, resistência mecânica à compressão axial e a tração por compressão diametral do concreto formulado a partir de um traço referência, sem aditivo e sem beneficiamento, com posterior introdução de aditivo plastificante e britas beneficiadas com peneiramento e lavagem na peneira #4,75mm. Observou-se que a brita beneficiada apenas com peneiramento e aditivo conferiu melhor desempenho ao concreto se comparada à brita natural e lavada.

Palavras-chave: Brita calcária; Concreto; Plastificante; Resistência; Trabalhabilidade.

INTRODUÇÃO

A origem das britas no Brasil é basicamente granítica e calcária, sendo a granítica mais utilizada, devido ao pouco conhecimento da influência da brita calcária no concreto.Voltando-se à região Nordeste e, especialmente, ao Rio Grande do Norte, vê-se a grandedisponibilidade de rochas calcárias que, mesmo utilizadas

nos compósitos cimentícios,possuem a parcela tida como segundo plano até então sem uma destinação conhecida einvestida[10].

Segundo o Departamento Nacional de Produção Mineral, os estados brasileiros do Rio Grande do Norte e Ceará têm aflorado mais de 20 mil quilômetros quadrados de rocha calcária, comespessura que vai de 50 a 400 metros, sendo Mossoró a maior reserva tecnicamente comprovada deste minério[9].

Apesar da abundância desse tipo de rocha na região, a brita calcária necessita de processos de beneficiamento para melhorar suas características. Exemplo disso é seu alto teor de material pulverulento nos micro poros, além do poder de absorção de água que chega a ser oito vezes maior do que a brita granítica, mas que pode ser corrigido com a aplicação de aditivos plastificantes no processo de produção do concreto[12].

A indústria da construção civil é considerada uma das esferas da economia mundial que mais consome energia e que extrai grande quantidade de recursos naturais para a produção de materiais de construção[13]. Diante dessa situação, o aprimoramento dos processos construtivos, como a produção de concreto, vem de forma a garantir o uso racional dos materiais nos canteiros de obras.

Percebe-se, dessa forma, que o concreto de cimento Portland é o insumo mais utilizado na construção civil e que“devemos ter em mente que um bom concreto não é o mais resistente, mas o que atende às necessidades da obra com relação à peça que será moldada” [11].

Concreto

Segundo ABNT NBR 12655/2015[3]define o concreto de cimento Portland como um material constituído pela mistura de cimento, agregado miúdo, agregado graúdo e água deamassamento, com ou sem a incorporação de componentes minoritários, como os aditivosquímicos, metacaulim ou sílica ativa.

Agregado Graúdo

De acordo com a NBR 7211/2009[1],“agregado graúdo são os grãos que passam pela peneira com abertura de malha de 75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 4,75 mm”.

A qualidade do agregado é de suma importância para o concreto, pois o mesmo ocupaum volume de aproximadamente ¾ do volume do concreto, além de

limitar a resistência domesmo, eles afetam de forma significativa a durabilidade do produto e o seu desempenhoestrutural[6].

Os agregados, de acordo com o custo-benefício,devem ser provenientes de jazidas próximas ao local da dosagem implicando em uma regionalização nos tipos de pedras britadas, areias e seixos que podem fazer parte da composição do traço[11].

Uma seleção inadequada dos agregados graúdos pode ocasionar problemas técnicos e econômicos, de modo que há uma necessidade de compreender melhor o papel dos agregadosna resistência mecânica, na durabilidade e na estabilidade dimensional do concreto, comotambém, na porosidade, composição granulométrica, absorção d'água, estabilidade, forma etextura superficial dos grãos, resistência mecânica, módulo de deformação e substânciasdeletérias presentes[8].

Aditivo

A NBR 11768:1992[2]define os aditivos como "produtos que, adicionados em pequena quantidade a concretos de cimento portland, modificam algumas de suas propriedades, no sentido de melhoradequá-las a determinadas condições".

No Brasil, ainda observa-se uma grande resistência à utilização de aditivos por parte dos produtores de concreto. Algumas razões para essa lenta disseminação do uso de aditivos no paíssão o elevado custo de alguns aditivose a grande variedade de tipos de cimento disponíveis nomercado, o que exerce um papel fundamental no desempenho dos aditivos[7].

Ainda que os aditivos não sejam materiais baratos, seu emprego nem sempre representa um maior custo de produção do concreto, pois podem promover economias, tais como menor custode adensamento, possibilidade de redução do teor de cimento e aumento da vida útil[7].

