

## **Estudo da capacidade mecânica de blocos monolíticos intertravados utilizando resíduo de cerâmica em sua composição**

**(Study of the mechanical capacity of interlocked monolithic bricks using  
ceramic residue in your composition)**

J. H. A. Santos<sup>1a</sup>; R. C. M. Nascimento<sup>1</sup>; S. V. Oliveira<sup>1</sup>; I. L. Porto<sup>1</sup>; J. M. O. Júnior<sup>1</sup>; V. X.  
Luna<sup>1</sup>; R. S. Macedo<sup>2</sup>

<sup>1a</sup>Bolsista do PIBITI/CNPQ/UFCG.

<sup>1</sup>Alunos voluntários da Eng. Civil da UFCG

<sup>2</sup>Prof. da UFCG/UAEMa

Av. Aprígio Veloso, 882 - Universitário, Campina Grande – PB - 58429-900

jhas001@hotmail.com

### **Resumo**

*O déficit de mobilidade urbana no país é crescente com o aumento populacional e a expansão das cidades, nesse sentido torna-se indispensável a pavimentação de ruas e calçadas para garantir a livre passagem dos pedestres. O bloco intertravado compósito se destaca como uma alternativa para construção desses pavimentos, uma vez que reduz o custo total da obra sem comprometer a segurança e a qualidade de acabamento. O objetivo principal foi desenvolver blocos monolíticos de concreto incorporando em sua composição resíduos de telhas e blocos cerâmicos, visando estudar o impacto na resistência mecânica desse material. Os resultados indicam que o produto obtido, tem potencial para ser aplicado na produção de blocos monolíticos intertravados, atendendo aos requisitos mínimos de resistência, segundo as normas técnicas vigentes.*

*Palavras chave: Tijolo monolítico, intertravado, resíduo sólido*

### **Abstract**

*The urban mobility deficit in the country is increasing with the population increase and the expansion of the cities, in this sense it becomes indispensable to paving streets and sidewalks to ensure the free passage of pedestrians. The interlocking composite block stands out as an alternative for the construction of these floors, since it reduces the total cost of the work without compromising safety and quality of finish. The main objective was to develop monolithic blocks of concrete incorporating in their composition tile residues and ceramic blocks, aiming to study the impact on the mechanical resistance of this material. The results indicate that the product obtained has the potential to be applied in the production of interlocked monolithic blocks, meeting the minimum resistance requirements, according to current technical standards.*

*Keywords: Monolithic brick, interlocked, solid waste.*

## INTRODUÇÃO

A degradação ambiental é um dos assuntos que ganharam destaque, de maneira crescente, nos últimos anos em meio à sociedade mundial [1]. A construção civil é o setor industrial que mais consome recursos naturais e gasta energia de forma intensiva e demasiada, o que acarreta grandes impactos sobre o meio ambiente [2]. Somado a isso, a grande quantidade de resíduos sólidos gerados, tanto pelas construções em si quanto por todos os subsídios necessários para realização da mesma, intensifica ainda mais a deterioração do planeta.

A sustentabilidade é um caminho no qual existe uma grande inclinação e necessidade para as construções enveredarem-se [3]. Desse modo, é de grande importância que os elementos construtivos reduzam seus impactos ambientais, seja em sua fabricação, disposição, ou em qualquer outra atividade que seja inerente a ele.

Em consonância com alguns estudos [4], cada vez mais estão se desenvolvendo a consciência no setor da construção acerca dos problemas ambientais gerados pela atividade, fazendo com que novas práticas construtivas sejam necessárias para minimizar ao máximo os danos, ao meio ambiente causado.

Nesse sentido, algumas práticas se apresentam como uma forma de proporcionar um aprimoramento de materiais e/ou processos construtivos como também de amortizar a degradação ambiental, causados por este setor. A reciclagem é a junção de atividades que tem por finalidade aproveitar detritos e rejeitos e inseri-los novamente no ciclo produtivo [5]. Ainda de acordo com o autor, a reciclagem possibilita diversos benefícios quando utilizamos ela e não um recurso natural “virgem”, que são: redução do volume de extração de matérias-primas, redução do consumo de energia, menos emissões de poluentes e melhoria na saúde e segurança da população.

