

## III-020 - EFEITOS DO PÓ DE EXAUSTÃO DE ADF NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO CONCRETO CONVENCIONAL

**Maria Auxiliadora de Barros Martins<sup>(1)</sup>**

Doctorate in Engineering of Materials, Federal University of Itajubá. Professional Master's Degree in Engineering of Materials, Federal University of Itajubá, (Mestrado Profissional em Engenharia de Materiais da Universidade Federal de Itajubá),

**Regina Mambeli Barros<sup>(2)</sup>**

Professor of Natural Resources Institute, Federal University of Itajubá, National Reference Center in Small Hydropower, (Instituto de Recursos Naturais da Universidade Federal de Itajubá, Centro Nacional de Referência em Pequenas Centrais Hidrelétricas

**Gilbert Silva<sup>(3)</sup>**

Professor of Mechanical Engineering Institute, Federal University of Itajubá, (Instituto de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Itajubá)

**Ivan Felipe Silva Santos<sup>(4)</sup>**

Hydric Engineer. Student of Doctorate in Mechanical Engineering at UNIFEI, and Master of Science in Engineering of Energy, Federal University of Itajubá, (Engenharia da Energia da Universidade Federal de Itajubá)

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. BPS, 1303, Itajubá-MG, Phone: +55(35)36291224, Fax:+55(35)36291265, CEP: 37500-903, e-mail: [deiamabmartins@gmail.com](mailto:deiamabmartins@gmail.com)

### RESUMO

Este estudo teve como objetivo analisar e caracterizar o Pó de Exaustão, de uma indústria de autopeças em estudo de caso e também, os agregados, areia comum e brita, para confecção do concreto com substituição parcial do agregado miúdo (areia). O Pó de exaustão é gerado durante o preparo da areia verde para caixas de moldagem de peças fundidas e durante a desmoldagem e limpeza das peças. A areia de desmoldagem, chamada de areia descartada de fundição (ADF), e o pó de exaustão são considerados os maiores problemas para as indústrias de fundição. O crescimento da indústria de fundição, o aumento na geração de resíduos e legislação ambiental mais rígida têm impulsionado as pesquisas em procura de formas de reutilização da ADF. Diversos estudos foram feitos com ADF. Todavia, são escassos os estudos do Pó de Exaustão com aplicação na construção civil. O resíduo foi classificado como não perigoso e não inerte, Classe II A, e com propriedades físicas adequadas para ser utilizados como substituto parcial do agregado miúdo na confecção de concreto. Foram feitas seis misturas com 0%, 10%, 20%, 30%, 40% e 50%, do resíduo em substituição parcial da areia para obtenção de concreto convencional, a fim de se obter resistência à compressão superior a 25MPa. Por meio dos resultados dos ensaios de resistência mecânica à compressão, concluiu-se que o resíduo pode ser usado nas misturas de concreto com melhoras de resistência.

**PALAVRAS-CHAVE:** Areia de Fundição, Pó de Exaustão, Agregado miúdo; Concreto convencional.

### INTRODUÇÃO

O processo de fundição é o método mais utilizado no mundo para fabricação peças metálicas. Este consiste na fusão do metal, em seguida é colocado nos moldes, que se solidifica nas formas conforme as características dos moldes (CAMPOS FILHO, 1978; CARNIN *et al*, 2010). A fundição em areia é mais simples e a mais utilizada na produção de peças de aço e ferro fundido, porque os moldes de areia são os que suportam melhor as altas temperaturas de fusão desses dois metais, mas também para a produção de peças de ligas de alumínio, latão, bronze e magnésio (BORGES, 2002). A areia de moldagem é preparada adicionando à areia base, argila e aditivos para garantir a resistência mecânica aos moldes (LOPES, 2009).

O Brasil ocupa a 7ª posição no *ranking* mundial de materiais fundidos, com uma produção anual de três milhões de toneladas. Possui cerca de 1300 empresas de fundição sendo a maioria de pequeno e médio porte e o maior cliente é a indústria automotiva (ABIFA, 2015). A maioria das fundições utiliza areia na elaboração de

seus moldes por ser um método simples e de baixo custo (SENAI, 1987; CASOTTI; DEL BEL FILHO; CASTRO, 2010).

A Areia Descartada de Fundição (ADF) gerada na desmoldagem de peças metálicas, em grande quantidade, é um dos maiores problemas para a indústria de fundição (BONET, 2002). É composta de areia base, geralmente de sílica de alta qualidade e baixo custo (85% - 95%), aglomerante como argila de bentonita (4% - 15%), aditivo carbonáceo (2% - 10%), para melhorar o acabamento da superfície e água (2%- 5%) (SINGH; SIDDIQUE, 2012; SIDDIQUE; SCHUTTER; NOUMOWE, 2009). Grande parte da areia de moldagem é tratada e retorna ao processo, mas outra parte perde as características de trabalhabilidade e permeabilidade e é descartada.

