

3.01.01 - Engenharia Civil / Construção Civil

## POTENCIALIDADE DO USO DA ESCÓRIA DE ACIARIA NA PRODUÇÃO DE BLOCOS DE CONCRETO PARA PAVIMENTAÇÃO

Nathália Gonçalves Maltez<sup>1\*</sup>, Gleícia Miranda Paulino<sup>2</sup>, Rafael Vital Januzzi<sup>3</sup>, Lucas de Á. S. Carneiro<sup>4</sup>

1. Estudante de IC da UEMG – Unidade João Monlevade
2. Pesquisadora da UEMG – Unidade João Monlevade (Orientadora)
3. Pesquisador da UEMG – Unidade João Monlevade (Coorientador)
4. Voluntário de IC da UEMG – Unidade João Monlevade

### Resumo:

A escória é um dos resíduos gerados pela produção do aço. O aproveitamento deste resíduo de siderurgia na construção civil surge como alternativa para reduzir a degradação ambiental. O objetivo do trabalho foi avaliar o uso da escória em substituição aos agregados naturais (areia/brita), na produção de blocos de concreto para pavimentação.

Foram testadas as seguintes proporções de scoria na produção dos blocos: 0, 15, 35, 70 e 100%. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com três repetições. Foram analisadas a composição granulométrica, a caracterização físico-química, a resistência à compressão e a absorção de água.

Todos os tratamentos com escória apresentaram absorção de água maior que 7%. Não houve diferença significativa entre os tratamentos para resistência à compressão, cujos valores médios obtidos foram superiores ao limite mínimo normativo (35MPa). A escória apresentou-se viável para utilização como agregado na produção de blocos para pavimentação.

**Autorização legal:** Não se aplica para este estudo.

**Palavras-chave:** Escória; Aproveitamento de resíduo; Construção civil.

**Apoio financeiro:** Programa Institucional de Apoio à Pesquisa – PAPq/UEMG.

**Trabalho selecionado para a JNIC pela instituição:** UEMG – Unidade João Monlevade.

### Introdução:

O desenvolvimento industrial acelerado nos últimos anos tem causado grandes prejuízos ao meio ambiente, por isso faz-se necessária a implantação de políticas que visem minimizar os danos ambientais. Nesse âmbito, a reciclagem de resíduos industriais representa um componente primordial no que tange o desenvolvimento sustentável (GEYER, 2001).

O desenvolvimento de tecnologias para reciclagem de resíduos que sejam ambientalmente eficientes e seguras, que resultem em produtos com desempenho técnico adequado e que sejam economicamente competitivas nos diferentes mercados é um desafio técnico importante (ROCHA; JOHN, 2003).

A escória é um dos resíduos gerados durante a produção do aço, que pode ser realizada por meio da oxigenação em fornos na aciaria ou pelo processo de arco elétrico do forno. Esse resíduo vem sendo utilizado em diversas aplicações nos últimos tempos, como, por exemplos, em concreto, asfalto, lastro, bases de estrada, drenagem livre, preparo de terrenos, agricultura, pavimentação, dentre outras.

Para Hendriks *et al* (2000), a aplicação de resíduos na construção civil é um fato consagrado, tendo em vista as tendências de sustentabilidade idealizada mundialmente. Dessa forma, o reaproveitamento de resíduos da indústria siderúrgica na construção civil surge como um ponto favorável à sustentabilidade, sendo uma alternativa para a diminuição da degradação ambiental.

O objetivo deste trabalho foi estudar a viabilidade da aplicação da escória de aciaria, proveniente da usina siderúrgica localizada em João Monlevade/MG, em substituição aos agregados naturais utilizados na produção de blocos de concreto para pavimentação, como possível solução tecnológica que minimizasse os impactos ambientais relacionados à sua

disposição no ambiente.

### Metodologia:

**Amostragem:** A coleta das amostras seguiu os padrões da NBR 10.007 de 2004, que fixa os requisitos exigíveis para amostragem de resíduos sólidos (ABNT, 2004). Porções de areia, brita, escória fina e média foram coletadas, acondicionadas, identificadas e encaminhadas para o Laboratório de Materiais da FaEnge.

**Composição granulométrica:** foi determinada conforme orientações da NBR 7.217 (ABNT, 1987).

**Caracterização física:** Para caracterização física dos agregados (escória fina e média, areia e brita) foram feitos ensaios de determinação do teor de umidade total, por secagem, conforme NBR 9.939/2011 (ABNT, 2011). A caracterização física ainda envolveu a determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman, conforme NBR 9.776 (ABNT, 1997). Também foram determinadas as massas unitárias solta e compactada, conforme regulamentação NBR NM 45/2006 (ABNT, 2006). Já o coeficiente de inchamento foi determinado tomando-se como base os procedimentos descritos na NBR 6467.

Por fim, foi determinado o traço através do método ABCP, a fim de que se obtivesse um traço-base, para fabricação dos corpos de prova.