Dessa forma, a reciclagem mostra-se como uma ótima forma de tornar um determinado elemento da construção sustentável e aprimorar as suas características. Em vista disso, se destaca o uso de pavimentos ecológicos, também conhecidos como pavers ou simplesmente intertravados. Trata-se de um bloco monolítico adensado que em sua composição pode ser adicionado materiais reciclados mantendo suas propriedades mecânicas normatizadas.

Em vista do que foi exposto, a presente pesquisa foi proposta a fim de reciclar o Subproduto da Indústria Cerâmica (SIC), também denominado vulgarmente de caco de telha ou de tijolos oriundos da fabricação desses elementos em olarias, e acrescentá-los na composição, em forma de pó, dos blocos monolíticos intertravados com o objetivo de analisar sua influência na resistência mecânica desse material.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Materiais

- 1) Agregado miúdo: A areia utilizada seguiu os padrões e a granulometria especificada pela ABNT, NBR 7211/2005 [6], sendo esta com Módulo de Finura (MF) igual a 1,64;
- 2) Agregado graúdo: A brita utilizada seguiu os padrões e a granulometria especificada pela ABNT, NBR 7211/2005 [6], sendo esta com Diâmetro Máximo (DM) de 9,5 mm;
- 3) Cimento: O cimento utilizado foi o CP-V-ARI, o qual estava em conformidade com a norma ABNT, NBR 5733/1991 [7];
- 4) Água: A água utilizada foi a água potável, única disponível na quantidade desejada no laboratório;
- 5) Subproduto da Indústria Cerâmica (SIC): Os subprodutos utilizados foram os rejeitos cerâmicos de blocos, telhas e tijolos de uma olaria localizada no município de Soledade – PB. Para obtenção destes, foi feita uma visita técnica à olaria localizada no município citado, onde se pôde trazer os rejeitos até o laboratório para estudo.

### Método

- 1) Britagem, moagem e peneiramento do rejeito cerâmico:

A britagem foi realizada através de um britador de mandíbula para a redução da granulometria original do material cerâmico para grãos de no máximo 10 mm, conforme constam nas Figura 1 e 2.



**Figura 1** - Britagem do SIC.  
Fonte: Próprio Autor, 2018.



**Figura 2** - Rejeito britado.  
Fonte: Próprio Autor, 2018.

A moagem é a fase subsequente à britagem, para essa etapa foi utilizado um moinho de martelos, o qual consegue minimizar o grão de material cerâmico a menos de 4 mm, em geral o produto resultante é, em sua maioria, pó. Por fim, a etapa de peneiramento consiste na adequação do rejeito à norma de granulometria da areia, já que esse material será substituído pelo rejeito. Para tal foram utilizados um peneirador elétrico e duas peneiras de granulometria

4,75 mm e 0,150 mm, de forma que o material passante na 4,75 e retido na 0,150 mm era o material a ser utilizado no projeto, pois esta faixa granulométrica era a mesma do agregado miúdo, conforme ilustrado na Figura 3.



**Figura 3** - Rejeito moído e peneirado.  
Fonte: Próprio Autor, 2018.

2) Ensaio de caracterização:

2.a) Granulometria

Para a análise granulométrica, tanto dos agregados miúdo e graúdo quanto do rejeito, foram utilizadas as orientações da norma ABNT, NBR 7217/1987 [8]. A análise granulométrica consiste na análise da dimensão dos sólidos presentes na amostra em estudo a partir de peneiras com dimensões variadas.

2.b) Massa específica:

Para o ensaio de massa específica foram utilizadas três normas ABNT, NBR 16605/2017 [9], para o cimento, ABNT, NM 52/2009 [10], para o agregado miúdo, e ABNT, NM 53/2009 [11] para o agregado graúdo.

3) Produção do traço padrão:

A produção do traço padrão consistiu no cálculo, por meio do método de dosagem de concreto da ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland. O método utiliza as caracterizações dos materiais e as características do concreto a ser produzido, neste caso foi calculado para um concreto de 35 MPa com abatimento de tronco de cone de  $10 \pm 10$  (mm). Entretanto, foi feito um ensaio simples de laboratório por meio da variação da quantidade de água de amassamento do traço, neste caso variou-se o fator a/c (água/cimento) de 0,40 para 0,45, sendo utilizado como padrão o 0,43 por chegar na consistência necessária sem atingir a resistência.