Dentro do vários tipos de aditivos o mais utilizado na produção de concreto com brita calcária é oaditivo plastificante,que tem função de melhorar a trabalhabilidade com a redução do fator água/cimento, assim a diminuição desse fator acarretará numa menor porosidade do concreto[10].

MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente, a brita calcária foi beneficiada em laboratório de duas formas: por peneiramento na abertura 4,75mm e por peneiramento e lavagem na abertura de

mesma malha. Esse processo tem a finalidade de reduzir o material pulverulento que fica aderido à superfície do agregado e, assim, conseguir menores proporções de plastificante na elaboração dos traços.

Partindo de um traço em massa de 1,0:2,5:3,5, estudado por Silva Júnior[8], e objetivando uma boa trabalhabilidade de execução, definiu-se o traço referênciade estudo em 1,0:2,0:2,5:0,6 sem aditivo plastificante, com uma melhor proporção de seus materiais.

Com as proporções de materiais definidos, confeccionou-se três traços alternando os agregados respectivamente: a brita natural, brita peneirada e brita peneirada e lavada. Antes de moldar o concreto, verificou-se se a trabalhabilidade estava adequada pelo ensaio normatizado NBR NM 67/1998[5]– Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone (*slumptest*), visto na figura 1:

Figura 1 – Ensaio de Consistência – *Slump Test*

Em seguida, moldou-se dez corpos-de-prova cilíndricos para cada traço, com dimensões de 10 cm x 20 cm, figura 2. O concreto ficou no molde durante 48 horas e, logo após, foi levado para o processo de cura.

Figura 2 - Corpo-de-prova Cilíndrico

Feito o desmolde, utilizou-se a cura em tanque com água potável até completar os 28 dias. Após o período de cura, esses corpos de prova foram levados à ruptura para a verificação de suas resistências, os ensaios utilizados foram os de resistência à compressão axial e à tração por compressão diametral. Posteriormente, foi adicionado aditivo plastificante à base de naftaleno sulfonado e resina epóxi, em diferentes porcentagens, aos traços da brita peneirada e da brita peneirada e lavada para constatação da variação das propriedades.

Os materiais utilizados para a confecção do concreto foram:

Cimento - cimento Portland de alto forno, tipo CP II –Z 32, fabricado por uma das indústrias instaladas na região, com resistência a compressão de 32 MPa aos 28 dias.

Agregado graúdo (britas do tipo 01, com dimensões máximas de 19,00 mm):

- Brita calcária natural sem nenhum tipo de beneficiamento.
- Brita calcária beneficiada por peneiramento na abertura de 4,75 mm, tamanho mínimo para a caracterização do agregado como graúdo e processo pelo qual elimina parte do material pulverulento solto que compunha a amostra adquirida do material.
- Brita calcária beneficiada por peneiramento e lavagem na abertura de 4,75 mm, a fim de reduzir ainda mais o material pulverulento e assim conseguir menores proporções de plastificante na elaboração dos traços. O processo de lavagem e peneiramento na 4,75 mm é executado com a passagem da amostra de brita na peneira sob a abundante quantidade de água até que a água passante obtenha uma cor menos turva.

Agregado miúdo - areia natural, presente na região, passada na peneira 4,75 mm para eliminar os torrões argilosos e qualquer outro tipo de material que viesse a comprometer a composição do concreto.

Água de amassamento - A água de amassamento deve atender os requisitos da NBR 15900/2009[4], que trata das diretrizes para escolha da água de amassamento.

Aditivo plastificante:

O produto empregado para confecção dos traços foi um aditivo plastificante com alto poder de redução de água para concreto, cuja ampla faixa de dosagem

permite que seja trabalhado em diversos tipos de concreto. Dessa forma, o plastificante permite que o concreto seja dosado com baixa relação água/cimento, proporcionando altas resistências iniciais e finais.

Especificado como um líquido marrom composto Naftaleno sulfonado e Resina epóxi, isento de cloretos, de densidade igual a 1,19 g/cm³. Possui como vantagens a melhora do acabamento superficial do concreto, maior durabilidade do concreto, melhora na resistência mecânica final à compressão, entre outras. Para um melhor desempenho na dosagem em concretos, o fabricante recomenda que o aditivo seja adicionado à água de amassamento ou após a homogeneização dos materiais com água com proporções entre 0,3% a 2% sobre a massa do aglomerante.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O beneficiamento das britas pela adição da lavagem no peneiramento retirou consideravelmente o material pulverulento aderido à superfície do agregado, reduzindo a porcentagem de aditivo plastificante utilizado na dosagem do concreto.