**Caracterização química:** Uma porção de cada uma das amostras de escória foi enviada ao laboratório do Instituto de Ciência e Tecnologia da UNESP/SP para realização da caracterização química. Foram determinados os teores de  $\text{CaO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{S}$  e  $\text{P}_2\text{O}_5$ , através da espectroscopia de emissão de raios X por dispersão de energia (EDS-EDX), utilizando o equipamento Panalytical, modelo Epsilon3.

**Ensaio mecânicos:** Após as etapas anteriores, a escória de aciaria compôs a matéria prima utilizada na fabricação de blocos de concreto para fins de pavimentação, em forma de peças pré-moldadas. O experimento consistiu na fabricação de dois tipos de peças pré-moldadas, a primeira utilizando os agregados naturais (0% de escória) e a segunda os agregados de escória de aciaria, nas proporções: 15, 35, 70 e 100%.

Após 28 dias de cura dos blocos, foram realizados os ensaios de resistência à compressão e de absorção de água, em conformidade com a NBR 9781 (ABNT, 2013), que estabelece os requisitos e métodos de ensaio exigíveis para aceitação de peças de

concreto para pavimentação intertravada sujeita ao tráfego de pedestres, de veículos dotados de pneumáticos e áreas de armazenamento de produtos.

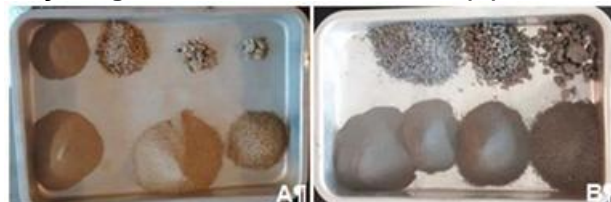
Por fim, os resultados obtidos nos ensaios foram utilizados para realizar comparações entre os corpos de prova de referência (0% de escória) e os corpos de prova contendo escória (15, 35, 70 e 100% de adição), com o propósito de verificar a consonância com a norma e se estabelecer pontos favoráveis para utilização dos blocos de escória de aciaria em pavimentações.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com três repetições. Foi realizado o Teste de Tukey para comparação das médias, no intervalo de confiança de 5%.

### Resultados e Discussão:

Finalizado o processo de agitação das peneiras do ensaio de composição granulométrica foi feita a determinação da massa total de material retido e no fundo do conjunto. A Figura 1 mostra as diferentes frações granulométricas da areia (A) e da escória (B).

**Figura 1: frações granulométricas da areia (A). Frações granulométricas da escória (B)**



O certificado desse ensaio consignou a dimensão máxima característica e o módulo de finura. A dimensão máxima característica é a grandeza associada à distribuição granulométrica do agregado, correspondente à abertura nominal, em milímetros, da malha da peneira, na qual o agregado apresenta uma porcentagem retida acumulada igual ou imediatamente inferior a 5% em massa (ABNT, 1987). Os valores médios para areia, escória fina e escória média foram, respectivamente, de 2,36; 9,50; e 9,50mm.

Já o módulo de finura é a soma das porcentagens retidas acumuladas em massa de um agregado, nas peneiras da série normal, dividida por 100 (ABNT, 1987). Os valores médios para areia, escória fina e escória média foram, respectivamente, de 2,02; 3,09; e 4,43.

Quanto à caracterização física dos agregados (Tabela 1), os teores de umidade total, por secagem da areia, da brita, da

escória fina e da escória média, as médias foram de 0,42; 0,06; 6,08 e 4,23%, respectivamente. O ensaio do coeficiente de inchamento apontou que o percentual médio da umidade crítica da areia, brita e escória foram de 7,00; 9,00 e 9,00%.

Os valores de massa específica de agregados miúdos (frasco Chapman) da areia e da escória fina foram, respectivamente, 2,72 e 3,77g/cm<sup>3</sup>. As massas unitárias soltas para areia, escória fina, brita e escória média foram: 1,49; 2,11; 1,44 e 2,07kg/dm<sup>3</sup>, respectivamente. Já para as massas unitárias compactadas foram: 1,57; 2,19; 1,47; 2,11 kg/dm<sup>3</sup>, respectivamente. Foi determinado ainda, através do método ABCP, o traço a ser utilizado, que determinou a seguinte proporção a ser utilizada: 1:0,83:1,35:0,36 (cimento:areia:brita:massa água/massa cimento-a/c).

**Tabela 1: Caracterização física dos agregados.**

Variável para Caracterização Física	Agregado			
	Areia	Escória Fina	Escória Média	Brita
Módulo de Finura	2,02	3,09	4,43	-
Umidade (%)	0,42	6,08	4,23	0,06
Massa Específica (g/cm <sup>3</sup> )	2,72	3,77	-	-
Massa Unitária Solta (kg/dm <sup>3</sup> )	1,49	2,11	2,07	1,44
Massa Unitária Compacta (kg/dm <sup>3</sup> )	1,57	2,19	2,11	1,47
Umidade Crítica (%)	7,00	-	9,00	9,00
Traço (cimento:areia:brita:a/c)	1:0,83:1,35:0,36			

A porção de escória que foi enviada para caracterização química apresentou os teores dos elementos químicos mostrados na Tabela 2, onde pode ser observado elevado percentual de ferro na escória.