O Pó de Exaustão é proveniente do sistema de exaustão utilizado durante a desmoldagem e limpeza das peças metálicas a fim de evitar partículas suspensas no ambiente. O resíduo é separado do sistema através de captação por filtros manga (PEREIRA, 2014; MARTINS, 2016). Possui baixa granulometria e não é regenerado, pois prejudica as propriedades dos moldes (RIBEIRO *et al.*, 2006).

A ADF é um dos resíduos industriais de maior volume. No Brasil alcança, em média, 3 milhões de toneladas ao ano (ABIFA, 2012). Classificados como resíduo classe II A, ou seja, “não-perigoso e não inerte”, conforme Norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT NBR 10.004 (ABNT, 2004a), ADF juntamente com o pó de exaustão são em grande parte, depositados em aterros industriais, representando um passivo ambiental para as futuras gerações.

O aumento das restrições ambientais e o consequente aumento de custos para as indústrias quanto ao descarte correto do resíduo tem impulsionado as pesquisas para melhor aproveitamento de ADF (FAGUNDES; VAZ; OLIVEIRA, 2011). Para a Comissão do Meio Ambiente da ABIFA, o maior desafio da indústria de fundição é desmistificar junto à sociedade a utilização ambientalmente correta das ADF. A comissão atua em conjunto com as indústrias para o desenvolvimento de normas para a reutilização do resíduo (ABIFA, 2010).

Por outro lado, a indústria da Construção Civil é uma grande extrativista de recursos naturais, sendo os agregados os materiais mais utilizados (LA SEMA, 2009). Segundo a IBRACON, o concreto é o material construtivo mais utilizado no mundo, consumindo 11 bilhões ao ano, ou seja, em média 1,9 toneladas por habitante por ano (PEDROSO, 2009). O consumo de agregados naturais varia entre 1 (um) a 8 (oito) t/hab. ano, visto que no Brasil em 2013 o consumo de areia para construção civil foi de 377.248.000 t (KULAIF, 2014).

Diante da crescente produção de ADF em consequência do acréscimo na produção de fundidos, e a partir de estudos prévios sobre o uso de ADF em concreto, busca-se neste estudo, avaliar o comportamento da ADF retirada do Sistema de Exaustão, chamado de Pó de Exaustão, como substituto parcial do agregado miúdo em concreto, em estudo de caso do Pó de Exaustão de ADF advindo de uma indústria de autopeças localizada no Sul de Minas. Dessa forma, procura-se reduzir o grande descarte de resíduos e sua disposição em aterros de resíduos sólidos industriais além de minimizar a extração de areia nova do meio ambiente.

## OBJETIVO GERAL

- Avaliar o desempenho do concreto com substituição parcial de agregados finos por Pó de Exaustão.

## Objetivos específicos

- Caracterizar o resíduo, ou seja, analisar suas propriedades físicas e químicas para uso como agregados em concreto;
- Analisar a propriedade mecânicas, resistência à compressão, do concreto com substituição parcial da areia por Pó de Exaustão.

## **METODOLOGIA**

- **Análise do Pó de Exaustão**

A primeira parte do estudo objetivou detalhar os procedimentos experimentais para as caracterizações físicas, químicas e morfológicas do resíduo e analisar a viabilidade do material coletado para o uso em concreto segundo as Normas da ABNT.

- ✓ Ensaio de Granulometria; NBR NM 248/2003 (ABNT, 2003);
- ✓ Classificação quanto à periculosidade do resíduo (Lixiviação e Solubilização); NBR 10005 e 10006/2004 (ABNT, 2004b; 2004c); estas análises foram feitas no laboratório TASQA Serviços Analíticos Ltda. em Paulínia, SP.
- ✓ MEV (Micrografia Eletrônica de Varredura) – Análise morfológica, micro estrutural e composição química do material; aparelho Zeiss® Modelo EVO MA-15.
- ✓ Difração de raios X; composição mineralógica e fases do resíduo; aparelho Panalytical®, modelo Xpert-Pró.

- **Análise do concreto com adição do Pó de Exaustão**

O cimento utilizado foi o CPV ARI. Os agregados adquiridos em comércio local: areia fina retirada do rio Sapucaí MG e a brita 1 (19 mm) origem granítica. A água tratada pela COPASA MG.

