

INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE PÓ DE PEDRA NO BLOCO INTERTRAVADO

A. L. R. de Menezes¹; N. Cardoso²; E. N. de M. G. Pinto³; K. C. Cabral⁴;

¹ Engenheira Civil, UFERSA, Mossoró-RN.

² Engenheira Civil, UFERSA, Olho D'Água dos Borges-RN.

³ Prof^a. Dra. Em Engenharia Civil, UFERSA, Caraúbas- RN. erica.gurgel@ufersa.edu.br

⁴ Prof. Dr. Em Engenharia Civil, UFERSA, Angicos- RN

RESUMO

A construção civil se destaca por ser um dos setores onde se tem maior desperdício de matéria-prima, e o maior prejudicado nisso é o meio ambiente, pois os resíduos são descartados de forma inadequada causando impactos ambientais. Um exemplo destes resíduos é o pó de pedra. Diante disto, o objetivo deste trabalho é adicionar o pó de pedra, como agregado artificial, na composição de bloco intertravado de concreto, substituindo parcialmente o agregado natural, areia. Para realização do trabalho foram caracterizados os materiais de partida dos blocos e as caracterizações físicas e mecânicas dos blocos intertravados. Observou-se que os blocos mantiveram suas propriedades mecânicas, mesmo com 50% de substituição do agregado natural e que o índice de absorção de água esta dentro dos limites estabelecidos em norma. A partir dos resultados, conclui-se que o pó de pedra pode ser utilizado como agregado artificial na fabricação de blocos intertravados de concreto.

Palavras-chave: pó de pedra, propriedade mecânica, absorção de água, bloco intertravado.

INTRODUÇÃO

Pavimento é designado como uma estrutura de múltiplas camadas com a finalidade de transmitir esforços oriundos do tráfego ao terreno de fundação (subleito), servindo de circulação para pessoas ou veículos ⁽¹⁾. Entre os materiais utilizados para

formação dessas camadas estão os materiais rochosos, como pedras britadas ou calçamento, o concreto de cimento Portland e o concreto asfáltico.

O aparelhamento dessas pedras e a necessidade de conforto de rolamento impulsionaram ao longo do tempo, o desenvolvimento das peças de concreto pré-fabricadas, emergindo como uma alternativa prática e versátil a outros tipos de pavimentos, o pavimento intertravado ⁽²⁾.

O pavimento intertravado é composto por blocos pré-moldados de concreto semipermeáveis, pois atuam em conjunto com o sistema de drenagem urbana. Sua estrutura varia de acordo com as cargas que o pavimento irá receber. As peças pré-moldadas são sobrepostas na camada de assentamento, as juntas entre elas são preenchidas por areia que em conjunto com a contenção lateral conclui o processo de intertravação do pavimento. Esse pavimento é muito usado em calçadas, praças, obras viárias, passeios públicos, estradas, entre outros ⁽³⁾.

O bloco pré-moldado de concreto também conhecido como peça pré-moldada de concreto (PPC) pode ser fabricado completamente de concreto de cimento ou parcialmente uma capa na superfície ⁽⁴⁾. O material utilizado para produção do bloco pré-fabricado de concreto para pavimentação é o concreto, que deve ser constituído de cimento Portland, agregados e água, podendo ser estes agregados naturais ou artificiais, desde que possa substituir parcialmente ou totalmente o agregado natural. Além disso, aditivos podem ser empregados para se obter melhorias desejáveis em propriedades do concreto ⁽⁵⁾.

O concreto se destaca por possuir capacidade de adaptabilidade de incorporação de uma série de resíduos em sua composição, chamados de agregados artificiais, que substituem parcialmente o agregado natural. Dentre os agregados artificiais usualmente adicionados na composição de fabricação de blocos de concreto estão: pó de pedra, argila expandida, granalha de aço, vermiculita, fragmentos de etileno-acetato de vinila (EVA), entre muitos outros. Em contrapartida a essa versatilidade de aplicação de resíduos no concreto, a areia comumente utilizada como agregado miúdo natural na produção deste concreto gera grandes impactos ao meio ambiente, pois seus processos de extração causam destruição das matas ciliares e danos à biodiversidade ⁽⁶⁾.

Na busca por um mundo cada vez mais sustentável, é de relevância adotar métodos que reduzam o efeito danoso ocasionado ao meio ambiente, gerados pelas as práticas da construção civil. O reaproveitamento desses resíduos, que na maioria das vezes, não tem um destino apropriado, é uma boa ideia, pois além de dar um uso para esse rejeito, diminui a exploração dos recursos naturais.