**Tabela 2: Valores das variáveis para a caracterização química da escória de aciaria.**

Mg	Al	Si	P	S	Ca	Fe	Sr
			%				
0,278	3,04	6,02	0,27	1,77	5,81	82,77	439,00

As peças pré-moldadas (blocos de pavimentação) fabricados, para as diferentes proporções de escória (0, 15, 35, 70 e 100%) tinham dimensões retangulares de 10x20x6cm (largura x comprimento x espessura). A Figura 2 mostra os blocos produzidos.

**Figura 2 - Blocos de pavimentação**



Ao final de 28 dias de cura, os blocos foram submetidos a ensaios de absorção de água e compressão. O ensaio de absorção de água em peças de concreto deve apresentar valor médio menor ou igual a 6 %, não sendo admitido valor maior do que 7 % (ABNT, 2013). A Tabela 3 mostra os resultados do ensaio.

**Tabela 3: Valores para ensaio de absorção de água nos blocos contendo diferentes percentuais de escória de aciaria.**

Blocos com diferentes percentuais de escória de aciaria (%)	Absorção de Água (%)
0 (testemunha)	6,07
15	7,72
30	8,26
70	9,86
100	11,22

Os valores superiores a 7% de absorção de água nos blocos com escória podem ser justificados pelo fato da escória apresentar porosidade e absorção de água mais elevados do que em agregados naturais.

Já a resistência característica à compressão dos blocos destinados ao tráfego de pedestres, veículos leves e veículos comerciais, deve ser, aos 28 dias de cura, superior à 35MPa, conforme a NBR 9781/2013. No presente trabalho, os resultados para este ensaio mostraram que todos os tratamentos ensaiados atenderam ao requisito imposto pela norma, adequando-se a aplicação mencionada (Tabela 4).

**Tabela 4: Valores médios para Máximo de carga e resistência característica à compressão nos blocos contendo diferentes percentuais de escória de aciaria, aos 28 dias de cura.**

Blocos com diferentes percentuais de escória de aciaria (%)	Máximo Carga (N)	Tensão à compressão em Máximo Carga (resistência) (MPa)
0 (testemunha)	834413,13 ± 84375,05a	41,72 ± 4,21a
15	711362,69 ± 15409,93a	35,57 ± 0,77a
30	844143,38 ± 60670,31a	42,21 ± 3,03a
70	836113,17 ± 98382,27a	41,81 ± 4,91a
100	730392,56 ± 16512,95a	36,52 ± 0,82a

Médias ± Erro padrão seguidas de pelo menos uma mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, 5% de probabilidade.

Todos os tratamentos testados não apresentaram diferença significativa, o que nos permite inferir que a adição de escória pode substituir os agregados naturais, garantindo uma resistência característica à compressão média, aos 28 dias, bem acima do mínimo recomendado pela norma, mesmo utilizando 100% de escória como agregado.

## Conclusões:

Pode concluir que a escória de aciaria apresenta-se como alternativa viável para utilização como agregados na produção de blocos de concreto para pavimentação, uma vez que garantiu desempenho mecânico das peças produzidas com competência a compressão superior ao limite mínimo normativo para utilização no tráfego de pedestres, veículos leves e veículos comerciais.

## Agradecimentos

Ao Programa Institucional de Apoio à Pesquisa – PAPq/UEMG que possibilitou a pesquisa;

Ao Laboratório do Instituto de Ciência e Tecnologia da UNESP/SP que contribuiu para a realização da caracterização química da escória;

À UEMG - Unidade João Monlevade que disponibilizou estrutura física de biblioteca e laboratórios para realização das análises e ensaios.

## Referências bibliográficas

Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 10007/2004: Amostragem Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 7217/1997. Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 1987.

Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 9939/2011. Agregado graúdo - determinação do teor de umidade total - método de Ensaio. Rio de Janeiro, 2011.

Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 9776/1997. Agregados - Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman. Rio de Janeiro, 1997.

Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR NM 45/2006. Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.

Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 6467/2006. Agregados - Determinação do inchamento do agregado miúdo - método de Ensaio. Rio de Janeiro, 2006.

Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 9781/2013. Peças de Concreto para

pavimentação. Rio de Janeiro, 2013.

GEYER, R. M. T. Estudo sobre a potencialidade de uso das escórias de aciaria como adição ao concreto. 2001. 20f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

HENDRIKS, C. F.; NIJKERK, A. A. O ciclo da construção. Brasília: UnB, 2007.

ROCHA, J. C.; JOHN, V. M. Utilização de Resíduos na Construção Habitacional. Coletânea Habitare, V4, ANTAC, Porto Alegre, 2003, 272p.