O traço de estudo, em massa, 1,0:2,0:2,5:0,6 com cimento, areia, brita, água, respectivamente, deixou o concreto mais rico em aglomerante, o que implica num concreto menos poroso. Além disso,a proporção entre aglomerantes e agregados permitiu uma melhor trabalhabilidade após o uso de aditivo. O fator água/cimento empregado foi o máximo permitido de acordo com a norma.

A Tabela 1 apresenta os traços conforme o tipo de beneficiamento do agregado e a porcentagem de aditivo empregada correlacionando ao abatimento obtido no ensaio de slumptest, além de sua resistência à compressão axial e à tração por compressão diametral.

Tabela 1 - Resultados dos Ensaios dos Corpos-de-prova.

Traço	Tipo de agregado graúdo	Porcentagem de aditivo(%)	Abatimento (cm)	Resistência média à compressão (Mpa)	Resistência média à Tração (Mpa)
1,0:2,0:2,5:0,6	Natural	0,00	0,00	2,02	0,27
1,0:2,0:2,5:0,6	Peneirada e lavada	0,00	0,00	2,45	0,47
1,0:2,0:2,5:0,6	Peneirada	0,00	0,00	3,97	0,52
1,0:2,0:2,5:0,6	Peneirada e lavada	3,00	18,00	13,55	1,28
1,0:2,0:2,5:0,6	Peneirada	6,00	16,00	14,21	1,12
1,0:2,0:2,5:0,6	Peneirada e lavada	2,50	5,00	14,34	1,00
1,0:2,0:2,5:0,6	Peneirada	4,00	4,50	14,70	1,23

Verificou-se que os traços que não utilizaram aditivo não proporcionaram nenhuma trabalhabilidade, debilitando o alcance do traço trabalhável visualmente, o que dificultou bastante a confecção dos corpos-de-prova para esses traços. Dessa forma, são indesejáveis para o objetivo da pesquisa. Logo, para empregar a brita calcária em concreto é necessária a utilização de aditivo plastificante.

Durante a cura do concreto,observou-se a presença de cristais na superfície dos concretos que não utilizaram aditivo, caracterizando o processo de lixiviação, verificado na figura 3, a seguir:

Figura 3 - Corpo-de-provalixiviado após a cura do concreto

Esse fenômeno– lixiviação – ocorreudevido a maior porosidade desses concretos quando comparados com os demais, ou seja, dissolvem e carreiam os compostos hidratados da pasta de cimento de dentro para fora do concreto através dos poros.

Com a presença de aditivo, houve melhoramento da trabalhabilidade dos traços, no estado fresco, propriedade esta que cresce com o aumento da quantidade de aditivo na mistura. Mesmo adotando métodos de beneficiamento distintos, avaliou-se influência do aditivo na resistência mecânica dos corpos de prova, e constatou-se que *a priori* aumentava significativamente, no entanto, diminuiu com o aumento excessivo desse material, deixando essas propriedades inversamente proporcionais.

Quanto à mudança de agregado graúdo, sem a presença de aditivo plastificante, vê-se um aumento da trabalhabilidade e resistência mecânica dos traços beneficiados de brita calcária peneirada ou peneirada e lavada, indicando que

o beneficiamento resulta em melhoras nas características do compósito. O traço 1,0:2,0:2,5:0,6:4,0% que apresentou melhor desempenho resistivo foi o que utilizou o agregado graúdo apenas peneirado.

Verificou-se que a brita calcária de estudo conferiu ao concreto baixa resistência, mesmo com a dosagem de aditivo de plastificante e com o beneficiamento do agregado graúdo. Esse resultado de resistências abaixo de 20MPa, é explicado devido as propriedades quebradiças que estas possuem aliado a alta absorção de água.

O percentual de aditivo empregado no estudo para se ter uma trabalhabilidade adequada para execução de estruturas de concreto foi acima do máximo permitido pelo fabricante, 1,0:2,0:2,5:0,6:2,5%, com brita beneficiada por peneiramento e lavagem. Apesar de estar acima do que o fabricante permite, o traço aproximou-se ao limite prescrito.