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi adicionar o pó de pedra, como agregado artificial, na composição de bloco intertravado de concreto, substituindo parcialmente o agregado natural, areia. Para realização do trabalho foram caracterizados os materiais de partida dos blocos e as caracterizações físicas e mecânicas dos blocos intertravados.

MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada para o presente trabalho foi experimental e comparativa, com o intuito de estudar a influência da adição do pó de pedra (agregado artificial) em diferentes proporções, substituindo parcialmente a areia (agregado natural) na produção do bloco intertravado, através de quatro traços de concreto diferentes.

Os materiais utilizados na composição do concreto foram: cimento Portland, Areia, Pós de pedra e água. O cimento Portland utilizado na pesquisa para produção do concreto foi o cimento Portland composto CP II Z-32, da marca Apodi, composto com pozolana e apresenta resistência à compressão aos 28 dias ≥ 32 Mpa. A areia natural usada foi extraída do leito do rio Umari, localizado na mesorregião do Oeste Potiguar no Estado do Rio Grande do Norte de granulometria média. O pó de pedra foi oriundo da rocha granítica da região circunvizinha à cidade de Caraúbas, no Rio Grande do Norte. A água utilizada foi a água potável da cidade de Olho D'Água dos Borges/RN, provinda da rede pública de abastecimento de água do estado (CAERN).

Para a caracterização dos agregados realizou-se os seguintes ensaios:

- Ensaio de granulometria – NBR 7217/1987⁽⁵⁾
- Massa específica do agregado miúdo – NBR 9776/1987⁽⁶⁾
- Massa específica do agregado graúdo – NBR NM 53/2009⁽⁷⁾
- Massa unitária dos agregados miúdos e graúdo – NBR NM 45/2006⁽⁸⁾

- Determinação da umidade – DNER- ME 052/94⁽⁹⁾

Após a aquisição de todos os materiais necessários para produção dos blocos determinou-se o traço. Pesquisas sobre traços usados para blocos destinados à pavimentação foram feitas, e dentre os trabalhos vistos, utilizou-se como referência um dos traços do Dossiê Técnico dos principais pisos utilizados na construção civil, produzido pelo Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas ⁽⁴⁾. O traço adotado para o trabalho foi o recomendado para blocos destinados a pisos de calçadas, com as seguintes proporções:

- 1 saco de cimento; 10 latas de areia média/fina; 23 litros de água.

Como o objetivo do trabalho é substituir parcialmente a areia natural pelo pó de pedra, segue na tabela I a quantidade de cada material usado para os quatro diferentes traços, já na proporção para confecção de 24 blocos.

Tabela I: Quantidade de materiais de cada traço.

MATERIAIS	1º TRAÇO	2º TRAÇO	3º TRAÇO	4º TRAÇO
Areia	54 Kg	45,9 Kg	40,5 Kg	27 Kg
Pó de pedra	-	8,1 Kg	13,5 Kg	27 Kg
Cimento	10 Kg	10 Kg	10 Kg	10 Kg
Água	4,6 L	4,6 L	4,6 L	4,6 L

Fonte: Autor (2016).

Pesou-se então as porções determinadas dos 4 materiais necessários para fabricar o bloco com o auxílio de uma balança semi-analítica. Em seguida, realizou-se a mistura dos materiais do primeiro traço manualmente. Primeiro espalhou-se a areia formando uma fina camada, sobre esta colocou o cimento, com uma enxada mexeu a areia e o cimento até que ficasse uma mistura bem uniforme, espalhou-se essa mistura formando uma camada e sobre esta colocou o pó de pedra para os traços que continha o mesmo, e misturou bem. Após isso se fez um monte com uma coroa no meio, para acrescentar um pouco de água para receber o cimento, que foi adicionado aos poucos, espalhando a mistura com o cimento e a água, e depois o restante da água foi acrescentada, até se verter em uma massa de concreto.

Logo em seguida, colocou-se a massa nos moldes, passado antes disso o desmoldante nas fôrmas para facilitar a retirada dos corpos de prova e, com um

movimento manual se moldou o bloco, produzindo 4 corpos-de-prova de uma vez. A máquina usada para moldagem mecânica dos blocos é denominada ATLANTICA MAQ Bloqueira, disponível pela prefeitura do município de Olho D'Água dos Borges, no estado do Rio Grande do Norte, onde os blocos foram fabricados, em abril deste ano.