Para efeito de cálculo foi utilizado resistência característica de 25 MPa e considerado aplicação em ambiente urbano com fator água /cimento 0,55. Para o traço do concreto foi utilizado o método ABCP.

Foram feitas cinco misturas de concreto com substituição parcial de 10%, 20%, 30%, 40% e 50% da areia por Pó de Exaustão e o concreto referência. Para cada mistura foram moldados 20 corpos cilíndricos de 10 x 20 cm e rompidos aos 7 e 28 dias.

As análises do concreto no estado endurecido foram feitas conforme se segue:

- ✓ Resistência à compressão axial, para avaliar a influência do processo na resistência mecânica dos materiais; NBR 5739/2007 - Ensaio de compressão (ABNT, 2007);
- ✓ As análises químicas do extrato lixiviado e solubilizado do concreto endurecido de acordo com os procedimentos das normas ABNT NBR 10005 (ABNT 2004b) e NBR 10006 (ABNT 2004c) conforme norma e parâmetros da NBR 10004/2004 (ABNT, 2004a).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

- **Análises do Pó de Exaustão**

### **Granulometria**

A distribuição granulométrica foi feita utilizando as peneiras para agregado miúdo conforme norma de agregados para concreto, NBR NM 248/2003 (ABNT, 2003) e está demonstrada na Tabela 1.

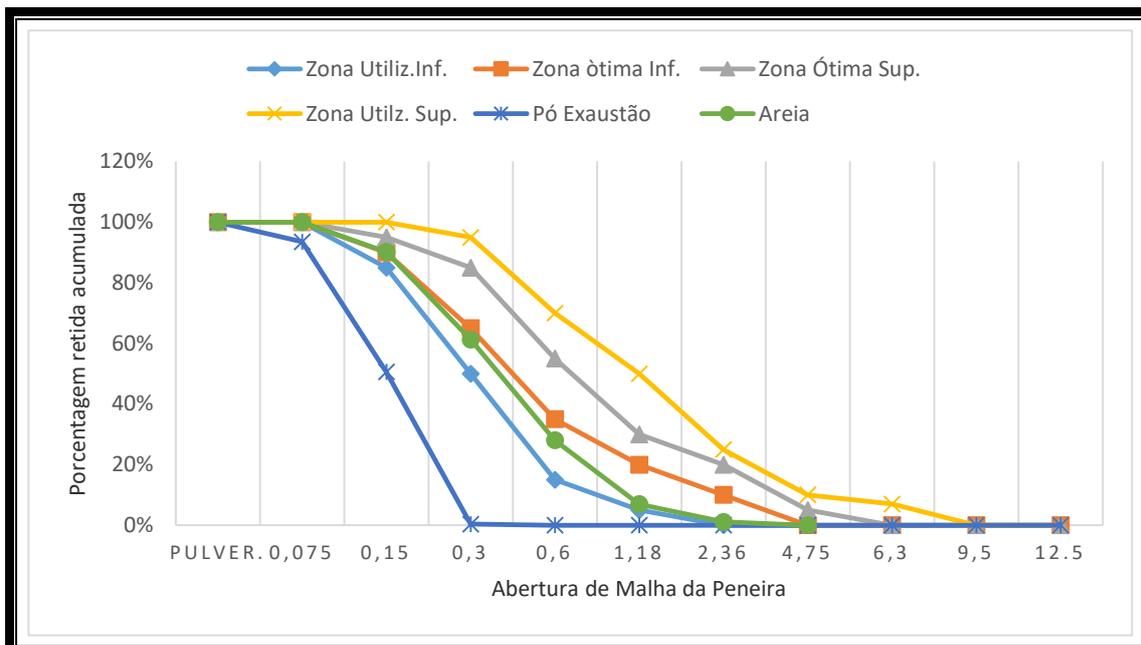
**Tabela 1- Distribuição Granulométrica do Pó de Exaustão**

PENEIRAS	% Retida Acumulada
4,75	0,0
2,36	0,0
1,18	0,0
0,6	0,014
0,3	0,394
0,15	50,591
0,075	93,486
< 0,075	100,000
Dimensão Máxima	0,3
Modulo de Finura	0,51
Graduação	Muito fina
Massa Especifica	2,61 g/cm <sup>3</sup>

Observa-se que o resíduo, Pó de Exaustão, mostrou-se com baixa granulometria tendo maior porcentagem abaixo de 0,3 mm. O módulo de finura foi determinado pela Equação 2 A NBR 7211/2005 classifica o Pó de Exaustão como muito fino.

$$MF = \sum \% \text{ Acum. } (\leq \# 0,15) / 100 = 50,999 / 100 = 0,51 \quad (2)$$

A distribuição granulométrica do Pó de Exaustão foi continua. Porém ficou abaixo do limite inferior da zona utilizável para aplicação em concreto; como demonstrado na Figura 1. No entanto, deve ser feito estudo na dosagem para sua aplicabilidade em concreto. Este resultado também foi encontrado por Watanabe (2004). A distribuição continua do agregado reduz a permeabilidade e aumenta a durabilidade do concreto.