CONCLUSÃO

Com a aquisição dos dados de ensaio para o estudo da utilização da brita calcária no concreto, a partir da comparação dos corpos de provas confeccionados com e sem beneficiamento e aditivo do plastificante, observou-se que os processos de lavagem e peneiramento reduziram a porcentagem de plastificante necessária para se obter uma boa trabalhabilidade de execução.

Entretanto, devido ao gasto com água para o preparo do material, a adoção do beneficiamento por peneiramento e lavagem torna-se inviável em termos de custo e tempo desprendido, além da necessidade de uma quantidade relativamente alta do plastificante e a baixa resistência resultante.

Mesmo obtendo um traço rico em cimento, a resistência mecânica do concreto aos 28 dias resultou abaixo de 20MPa, comprovando a influência das propriedades do agregado, caracterizado por ser quebradiço, conter material pulverulento e possuir alta absorção de água, fatores que acarretam no uso de um fator água/cimento elevado, o que reduz a resistência do concreto.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) e ao CNPq pelas bolsas PICI, dando suporte financeiro à pesquisa, ao Instituto

Federal do Rio Grande do Norte (IFRN) por disponibilizar o espaço e equipamentos necessários para realização dessa pesquisa, aos técnicos e alunos colaboradores.

REFERÊNCIAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7211:** Agregados para Concreto - Especificação. Rio de Janeiro, 2009.

2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 11768:** Aditivos para Concreto de Cimento Portland. Rio de Janeiro, 2011.

3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 12655:** Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento – Procedimento. Rio deJaneiro, 2006.

4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15900:**Águapara amassamento do concreto. Rio de Janeiro, 2009.

5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR NM 67:**Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento de tronco de cone.Rio deJaneiro, 1998.

6. GONZAGA, LÍdia Bruna Teles. **Análise do comportamento do concreto utilizando brita calcária lavada, com substituição parcial do agregado miúdo por resíduos de borracha de pneu**. 2016. 68 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoro, 2016.

7. MARTINS, Vanessa da Costa et al. **Otimização dos processos de dosagem e proporcionamento do concreto dosado em central com a utilização de aditivos: estudo de caso**. 2005.

8. MEHTA, P. Kumar; MONTEIRO, Paulo J. M. **Concreto, estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: Pini, 2008.

9. MORAIS, Andressa Adna Cavalcante. **Análise comparativa da brita calcária, beneficiada de diferentes formas, para utilização em concreto como agregado graúdo**. 2016. 43 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoro, 2016.

10. PEREIRA, Danielle Dantas. **Avaliação da influência de plastificante na trabalhabilidade do concreto com brita calcária beneficiada para eliminar o material pulverulento**. 2016. 54 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoro, 2016.

11. Portal do Concreto. **Agregados para concreto**. Disponível em: <http://www.portaldoconcreto.com.br/cimento/concreto/agregado.html>, acesso em 7 mar. 2016.

12. SILVA JÚNIOR, Francisco Alves da. **Avaliação do efeito da adição do resíduo de borracha de pneu e brita calcaria na formação de compostos**

cimentícios. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Ciências Exatas e da Terra. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia dos Materiais. Natal, 2014.

13. TOZZI,R. F.. **Estudo da influencia do gerenciamento na geração dos resíduos da construção civil (rcc) – Estudo de caso de duas obras em Curitiba/PR.** Dissertação, Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

THE EVALUATION OF THE CONCRETE WORKABILITY AND MECHANICAL STRENGTH FORMULATED WITH BENEFIED LIMESTONE GRAVEL AND PLASTICIZER BASED ON SULFONATED NAPHTHAL

ABSTRACT

Due tohigh availability of limestone on the Brazilian states of Rio Grande do Norte and Ceará, many industries for cement manufacturing seat in this region. However, this supply of limestone is not fully used by these industries, creating a reject of this production line. Therefore, the present paper aims to measure the concrete characteristics made with limestone gravel profited from waste cement manufacturing by adding plasticizer to base Naphthalene Sulfonate and epoxy resin. For this consistency analysis was performed and mechanical resistance to axial compression and traction by diametrical compression of the concrete made from a reference mark, without additives and without processing, with subsequent introduction of plasticizer additive and gravel profited from screening and washing the # 4.75 mm sieve. It was observed that gravel benefited only sieving and additive gave better performance compared to the natural and washed gravel.

Key-words: Limestone gravel; Concrete; Plasticizer; Endurance; Workability.