

SILVA, Alexandre Fernando da; VIEIRA, Carlos Alexandre; CANÇADO, Felipe Mendes; FARIA, Larissa; GUIMARÃES, Raphael Pimenta; SANTOS, João Antônio Souza. Caracterização Físico-Química e Avaliação da Viabilidade de Reuso de “Areias de Fundição” para Fabricação de Blocos de Concreto sem Função Estrutural.

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DE REUSO DE “AREIAS DE FUNDIÇÃO” PARA FABRICAÇÃO DE BLOCOS DE CONCRETO SEM FUNÇÃO ESTRUTURAL

PHYSICAL-CHEMICAL CHARACTERIZATION AND EVALUATION OF FEASIBILITY OF REUSE OF “FOUNDRY SAND” TO MANUFACTURE CONCRETE BLOCKS WITHOUT A STRUCTURAL FUNCTION

Alexandre Fernando da Silva¹

Carlos Alexandre Vieira²

Felipe Mendes Cançado³

Larissa Faria⁴

Raphael Pimenta Guimarães⁵

João Antônio Souza Santos⁶

¹ Mestre em Ciências pela Universidade de Franca, licenciado e bacharel em Química pela Universidade do Estado de Minas Gerais – Fundação Educacional de Divinópolis. Currículo: <http://lattes.cnpq.br/8689530662247163>.

² Doutor em Ciências pela Universidade de Franca, mestre em Biotecnologia pela Universidade Vale do Rio Verde de Três Corações, graduado em Química pela Universidade de Itaúna. Professor da Universidade do Estado de Minas Gerais e do Centro Universitário UNA. Currículo: <http://lattes.cnpq.br/3311692690861081>.

³ Graduando em Química pela Universidade do Estado de Minas Gerais – Unidade Divinópolis. Currículo: <http://lattes.cnpq.br/2785281345059634>.

⁴ Mestranda em Engenharia e Gestão de Processos e Sistemas pelo Instituto de Educação Tecnológica, especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho e graduada em Engenharia de Produção pela Universidade do Estado de Minas Gerais. Gestora de projetos da Pemill Fundição e Usinagem Currículo: <http://lattes.cnpq.br/6082942794725355>.

⁵ Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho e graduado em Engenharia de Produção pela Universidade do Estado de Minas Gerais – Fundação Educacional de Divinópolis, técnico em Fundição pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. Gerente de Produção Fumil Limitada e professor do Centro Educacional Conceição Ferreira Nunes. Currículo: <http://lattes.cnpq.br/7381179471970004>.

⁶ Cursa MBA em Gestão de Projetos com ênfase em Processos Industriais pelo Instituto de Educação Tecnológica, graduado em Engenharia de Produção pela Universidade do Estado de Minas Gerais - Fundação Educacional de Divinópolis. Analista de PPCP da Esfera – Estamparia de Ferro e Aço. Currículo: <http://lattes.cnpq.br/5157696231842278>.

Revista Brasileira de Gestão e Engenharia – ISSN 2237-1664 Centro de Ensino Superior de São Gotardo	Número XIV Jul-dez 2016	Trabalho 05 Páginas 83-104
http://periodicos.cesg.edu.br/index.php/gestaoeengenharia	periodicoscesg@gmail.com	

SILVA, Alexandre Fernando da; VIEIRA, Carlos Alexandre; CANÇADO, Felipe Mendes; FARIA, Larissa; GUIMARÃES, Raphael Pimenta; SANTOS, João Antônio Souza. Caracterização Físico-Química e Avaliação da Viabilidade de Reuso de “Areias de Fundição” para Fabricação de Blocos de Concreto sem Função Estrutural.

RESUMO:

Apesar de consumir grande volume de rejeitos, como sucatas de metais, a indústria de fundição é também grande geradora de resíduos sólidos, provenientes do seu processo produtivo. O principal resíduo deste seguimento industrial consiste da areia de moldagem, esta que é utilizada para fabricação de moldes para dar forma as peças de metal fundido. A região Centro-Oeste do Estado de Minas Gerais concentra uma grande quantidade de empreendimentos deste setor, destaque para o município de Cláudio, sendo este o maior polo da região. A geração de grandes quantidades deste resíduo, somando-se a dificuldade e elevado custo para descarte ou armazenamento do mesmo, consiste em sério problema econômico e ambiental, tendo em vista que em muitos casos de descartes é feito de forma inadequada, contaminando o solo, ar e lençol freático. Apresenta-se como uma alternativa de solução a este problema o reuso do resíduo areia de fundição na confecção de blocos de concreto para emprego na construção civil.