Sendo assim, o traço resultante foi:

1 : 1,64 : 1,49 : 0,43

(cimento/cimento : areia/cimento : brita/cimento : água/cimento)

Para a produção dos intertravados foram pesados os materiais em massa e misturados em betoneira. Em seguida a massa foi colocada em formas plásticas, conforme modelo da Figura 4, untadas com desmoldante, as quais, após preenchidas, foram colocadas em mesa vibratória por 4 minutos.



**Figura 4** - Forma plástica para intertravado.

Fonte: Próprio Autor, 2019.

A cura dos blocos foi feita em imersão em água com rompimento em 3, 7 e 28 dias.

#### 4) Aplicação do SIC:

O incremento do SIC nos traços foi feito retirando porcentagens de cimento e acrescentando o rejeito, do traço padrão. Essa modificação implicaria em uma queda na resistência, devido ao aumento do fator a/c que está diretamente relacionado com a resistência do concreto, entretanto esperava-se que o rejeito agisse como pozolana com cimento e somasse resistência ao material. Dessa forma, procurou-se o traço que pudesse utilizar a maior quantidade de rejeito possível substituindo o cimento por este.

Sendo assim, foram estudadas as seguintes proporções:

- a) 10% - cimento;
- b) 20% - cimento;
- c) 30% - cimento;
- d) 50% - cimento;
- e) 15% - cimento (traço para comprovação dos resultados).

Para a produção dos intertravados foi utilizado o mesmo procedimento para o traço padrão, incluindo a cura dos blocos feita em imersão em água com rompimento em 3, 7 e 28 dias.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 1) Ensaio de granulometria

Após os ensaios de granulometria, conforme a norma ABNT NBR 7217/1987 [8], pôde-se obter algumas características importantes de cada material.

#### 1.a) Granulometria da areia (agregado miúdo)

De acordo com os dados obtidos, pôde-se constatar que a areia era parcialmente fina com módulo de finura (MF) igual a 2,17.

#### 1.b) Granulometria da brita (agregado graúdo)

De acordo com os dados obtidos, pôde-se constatar que a brita possuía diâmetro máximo característico (DMC) igual a 9,5 mm.

#### 1.c) Granulometria do rejeito cerâmico

De acordo com os dados obtidos, pôde-se constatar que o rejeito cerâmico possuía diâmetro máximo característico (DMC) igual a 2,4 mm e módulo de finura (MF) igual a 0,8.

### 2) Ensaio de massas específicas

#### 2.a) Resultado da massa específica da areia (agregado miúdo)

Adotou-se o valor de 2650 kg/m<sup>3</sup> para a massa específica da areia por meio da literatura consultada.

#### 2.b) Resultado da massa específica da brita (agregado graúdo)

Após a realização dos procedimentos experimentais discriminados na norma e na metodologia supracitada, foram obtidas as seguintes massas:

Massa específica seca: 2,6534 g/cm<sup>3</sup>;

Massa específica saturada superfície seca: 2,6577 g/cm<sup>3</sup>;

Massa específica aparente: 2,6651 g/cm<sup>3</sup>;

Absorção: 0,1644 g/cm<sup>3</sup>.

#### 2.c) Resultado da massa específica do cimento

Após a realização dos procedimentos experimentais discriminados na norma na metodologia supracitada, foram obtidas a seguinte massa para o cimento CP-V-ARI:

Massa específica: 3,037975 g/cm<sup>3</sup>.