**Figura 1 - Curva granulométrica do pó de Exaustão e da areia comum Fonte: Autor**

A análise do resíduo em estudo, realizada pela sequência de peneiras apresentou 50,59% entre 0,6 e 0,15 mm e 49,41% inferior a 0,15 mm. Ainda, é possível notar que 6,51% material que passa na peneira de malha 0,075 mm é considerado pela norma ABNT NBR 7211/2005 (ABNT, 2005) como material Pulverulento. Sendo a

porcentagem máxima de 5% em massa admitida para concreto. No entanto a massa total do agregado miúdo, considerando a areia comum e a porcentagem do pó de exaustão, o valor não ultrapassou os 5%.

### Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

A micrografia do resíduo está representada na figura 3. As partículas apresentam certa homogeneidade com morfologia de subangulares para arredondada, ou seja, mistura de faces planas e arredondadas com poucas arestas e ângulos suavizados. Esta classificação também encontrada por Santos *et al.* (2005), Monosi, Sani e Tittarelli (2010) e Salomão (2010).

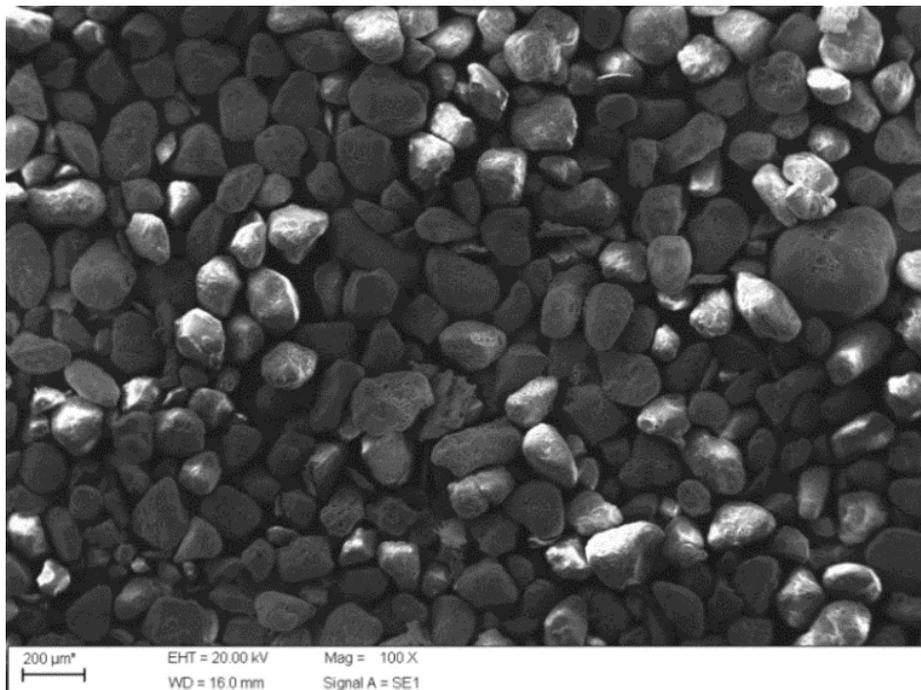
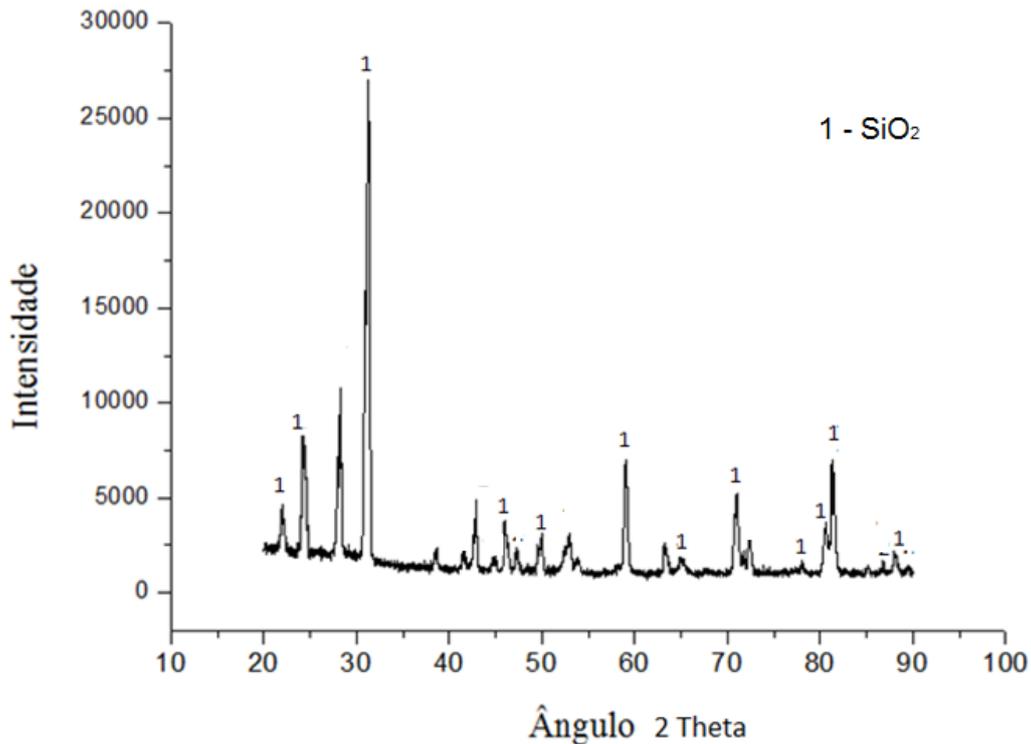