PALAVRAS-CHAVE: Areia; Fundição; Caracterização; Blocos de Concreto.

ABSTRACT:

Despite consuming a great tailing volume such as scrap metal, foundry industry is also a big generator of solid waste originating from its productive process. The main waste product generated by this industrial segment consists of the molding sand which is used to produce molds to give shape to metal molten pieces. The Central Western region in the state of Minas Gerais concentrates a great variety of these ventures with the city of Cláudio being the biggest center in the region. The generation of great amounts of waste combined with the difficulty and high costs for disposing or storing it is a serious economical and environmental problem considering that many disposals are done in an inappropriate way, what leads to soil, air and water table contamination. The reuse of foundry sand to manufacture concrete blocks to be used in civil engineering is shown as a solution to this problem.

KEYWORDS: Sand; Foundry; Characterization; Concrete Blocks.

01 – INTRODUÇÃO

Atualmente, a indústria de fundição possui grande relevância social e econômica. De acordo com a ABIFA (Associação Brasileira de Fundição), em maio de 2016, foram produzidas no país 178.323 toneladas de fundidos, deste total, 153.211 toneladas correspondem aos ferrosos. O Estado de Minas Gerais, com uma produção de 35.339 toneladas, figura como terceiro pólo nacional na produção de fundidos, atrás de São Paulo (59.930 toneladas) e a região Sul (63.775 toneladas). A região mineira que mais se destaca com as indústrias de fundição é a Centro-Oeste, especialmente os municípios de Cláudio, Divinópolis, Itaúna, Itatiaiuçu, Pará de Minas e Carmo da Mata que, segundo dados de 2008, da SEDE-MG (Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais) sediam 124 empresas, com capacidade nominal de 2.000.000 de toneladas/ano. Ainda, segundo os dados da ABIFA, o total de empregados neste setor é de 52.947 colaboradores. Minas Gerais ocupa a segunda posição entre os maiores empregadores do setor, com 15.272 trabalhadores (ultrapassando o Estado de São Paulo) atrás apenas da região

Revista Brasileira de Gestão e Engenharia – ISSN 2237-1664 Centro de Ensino Superior de São Gotardo	Número XIV Jul-dez 2016	Trabalho 05 Páginas 83-104
http://periodicos.cesg.edu.br/index.php/gestaoeengenharia	periodicoscesg@gmail.com	

Sul, com 17.912 trabalhadores. De forma geral, o processo de fundição consiste na obtenção de um metal líquido através de um forno de fusão, seguido de sua transferência para o molde, confeccionado com areia, no qual deseja atribuir forma à peça. Após o resfriamento da peça, ocorre a desmoldagem e posteriores procedimentos de acabamento (SILVA e GIL, 2009). Este processo, porém, é um grande gerador de resíduos, o que acarreta em problemas sérios à indústria em relação ao seu custo de armazenamento e descarte. Além do custo econômico, os danos ao meio ambiente devem também ser ressaltados, o que torna fundamental a busca de alternativas práticas e rentáveis para a reutilização do material (SANTOS *et al*, 2013), visto que, no Brasil, o descarte anual de areia é de 2 milhões de toneladas (MACIELA *et al*, 2009).

A alternativa utilizada pelas indústrias da região Centro-Oeste de Minas Gerais é o aterro de resíduos industriais Tarcísio Cardoso de Sousa, localizado no município de Itaúna, a 70 km de Cláudio. Segundo dados da SINDIMEI (Sindicato Intermunicipal das Indústrias Metalúrgicas, Mecânicas e do Material Elétrico de Itaúna) o espaço recebe uma média anual de 30.000 toneladas. Mantendo-se essa quantidade, a previsão de vida útil do espaço é de 15 anos, ou seja, ainda não constitui uma solução definitiva. Uma das alternativas é a reutilização da areia de fundição como agregado na confecção de artefatos de concreto sem função estrutural.

02 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 – Características de Resíduos Gerados no Processo de Fundição

A areia de fundição utilizada na etapa de moldagem é constituída de areia silicosa (material refratário), adicionada de aglomerantes e plastificantes. A areia de moldagem deve apresentar propriedades como: refratabilidade, resistência mecânica, permeabilidade adequada e moldabilidade. Na produção dos machos, a areia deve apresentar, além das propriedades citadas, a capacidade de perder resistência no início da solidificação do metal (BIOLO, 2005).