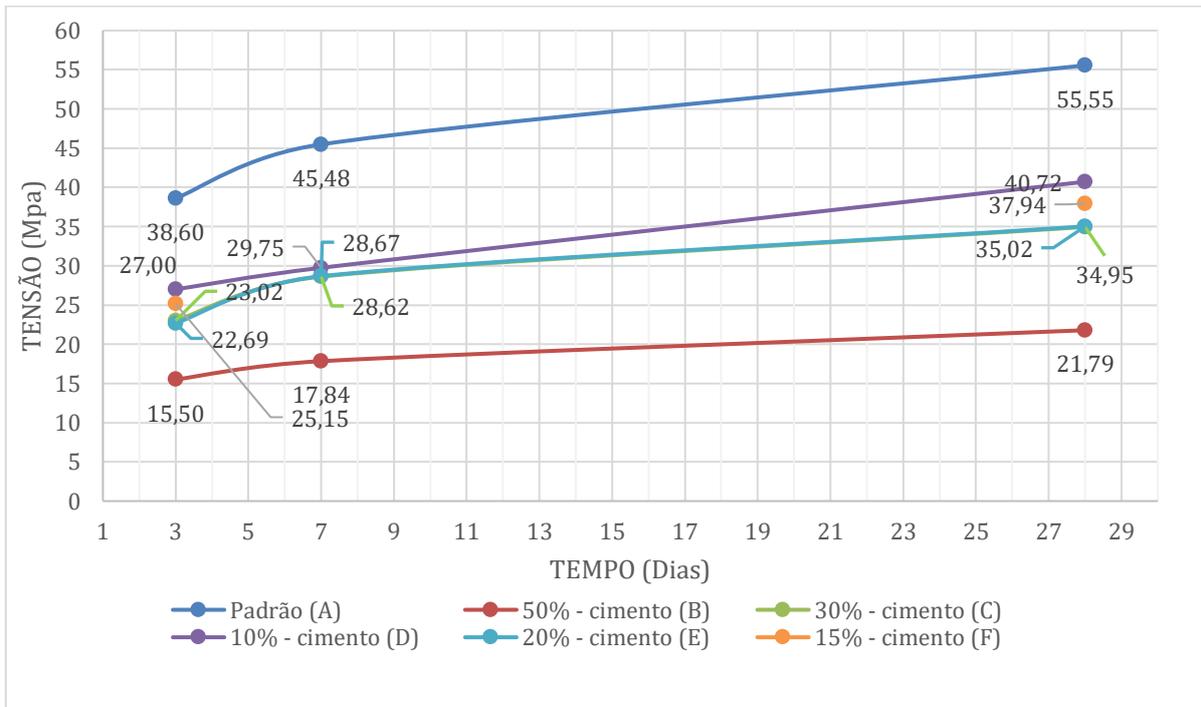
### 3) Resultado do traço padrão

Para o estudo do traço padrão foi utilizada a metodologia da ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland, para dosagem de concreto. Com base nessa metodologia e na experimentação manual do consumo de água, chegou-se aos seguintes resultados:

- (A) 1 : 1,64 : 1,49 : 0,43;  
Volume calculado: 0,02304 m<sup>3</sup>;
- a. Cimento: 13,33 Kg;
  - b. Areia: 21,84 Kg;
  - c. Brita: 19,84 Kg;
  - d. Água: 5,732 L;
  - e. Fator a/c: 0,43;
  - f. MF: 3,0;
  - g. Sd: A – 4,0 MPa.

#### 4) Resultado do ensaio de compressão axial simples

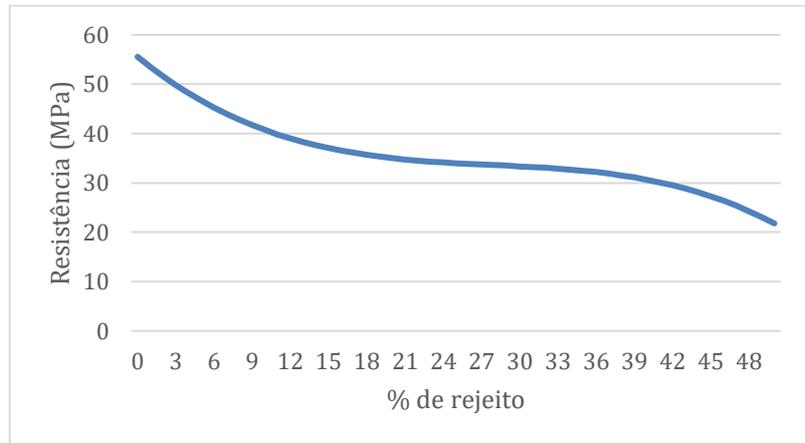
Após a realização dos ensaios de compressão axial simples em 3, 7 e 28 dias, pôde-se obter o resultado expresso graficamente, conforme consta no Gráfico 1.