Depois de moldados, armazenou-se os corpos de prova em local fresco e coberto, para protegê-lo do sol sob uma tábua de madeira, para seu período de cura e posteriormente realização da análise dimensional destes, absorção de água aos 21 e 28 dias e rompimento aos 28 dias, para avaliação de sua absorção de água e resistência à compressão, respectivamente. Este procedimento foi repetido para os outros 3 traços.

Os blocos fabricados nessa máquina possuem as dimensões (200mm x 100mm x 5mm). Estes blocos tem semelhança aos blocos do tipo I estipulado pela norma ⁽⁷⁾, que são blocos retangulares com relação comprimento/largura igual a 2, que se arranjam entre se nos 4 lados e que podem ser assentados em fileiras ou em espinha de peixe, por isto a análise destes blocos foi comparativa com os requisitos da norma. A Figura 1 ilustra os blocos intertravados fabricados das 4 porcentagens de pó de pedra aplicadas.



Figura 1: Blocos intertravados produzidos de (0%, 15%, 25% e 50 % de pó de pedra).
Fonte: Autor (2016).

Os ensaios para caracterização dos blocos de concreto, análise dimensional, resistência à compressão e absorção de água dos blocos, foram realizados com base na NBR 9781/2013. Para o ensaio de análise dimensional observou-se as condições das arestas dos blocos, para verificar se estavam retas e uniformes com o auxílio de um paquímetro universal do modelo Starret 125MEB de precisão 0,05 mm. No ensaio de resistência à compressão, a norma ⁽⁷⁾ não especifica a idade dos corpos de prova para realização do ensaio, por isso tomou-se como base a idade na qual se estima que

a resistência característica à compressão (f_{ck}) seja de ≥ 35 Mpa, que é com 28 dias, sendo o ensaio realizado com os corpos de prova nessa idade. O ensaio de absorção de água representa o incremento de massa de um corpo sólido poroso devido a penetração de água em seus poros permeáveis, em relação a sua massa em estado seco. A norma de referência não especifica a idade dos corpos de prova para realização do ensaio, portanto, tomou-se como base a idade utilizada no trabalho de Cruz (2003) que se referenciou na MB – 3459, realizando os ensaios de 28 dias. Para efeito de comparação, foi realizado também o de 21 dias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização dos Agregados

- Ensaio de composição granulométrica dos agregados:

Analisando os dados obtidos pelo ensaio de composição granulométrica da areia natural e do pó de pedra, foi possível determinar o módulo de finura (MF) desses agregados, sendo os valores correspondentes a 2,76 e 1,67, respectivamente. Já a dimensão máxima característica ($D_{m\acute{a}x}$) da areia natural e do pó de pedra foram iguais, 2,36 mm.

- Ensaio de massa específica real dos agregados miúdos:

Os resultados de massa específica foram obtidos de acordo com a equação A. Os valores necessários para o cálculo da massa específica foram obtidos de acordo com o ensaio estabelecido pela norma ⁽¹⁰⁾. Através dos cálculos, foram encontrados valores de massa específica para a areia de 2,56 g/cm³ e para o pó de pedra de 2,64 g/cm³.

- Ensaio de massa específica solta dos agregados (massa unitária):

Os valores necessários para o cálculo da massa unitária dos agregados foram obtidos a partir do ensaio estabelecido pela norma ⁽¹¹⁾. Primeiramente foi

determinado o valor do Volume do recipiente, igual a 0,003359 m³. Conhecido o volume do recipiente foram encontrados os valores de massa unitária para a areia de 1440,9 Kg/m³ e para o pó de pedra de 1305,4 Kg/m³.

- Ensaio de umidade dos agregados miúdos:

Com relação à determinação da umidade com o uso do “speedy”, foi possível observar não houve nenhum deslocamento no marcador do manômetro no momento dos ensaios, o que significa que não houve o surgimento de pressão e conseqüentemente não havia umidade em nenhuma das amostras, tanto na areia natural como no pó de pedra. Desta forma, observou-se que os agregados miúdos estavam isentos de umidade, o que fez com que não houvesse necessidade da adequação do traço em relação ao fator água/cimento.

Caracterização dos Blocos

- Análise dimensional dos blocos

Os resultados da análise dimensional dos blocos serão apresentados na Tabela II:

Tabela II: Média das dimensões do bloco intertravado de cada traço.