Revista Brasileira de Gestão e Engenharia – ISSN 2237-1664 Centro de Ensino Superior de São Gotardo	Número XIV Jul-dez 2016	Trabalho 05 Páginas 83-104
http://periodicos.cesg.edu.br/index.php/gestaoeengenharia	periodicoscesg@gmail.com	

Os aglomerantes são materiais adicionados à areia base com o intuito de facilitar a agregação dos grãos e contribui para a melhora das propriedades dos moldes. Areia base é uma areia silicosa e refratária, apresentando-se como principal componente da mistura. Soares (2000) divide estes materiais em aglomerados orgânicos, inorgânicos e sintéticos. Os orgânicos são resinas que, adicionadas à mistura conferem propriedades como a resistência mecânica e boa colapsibilidade. Aglomerantes inorgânicos são basicamente argilominerais e cimentos. Ambos possuem como desvantagem a baixa colapsibilidade, pois tendem a sintetizar em contato com o metal fundido, dificultando a posterior desmoldagem da peça. Aglomerantes sintéticos apresentam características importantes como resistência, boa colapsibilidade e ainda a possibilidade de moldar seções finas. No entanto, a toxicidade destes materiais torna-se um grave problema. Geralmente possuem substâncias de elevadas massas molares e pontos de fusão, características fundamentais para resistirem às temperaturas do metal fundido.

As areias de fundição são classificadas em areia verde ou areia de processo: É o tipo de areia de moldagem composta da mistura de areia silicosa (base), argila e água. Após a desmoldagem é passível de reaproveitamento quase total (BONET, 2002). Areia Shel® ou areia de macho: É constituída da mistura de areia e resina sintética polimerizável a quente ou a frio com a utilização de catalisadores. Utilizada na confecção dos machos, em processos *shellmolding* (altas temperaturas) e *cold Box* (baixas temperaturas). A confecção dos moldes com essa areia dispensa a compactação mecânica, pois o aglomerante funciona como uma “cola” mantendo os grãos unidos (BIOLO, 2005).

2.2 – Caracterização e Classificação de Resíduos Sólidos de Acordo com a NBR 10.004

A principal norma que padroniza os procedimentos dos resíduos sólidos gerados no processo de fundição, desde a amostragem até sua efetiva classificação é a ABNT NBR 10.004, que dispõe sobre a classificação dos resíduos sólidos quanto aos potenciais riscos ao meio ambiente e a saúde das populações, afim de

Revista Brasileira de Gestão e Engenharia – ISSN 2237-1664 Centro de Ensino Superior de São Gotardo	Número XIV Jul-dez 2016	Trabalho 05 Páginas 83-104
http://periodicos.cesg.edu.br/index.php/gestaoeengenharia	periodicoscesg@gmail.com	

que sejam destinados adequadamente. Segundo a NBR 10.004, os resíduos sólidos são classificados em: a) Resíduos classe I – perigosos: apresentam periculosidade ao meio ambiente quando inadequadamente gerenciado ou risco à saúde pública devido a características físicas e químicas, b) Resíduos classe II – não perigosos: não apresentam nenhuma característica que os tornem perigosos quanto a toxicidade e reatividade, sendo subdivididos em resíduos de classe II A – não inertes e resíduos classe II B – inertes.

A areia de fundição é pré-classificada em acordo com a NBR 10.004, como resíduo não perigoso (classe II), no entanto, na ocorrência da presença de quantidades significativas de areia shell (areia de macho) podem ser classificados como resíduos perigosos (classe I), pois essa areia pode apresentar composição diversa devido a mistura de resinas e catalisadores (NBR 10.004).

2.3 – Lixiviação e Solubilidade

A lixiviação é definida como “processo para determinação da capacidade de transferência de substâncias orgânicas e inorgânicas presentes no resíduo sólido, por meio de dissolução no meio extrator” (NBR 10.005). O teste de lixiviação consiste em analisar a reatividade do resíduo, que pode provocar, direta ou indiretamente a contaminação do meio ambiente.

O processo de solubilização pode ser definido como a quebra de interações inter-iônicas ou intermoleculares no soluto, que envolve a separação de moléculas do solvente, fornecendo espaço no solvente para interação com o soluto (ALMEIDA, 2009).