Figura 3 - MEV por Elétron Secundário (SE) com aumento de 100x

### Difração de raios X (DRX) do Pó de Exaustão

A composição mineralógica do resíduo pó de exaustão foi analisada por difração de raios-X conforme apresentado na figura 4, na qual se verificou a presença predominante de sílica ( $\text{SiO}_2$ ), na forma de quartzo na fase cristalina. Como foi demonstrado por Santos *et al.* (2015), Barros *et al.* (2013) e Toledo (2006).



**Figura 4- Análise de fases por Difratoograma (DRX) do Pó de Exaustão**

A maior quantidade de Sílica (SiO<sub>2</sub>) foi observada em razão da matéria prima da areia verde utilizada para moldagem dos fundidos.

#### **Análise química do Pó de Exaustão**

As características químicas através de ensaios do extrato lixiviado e solubilizado, conforme normas e parâmetros ABNT NBR 10004/2004, que classifica o resíduo quanto a periculosidade são muito importantes (BARROS, 2013). Estas análises foram feitas no laboratório TASQA Serviços Analíticos Ltda. em Paulínia, SP.

Na análise do extrato lixiviado todos os parâmetros ficaram abaixo do limite máximo da ABNT, enquanto na análise do solubilizado alguns parâmetros, alumínio, bário, chumbo, ferro, cromo, manganês e nitratos ultrapassaram o limite máximo permitido pela ABNT.

O resíduo foi classificado como Classe II A – Resíduo Não Perigoso e Não inerte.

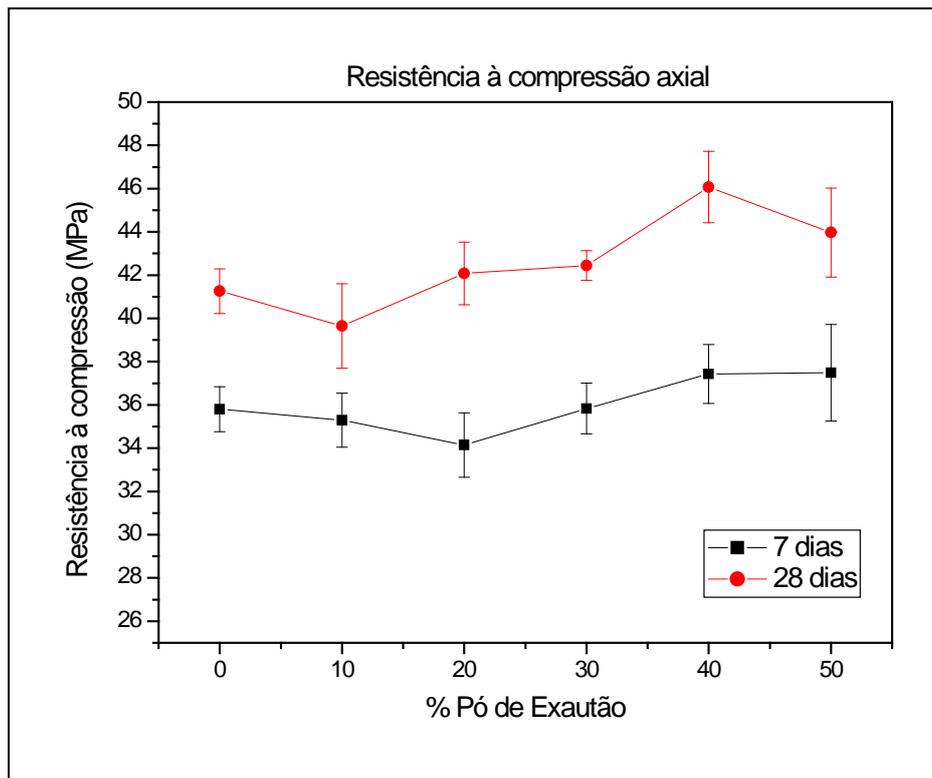
- **Propriedades do Concreto com Pó de Exaustão**