**Gráfico 1** - Gráfico de tensão (MPa) vs tempo (dias)  
Fonte: Próprio Autor, 2019.

#### 5) Influência do rejeito na resistência do concreto

Por meio da interpolação numérica dos resultados obtidos com os traços A, B, C, F e E foi possível traçar um gráfico relacionando a porcentagem de rejeito com a resistência média aos 28 dias. Com isso obteve-se o Gráfico 2, o qual possibilitou a fabricação do traço F onde se obteve o máximo de redução de cimento substituindo-o pelo rejeito cerâmico.



**Gráfico 2** - Interpolação numérica da resistência (MPa) vs a % de rejeito.  
Fonte: Próprio Autor, 2019.

#### 6) Aparência física dos intertravados

Observando a aparência física do material produzido, é possível identificar uma crescente porosidade com o acréscimo do rejeito cerâmico. Dessa forma, podemos verificar essa porosidade, observando as imagens constantes na Figura 5, onde se tem uma amostra dos blocos confeccionados em laboratórios.



**Figura 5** – Amostra dos blocos dos traços A, B, C e E.  
Fonte: Próprio Autor, 2019.

## CONCLUSÕES

Através dos resultados expostos foi possível chegar, pelo método da substituição do cimento pelo rejeito cerâmico, ao valor máximo de 15%, comprovado pelo traço F a função polinomial obtida por meio da interpolação. Dessa forma, o valor representa uma economia de 15% de cimento com base no traço padrão. Vale ainda ressaltar que o valor máximo considerado foi de 37 MPa, visto que a norma ABNT, NBR 9781/2013 [12] exige resistência mínima de 35 MPa para tráfego leve e como o fator de correção para o molde utilizado (de 6 cm de altura) era 0,95, portando, necessitaríamos de uma resistência mínima de 37 MPa.

Além disso, o estudo ainda nos mostra que outras aplicações podem ser feitas com esse material utilizando uma quantidade maior de rejeito cerâmico, como blocos para alvenaria estrutural ou de vedação. Sendo ainda necessário um estudo sobre a absorção dos blocos com a variação da porcentagem de rejeito cerâmico, além da análise do traço F sem o incremento do rejeito, para ver a influência real do rejeito no traço.

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio financeiro do PIBITI/CNPq-UFCG.

Agradecemos ao orientador Prof. Dr. Reginaldo Severo Macedo pela orientação. Agradecemos ainda a todos os voluntários envolvidos e ao Laboratório de Caracterização de Materiais e ao Laboratório de Tecnologias dos Materiais, ambos da Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais da Universidade Federal de Campina Grande.

## REFERÊNCIAS

- [1] PAIVA, P. A.; RIBEIRO, M. S. **A reciclagem na construção civil**: como economia de custos. REA. Revista Eletrônica de Administração (Franca online). v. 4, p. 1-15, 2005.
- [2] SANTOS, J. H. A. **Melhoria do desenvolvimento urbano do município de Picuí**: um enfoque na redução de perdas através do diagnóstico inicial da situação do planejamento e controle de obras. Picuí, 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico em Edificações) – Instituto Federal da Paraíba, campus Picuí.
- [3] OLIVEIRA, T. Y. M. **Estudo sobre o uso de materiais de construção alternativos que otimizam a sustentabilidade em edificações**. Monografia (Curso de Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro - Escola Politécnica. 2015.

- [4] ROCHA, J. C.; CHERIAF, M. **Aproveitamento de resíduos na construção**. In Coleção Habitare, volume 4 – Utilização de Resíduos na Construção Habitacional, p. 72-93. ANTAC. Porto Alegre. 2003.
- [5] MENEZES, R. R., NEVES, G. A., FERREIRA, H. C. **O estado da arte sobre o uso de resíduos como matérias-primas cerâmicas alternativas**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 6, n. 2, pp. 303-313, 2002.
- [6] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro, 2005.
- [7] \_\_\_\_\_. **NBR 5733**: Cimento Portland de alta resistência inicial. Rio de Janeiro, 1991.
- [8] \_\_\_\_\_. **NBR 7217**: Agregados: determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 1987.
- [9] \_\_\_\_\_. **NBR 16605**: Cimento Portland e outros materiais em pó — Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2017.
- [10] \_\_\_\_\_. **NBR NM 52**: Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.
- [11] \_\_\_\_\_. **NBR NM 53**: Agregado graúdo - Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2009.
- [12] \_\_\_\_\_. **NBR 9781**: Peças de concreto para pavimentação — Especificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013.