2.4 – Principais Substâncias Identificadas nos Ensaios de Caracterização Físico-Química

Ensaios físico-químicos de areias de fundição podem revelar substâncias dissolvidas ou lixiviadas em maior quantidade. Essas substâncias merecem destaque no que tange contaminação ambiental e a exposição às mesmas, pode

Revista Brasileira de Gestão e Engenharia – ISSN 2237-1664 Centro de Ensino Superior de São Gotardo	Número XIV Jul-dez 2016	Trabalho 05 Páginas 83-104
http://periodicos.cesg.edu.br/index.php/gestaoeengenharia	periodicoscesg@gmail.com	

SILVA, Alexandre Fernando da; VIEIRA, Carlos Alexandre; CANÇADO, Felipe Mendes; FARIA, Larissa; GUIMARÃES, Raphael Pimenta; SANTOS, João Antônio Souza. Caracterização Físico-Química e Avaliação da Viabilidade de Reuso de “Areias de Fundição” para Fabricação de Blocos de Concreto sem Função Estrutural.

contribuir para diversos problemas ocupacionais e/ou de saúde. Na tabela 01, estão listadas substâncias / íons que foram identificados (em maior concentração) em ensaios de caracterização físico-química.

Tabela 01 = Principais propriedades das substâncias identificadas nos ensaios de caracterização físico - química

Íon / Substância	Solubilidade em meio aquoso	Toxicidade em solução aquosa	Classificação Química	Estabilidade Térmica
Fluoretos	A solubilidade dos íons pode ser baixa ou moderada, pois dependem do contra-íon	baixa	Íons Inorgânicos	Alta
Chumbo		elevada		
Mercúrio		elevada		
Cádmio		elevada		
Alumínio		moderada		
Nitratos		baixa		
Manganês		baixa		
Cobre		baixa		
Ferro		baixa		
Zinco		baixa		
Sufactantes		Alta		
Fenóis	Baixa	elevada		

2.5 – Alternativas para Destinar ou Reaproveitar o Resíduo Sólido Areia de Fundição

Apresenta-se como alternativa de custo, o uso cíclico da areia de fundição, porém após algumas reinserções ao processo produtivo, este material perde suas propriedades fundamentais, sendo necessário seu descarte. No entanto não constitui em uma solução definitiva, e sim temporária, pois em determinado intervalo de tempo, o espaço físico para descarte estará saturado, e seus passivos e implicações futuras são imprevisíveis.

Diante desta realidade, torna-se necessário encontrar alternativas para reutilização deste resíduo. A proposta deste trabalho é a de avaliar a possibilidade de reutilização do resíduo sólido (areia de fundição) para produção de blocos de concreto sem função estrutural, para emprego na construção civil e/ou similares. O embasamento se dá diante de alguns pressupostos: a) a possibilidade de transformar um resíduo industrial danoso ao meio ambiente em matéria-prima economicamente viável; b) a possibilidade de inertizar no bloco de concreto vários

constituintes da areia, já que no descarte tradicional, podem contaminar o ambiente; c) as propriedades físicas da areia de moldagem são semelhantes ou melhores aos da areia utilizada na confecção dos blocos de concreto.

No entanto apesar das possíveis vantagens do reaproveitamento deste resíduo na fabricação de blocos de concreto, é preciso atentar a qualidade do produto e aspectos físicos, químicos e mecânicos. Tais aspectos devem atender aos estabelecidos pela normatização regulamentadora.

2.6 – Produção de Blocos Utilizando Areias de Fundição

Entre as alternativas conhecidas para o reuso de areia de fundição, a produção de blocos de concreto sem função estrutural recebe destaque por apresentar grande vantagem ao meio ambiente, pois substituiria o uso de areia verde na produção dos blocos, visto que, segundo Matheus Felipe (2013), é o tipo de areia mais utilizado, por ser o mais econômico e rápido.

Em alguns estados brasileiros, o reuso de areia de fundição na produção de blocos de concreto já é regulamentado. Em Santa Catarina, a autorização foi cedida pela RESOLUÇÃO CONSEMA Nº 26/2013 (Conselho Estadual do Meio Ambiente de Santa Catarina). Em Minas Gerais, a autorização ambiental foi regulamentada pela Deliberação Normativa COPAM Nº 196/2014 (Conselho Estadual de Política Ambiental de Minas Gerais). A areia de fundição a ser utilizada deve passar por três procedimentos para caracterização e classificação, conforme descrito nas normas NBR 10.004, NBR 10.005 e NBR 10.006.