#### **Concreto Fresco: Abatimento**

O resíduo não prejudicou a trabalhabilidade e consistência do concreto com até 50%. Embora seja um agregado muito fino, que poderia diminuir a trabalhabilidade o resíduo possui forma arredondada, o que melhora esta propriedade.

#### **Resistência à Compressão Axial**

As médias de Resistência à Compressão Axial estão representadas na Figura 5.



**Figura 5 - Gráfico de tensões por compressão axial nas misturas de concreto**

Observou-se que as misturas com 0, 10%, 20%, 30% e 50% estão dentro dos desvios padrão, então não se pode inferir que houve aumento ou diminuição de resistência nessas porcentagens. Conclui-se que houve um aumento real de resistência com 40%, isto pode ser explicado que a mistura ficou mais densa e com melhor resistência a compressão devido a substituição de areia por Pó de Exaustão. Resultados semelhantes foram encontrados por Dalla Valentina *et al.* (2013).

#### **Análise química do concreto com 50% do pó de exaustão**

Os ensaios de lixiviação e solubilização foram feitos na amostra de mistura com 50% do Pó de exaustão. Os parâmetros analisados apresentaram concentrações adequadas às indicadas no Anexo G da Norma NBR 10004/2004 (ABNT, 2004a) e, portanto, a amostra de concreto foi classificada como CLASSE II B, ou seja, Não Perigoso e Inerte.

#### **Implicações Ambientais**

O reuso do resíduo, pó de exaustão, traz benefícios ambientais com redução de energia na extração de areias novas para concreto e minimiza a disposição em aterros.

A pesquisa de Carnin *et al.* (2010) sobre o reuso de ADF para fabricação de peças de concreto para pavimento Intertravado, propiciou a abertura de uma fábrica piloto em parceria com a prefeitura de Joinville, SC para calçamento de vias públicas.

A indústria, Fundação, engenharia e máquinas LTDA (FEMAQ), em Piracicaba SP, no ano 2000, desenvolveu uma fábrica de artefatos de concreto, blocos de fechamento e bloquetes para pavimentação, aproveitando o resíduo como parte da areia no concreto. Com um investimento de R\$ 150.000,00 obtiveram tanto benefícios ambientais quanto financeiros: redução de custos com transporte e disposição final do resíduo de R\$ 240.000,00/ano além de obter lucros com a empresa de 50.000,00/ano (SÃO PAULO/CETESB, 2003).

O custo para disposição de resíduo sólido em aterro é de R\$ 626,00/t. Este valor foi corrigido pelo índice IGP-M (FGV) baseado nos dados da empresa Atitude Serviços LTDA de SP que especificou o valor R\$ 0,35 /kg em 2007 (LIMA; FERREIRA, 2007).

## CONCLUSÃO

O resíduo, Pó de exaustão, foi analisado quanto às suas propriedades físicas, químicas e morfológicas e de acordo com revisão bibliográfica, é possível o seu uso, como substituto parcial do agregado miúdo, em argamassa de concreto. Portanto, avaliou-se posteriormente, qual a porcentagem ideal para que a mistura adquira boa resistência mecânica a compressão.

Para o concreto endurecido, a resistência mecânica à compressão aos 28 dias, todas as misturas atingiram valores maiores que 25 MPa. Sendo que, a mistura com 40% foi a que alcançou melhor resultado, 46 MPa.

Os resultados da análise química, lixiviação e solubilização, mostram que as substâncias que ultrapassaram os limites máximos permitidos pela norma ABNT 10.004/2004, na análise do Pó de Exaustão, quando adicionado ao concreto estes valores foram inferiores aos valores máximos permitidos. O Concreto foi classificado como CLASSE II B, Não Perigoso, INERTE.