<i>Medida/Bloco</i>	Blocos 0%	Blocos 15%	Blocos 25%	Blocos 50%
Comprimento (cm)	19,97	20,06	20,03	20,12
Largura (cm)	9,94	10,14	9,97	9,97
Altura (cm)	4,98	5,18	4,78	4,92
Relação C/L	2,00905433	1,97830375	2,00902708	2,018054162

Fonte: Autor (2016).

Pode-se perceber, as dimensões dos blocos (20 cm x 10cm x 5cm) estão dentro da tolerância aceitável de ± 3 mm, e satisfazem a relação comprimento/largura com uma relação igual a 2, que são requisitos da norma ⁽⁷⁾ para peças do Tipo I, as peças usadas como referência comparativa para os blocos confeccionados.

- Ensaio de Resistência à Compressão

Obteve-se a média da resistência à compressão característica do bloco, aos 28 dias de idade, para cada um dos 4 traços usados neste trabalho, que estão apresentados na Tabela III.

Tabela III: Média da Resistência à compressão característica dos blocos aos 28 dias.

Blocos	Resistência à compressão característica média (Mpa)
0%	12,79
15%	14,82
25%	9,15
50%	9,79

Fonte: Autor (2016).

Perante os dados obtidos pode-se perceber que os blocos que apresentaram maior resistência à compressão foram os de 15% de pó de pedra, ou seja, nenhum dos blocos atingiu a resistência à compressão estimada aos 28 dias de idade norma ⁽⁷⁾, que é de ≥ 35 MPa para tráfegos de pedestres, veículos leves, e veículos comerciais de linha. Os resultados obtidos nos ensaios de resistência à compressão são contraditórios com o que se vê na literatura, que quanto maior a porcentagem de finos maior será a resistência da peça, pois esta adição de finos ao concreto é benéfica por causar diminuição da porosidade e aumento da trabalhabilidade e resistência. Provavelmente os valores da resistência foram muito baixos porque o fator multiplicativo fornecido pela norma é para um bloco de 60 mm e o bloco em estudo possui 50 mm de espessura. Em função disso será necessário achar um novo fator multiplicativo para a altura da peça utilizada, procurando chega a um valor mais próximo do real.

- Ensaio de Absorção de Água

O ensaio de absorção de água para caracterização dos blocos foi realizado de acordo com o estabelecido pela norma ⁽⁷⁾. A Tabela IV apresenta os resultados do ensaio de 21 e 28 dias.

Tabela IV: Média da Absorção de água.

Blocos	0%	15%	25%	50%
21 dias	7,65	9,58	8,58	9,7
28 dias	6,29	5,83	9,52	9,31

Fonte: Autor (2016).

De acordo com os dados pode-se perceber que os blocos que apresentam maior absorção de água foram os de 15% e 50% de pó de pedra, com valores de absorção de 9,58 e 9,70, respectivamente.

Em pesquisas sobre a influência da substituição da areia por pó de pedra, foi constatado que quanto maior a quantidade de pó de pedra inserido no concreto, maior será a quantidade de água necessária na mistura e maior será a absorção de água desse concreto endurecido, no caso, o bloco de concreto intertravado. Isso se dá também, pelo fato da contribuição da área superficial, que quanto menor a partícula do agregado, maior será a área superficial por unidade de massa a ser molhada. Visto dessa forma, os valores de absorção de água deveriam aumentar de acordo com o aumento da porcentagem de pó de pedra na composição do bloco e não foi o que apresentou nos resultados, pois o valor médio de absorção para 25% de pó de pedra foi menor que para o de 15%, embora o maior valor tenha sido o de 50%.

De toda forma, os blocos em estudo, não atenderam a especificação da norma de blocos de concreto para pavimentação quanto à absorção de água, pois a norma ⁽⁷⁾ estabelece que os blocos devem apresentar valores de absorção de água de no máximo 7%.

Para o ensaio de absorção na idade de 28 dias, que é o mais indicado para efeito de estudo, os blocos que apresentaram maior absorção de água foram os de 25% e 50% de adição de pó de pedra, com valores de absorção de 9,52% e 9,31% respectivamente, seguidos por o de 0% de pó de pedra com uma absorção de 6,29%. O que apresentou menor valor de absorção foi o de 15%, com apenas 5,83% de absorção de água. Os valores de absorção de água maiores para as idades de 25% e 50% era o mais esperado, já que de acordo com a literatura, quanto maior a porcentagem de finos na mistura, maior será a absorção de água do concreto. Embora esses valores tenham sido os mais altos, esses tipos de bloco não podem ser comercializados, pois a absorção de água ultrapassa o limite de 7% estipulado pela norma ⁽⁷⁾. Os blocos que ficaram dentro do permitido pela norma ⁽⁷⁾ foram os de 0% de pó de pedra com absorção de água de 6,29% e de 15% de pó de pedra com uma absorção de 5,83%.