Conclui-se ainda que o reuso do Pó de exaustão de ADF traz economia de energia com redução da areia retirada do ambiente para fabricação de concreto, reduz custos com transporte e disposição em aterros trazendo benefícios para o meio ambiente além de gerar renda com fabricação de artefatos de concreto não estrutural.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-Ministério da Educação (Capes-MEC) pelo apoio financeiro concedido a primeira autora, Maria Auxiliadora de Barros Martins.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Associação Brasileira da Indústria de Fundição, ABIFA (1999) - COMISSÃO de MEIO AMBIENTE da ABIFA, **Manual de Regeneração e Reuso de Areias de Fundição**, São Paulo, pp. 1-49, 1999.
2. \_\_\_\_\_ Comissão do Meio Ambiente, **Revista da ABIFA, Fundição & Matérias-Primas**, 123ª ed., pp 82-84, agosto 2010.
3. \_\_\_\_\_ **Anuário ABIFA 2012**, Guia ABIFA de Fundição, junho 2012.
4. Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT - NBR 10004 - Resíduos Sólidos - Classificação, Rio de Janeiro, RJ, 2004a;
5. \_\_\_\_\_ **Anuário ABIFA 2015**, Indústria de Fundição no Brasil, pp.22-25, junho de 2015.
6. \_\_\_\_\_ NBR 10005 – Procedimento Para Obtenção do Extrato Lixiviado de Resíduos Sólidos – Rio de Janeiro, 2004b.
7. \_\_\_\_\_ NBR 10006 – Procedimento para Obtenção do Extrato Solubilizado de Resíduos Sólidos – Rio de Janeiro, 2004c.
8. \_\_\_\_\_ NBR 7211 - Agregados para concreto - Especificação, Rio de Janeiro, 2005.
9. \_\_\_\_\_ NBR NM 248 - Agregados - Determinação da Composição Granulométrica, Rio de Janeiro, 2003.
10. \_\_\_\_\_ NBR 5739 – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos, Rio de Janeiro, 2007.
11. BARROS, R. M. (2013), **Tratado Sobre Resíduos Sólidos - Gestão, Uso e sustentabilidade**, ed. Interciência, Rio de Janeiro, RJ, 2013, cap. 9, pp. 229-288.
12. BARROS, R. M.; PINTO, F. B.; BRITO, R. C.; SILVA, G.; TIAGO FILHO, G. L.; SILVA, F. G. S. (2013), Study of the properties of concrete partially containing waste foundry sand as aggregate, **Advanced Materials Research** (Online), v. 838-841, p. 131-136, 2013.
13. BONET, I. I. (2002), **Valorização do Resíduo Areia de Fundição (RAF): Incorporação nas Massas Asfálticas do Tipo C.B.U.Q.**, 131 f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
14. BORGES, M. M. (2002), **Fundição**, Engenharia do Produto, Processos Produtivos