CONCLUSÕES

A partir das análises feitas com os dados obtidos dos ensaios de caracterização dos agregados e dos blocos confeccionados com o pó de pedra substituindo

parcialmente a areia natural, pode-se verificar que os blocos em estudo não apresentam requisitos de espessura e resistência à compressão exigidos pela norma que trata das especificações para blocos destinado à pavimentação, a norma ⁽⁷⁾. Em relação à absorção de água, os corpos de prova com idade de 21 dias não atenderam as exigências da norma ⁽⁷⁾. Já para os ensaios realizados com 28 dias de cura, os blocos atenderam parcialmente a norma ⁽⁷⁾, pois os corpos de prova com 25% e 50% de pó de pedra ficaram com índices superior aos exigidos em norma ⁽⁷⁾. Os blocos que ficaram dentro do permitido pela norma foram os de 0% de pó de pedra com absorção de água de 6,29% e de 15% de pó de pedra com uma absorção de 5,83%.

Logo, o pó de pedra pode ser utilizado como um agregado artificial substituindo parcialmente a areia, agregado natural, na proporção de 15% em massa, para o caso deste trabalho, tendo em vista o aumento de resistência neste bloco, comparado ao bloco do 1º traço (sem adição de pó de pedra) e o valor de absorção de água para essa porcentagem de substituição ficou dentro do limite estabelecido pela norma ⁽⁷⁾.

REFERÊNCIAS

- (1) Luciano P. Specht, Thiago Rozek, Fábio Hirsch, Reginaldo T. dos Santos. Avaliação da macrotextura de pavimentos através do ensaio de mancha de areia. **Teoria e Prática na Engenharia Civil**, v.I, n.10, p.30-38, Julho, 2007.
- (2) PORTLAND, Associação Brasileira de Cimento. Manual de Pavimento Intertravado: Passeio Público. Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP, São Paulo, 2010. 36p.
- (3) LYRA, Mário Limeira de. **Blocos Intertravados de concreto com resíduos de copolímero de etileno-acetato de vinila – EVA - para pavimentação de calçadas e passeios públicos**. 2007. 118 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2007.
- (4) TÉCNICAS, Serviço Brasileiro de Respostas. CANAUD, Cristine. Dossiê Técnico: Principais pisos utilizados na construção civil. - Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro. Julho, 2007. 41 p.
- (5) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9781**: Peças de concreto para pavimentação. Rio de Janeiro, 1987.
- (6) SCHUMACHER, Helena Ravache Samy Pereira. **Caracterização Do Concreto Convencional Com Pó De Pedra Em Substituição Parcial A Areia Natural**. 89 f. Dissertação (Mestrado) - Curso Ciência e Engenharia dos Materiais, Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC, Joinville, 2007.

(7) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9781**: Peças de concreto para pavimentação – Especificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro. 2013.

(8) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9780**: Peças de concreto para pavimentação determinação da resistência à compressão - Método de ensaio. Rio de Janeiro. 1987.

(9) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7217**: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 1987.

(10) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9776**: Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman. Rio de Janeiro, 1987.

(11) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR NM 45**: Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios, Rio de Janeiro, 2006.

(12) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9939**: Agregados - Determinação do teor de umidade total, por secagem, em agregado graúdo, Rio de Janeiro, 1987.

INFLUENCY OF ADDING OF STONE POWDER IN THE INTERLOCKED BLOCK

ABSTRACT

The civil construction stands out for being one of the sectors where it has bigger wastage of raw material, and it is most harmed in this is the environmental because the wastes are discarded of inadequate way causing environmental impacts. One example of these wastes is the stone powder. Whereupon, the objective of this study is add the stone powder as artificial aggregate in the composition of interlocked block of concrete, replacing partially the natural aggregate, sand. For achievement of the study were characterized the starting materials of the blocks, and the physical and mechanical characterizations of the interlocked blocks. It was observed that the blocks maintained its mechanical properties even with 50% of replacement of the natural aggregate, and that the water absorption rate is within of the established limits in standard. From the results, it was concludes that the stand powder can be used as artificial aggregate in the fabrication of interlocked blocks of concrete.

Key-words: stone powder, mechanical proprietary, water absorption, interlocked block.