15. <http://mmborges.com/processos>, acesso em 09/09/2016.
16. CAMPOS FILHO, M. P. (1978), **Solidificação e Fundição de Metais e suas Ligas**- Livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro, RJ, 1978, 246 p.
17. CARNIN, R. L. P., SILVA, C. O., POZZI, R. J., CARDOSO JR, D., FOLGUERAS, M. V. ; MALKOWSKI, W. (2010), Desenvolvimento de Peças de Concreto (PAVER) Contendo Areia Descartada de Fundição Para Pavimento Intertravado, **Revista Pavimentação**, ano V, pp 56-87, out./nov./dez./2010.
18. CASOTTI, B. P., DEL BEL FILHO, E.; CASTRO, P. C. (2010), Indústria de Fundição no Brasil: Situação Atual e Perspectivas, **Revista Metalurgia**, BNDES setorial 53, pp. 121-162, 2010.
19. DALLA VALENTINA L. V. O.; KOCH A.; SANTOS, C. C.; (2013), Uso de Resíduo de Fundição, Pó de Exaustão, em Argamassas. In: **23º SIC UDESC Seminário de Iniciação Científica, Universidade do Estado de Santa Catarina**, Joinville, SC, 2013.
20. EFFTING, C. (2014), **Propriedades do Concreto Fresco e Endurecido**, Disciplina Materiais de Construção Civil II, Departamento de engenharia Civil - Universidade do Estado de Santa Catarina, UDESC, Joinville, SC, 59p, 2014.
21. FAGUNDES, A. B.; Vaz, C. R.; OLIVEIRA, I. L. (2011), A Logística Reversa Aplicadas às Areias de Fundição, **Revista ABIFA Fundição & Matérias-Primas**, ed. 131, pp 22-30, 2011.
22. KNOP, W. R.; DALLA VALENTINA, L.; FOLGUEIRAS, M. V.; SEMPTIKOVSKI, S. C. (2009), **A Incorporação de Pó de Exaustão em Massa Cerâmica Atomizada Tipo Semigrês**, 12 p. Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, SC, 2009.
23. KULAIF, Y. (2014), Areia para Construção, **Sumário Mineral 2014**, Departamento Nacional de Produção Mineral, DNPM, Ministério de Minas e Energia, Brasília, v 34, pp 32-33, 2014.
24. LA SÊMA, H. A. (2009), Agregados para a Construção Civil, **Sumário Mineral 2009**, Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) - Ministério de Minas e Energia (MME), vol. 29, pp 8-9.
25. LIMA, R. G. C.; FERREIRA, O. M., 2007, **Resíduos industriais – Métodos de tratamento e análise de custos**, 18p, Universidade Católica de Goiás, Goiânia, GO.
26. LOPES L. R. N. (2009), **Avaliação da Redução dos Resíduos Sólidos de Areia Resinada em Fundição do Aço Através de Recuperação Térmica**. 111 p. Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, UFBA, Salvador, BA, 2009.
27. MARTINS, M. A. B. (2016), **Estudo da viabilidade do uso da areia retida no sistema de exaustão - de uma indústria de autopeças – em concreto convencional**, 134 p. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Itajubá UNIFEI, Itajubá, MG.
28. MINAS GERAIS, CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL COPAM, Deliberação Normativa nº 196, 03 de abril de 2014. Dispõe sobre a utilização da areia descartada de fundição na produção de artefatos de concreto sem função estrutural. Norma Estadual – Belo Horizonte, Mg, 08-de abril de 2014.
29. MONOSI, S.; SANI, D.; TITTARELLI, F. (2010), Used Foundry Sand in Cement Mortars and Concrete Production, **The Open Waste Management Journal**, n. 3, pp. 18-25, 2010.
30. PEDROSO, F. L. (2009), Concreto: As origens e a Evolução do Material Construtivo Mais Usado pelo Homem, **Revista Concreto & Construções**, IBRACON, Ed. 53, pp 14-19.
31. PEREIRA, H. R. S., (2014), **Proposta de Formulação de Argamassas para Assentamento e Revestimento de Paredes e Tetos com Incorporação de Pó de Exaustão de Fundição**; 2014; Tese (Doutorado em Ciências e Engenharia de Materiais) - Universidade do Estado de Santa Catarina, UDESC, Joinville, SC,
32. RIBEIRO, R. A. C.; MYNRIN, V. A.; JUNIOR, V. M. T.; PONTE H. de A. (2006), Utilização do Pó de Exaustão e Areia de Fundição no Desenvolvimento de Cerâmica Vermelha, In: **17º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais**, 2006, Foz do Iguaçu, PR.
33. SALOMÃO, F. X. T. (2010), Notas de Aula de **Composição e morfologia de solos**, Universidade Federal de Mato Grosso, UFMT, Cuiabá.
34. SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; DOS ANJOS, L. H. C. (2005), **Manual de descrição e coleta de solo no campo**, Universidade Federal de Viçosa, UFV, Viçosa, MG, 5ª ed., 100 p.
35. SANTOS, C.C.; DALLA VALENTINA, L. V. O.; SOUZA, R. O. (2015), Caracterização do Resíduo Pó de Exaustão de Fundição na Indústria da Construção Civil, **Revista Espacios**, vol. 36, nº5, p. 9.
36. SÃO PAULO, COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. **Produção mais limpa**, 2003.

37. SENAI (1987) - Serviço Nacional de Aprendizagem industrial, **Areias de Fundição Aglomeradas com Argila**, vol. I, Belo Horizonte, MG, 1987.
38. SIDDIQUE R.; SCHUTTER G.; NOUMOWE A. (2009), Effect of used-foundry sand on the mechanical properties of concrete, **Construction and Building Materials**; n. 23(2), pp. 976–80, 2009.
39. SINGH G.; SIDDIQUE R. (2012), Effect of Waste Foundry Sand (WFS) As Partial Replacement of Sand on the Strength, Ultrasonic Pulse Velocity and Permeability of Concrete, **Construction and Building Materials**, n. 26, pp. 416–422, 2012.
40. TOLEDO, E. B. S. (2006), **Método de Utilização de Areia de Fundição e Resíduos de Poeira de Jateamento (Microesferas de vidro) Para Produzir Cerâmica Vermelha**, 110 p. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2006
41. WATANABE, F. A. (2004), **Estudo Sobre a Utilização de Areia de Fundição Residual Como Agregado na Confeção de Pavimentos de Concreto**, 121 p. Dissertação de Mestrado, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Joinville, SC, 2004.