03 – MATERIAIS E MÉTODOS

Os procedimentos experimentais foram realizados a fim de comprovar a viabilidade do reuso do resíduo sólido areia de fundição como insumo para construção civil em especial na fabricação de blocos de concreto sem função estrutural, através da caracterização físico-química do resíduo e ensaio mecânico dos blocos confeccionados com adição da areia de fundição. Também analisou se

Revista Brasileira de Gestão e Engenharia – ISSN 2237-1664 Centro de Ensino Superior de São Gotardo	Número XIV Jul-dez 2016	Trabalho 05 Páginas 83-104
http://periodicos.cesg.edu.br/index.php/gestaoeengenharia	periodicoscesg@gmail.com	

as propriedades mecânicas foram compatíveis com os padrões técnicos e comerciais. Foram realizados os seguintes procedimentos:

3.1 – Caracterização e Classificação do Resíduo Sólido Areia de Fundação

3.1.1 – Coleta das Amostras

As amostragens foram realizadas durante 2 dias consecutivos, em 05 diferentes empreendimentos localizados no município de Cláudio - MG, sendo cada amostra composta de 3 kg de resíduo. As amostras foram coletadas ao fim do processo produtivo em caçambas onde os resíduos eram dispostos para descarte. O plano de amostragem, procedimento de coleta e preparo das amostras foram realizados em acordo com as disposições da norma NBR 10007 – Amostragem de Resíduos.

3.1.2 – Análises e Testes Realizados

Após coleta e preparo das amostras, estas foram encaminhadas ao laboratório para início das análises e testes afim da caracterização e classificação do resíduo em questão. Os procedimentos adotados seguem os preceitos constantes na NBR 10.004. Após esse procedimento os resultados foram comparados aos limites descritos na norma, para realização da classificação.

Inicialmente os resíduos foram pré-classificados para identificar características químicas e físicas que pudessem gerar riscos a saúde e meio ambiente. A identificação de, pelo menos uma destas propriedades torna o resíduo classificado como perigoso (NBR 10.004). Após a pré-classificação, o resíduo foi submetido a ensaios de lixiviação e solubilização, sendo os resultados comparados com os parâmetros descritos nos anexos F e H da NBR 10004:2004, respectivamente. Todos os testes foram realizados em laboratório certificados pela RMMG (Rede Metrológica de Minas Gerais) em acordo com a ABNT ISO/IEC 17.025:2005.

Revista Brasileira de Gestão e Engenharia – ISSN 2237-1664 Centro de Ensino Superior de São Gotardo	Número XIV Jul-dez 2016	Trabalho 05 Páginas 83-104
http://periodicos.cesg.edu.br/index.php/gestaoeengenharia	periodicoscesg@gmail.com	

3.2 – Produção dos Corpos de Prova com Resíduo Areia de Fundação

A fabricação dos corpos de prova foi realizada através de uma parceria com uma fábrica de blocos de concreto instalada em Divinópolis, Minas Gerais. Os procedimentos realizados estão descritos a seguir.

3.2.1 – Preparo das Matérias Primas e Equipamentos

As matérias primas atenderam os padrões de qualidade para confecção de blocos de concreto sem função estrutural citados na NBR 7173 - Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria sem Função Estrutural. Foram utilizados os seguintes agregados: cimento Portland composto CP V, pó de pedra com granulação menor que 6 mm, brita nº 1 com granulometria entre 2,36 a 12,5mm e água, utilizada da rede de distribuição (COPASA).

O resíduo utilizado foi extraído de lote de descarte de uma das fundições escolhidas para o estudo. Antes de inseri-lo no processo, foi necessário peneirá-lo para retirada de grãos maiores. Esse procedimento foi necessário para que grãos de tamanhos maiores não reduzam a qualidade visual dos corpos de prova, além de prejudicar características essenciais, como resistência mecânica. Através da peneiração do resíduo, obteve granulometria padronizada.

Os equipamentos utilizados na confecção dos corpos de prova foram betoneira para mistura do cimento e os agregados, e forma de compressão pneumática.

3.2.2 – Fabricação do Concreto e Molde dos Corpos de Prova

Inicialmente os componentes sólidos foram inseridos na betoneira e homogeneizados por um tempo de cerca de 7 minutos. Logo após este tempo de mistura, a água foi adicionada gradativamente, durante e entre os intervalos de adição, a betoneira continuou em movimento. A adição da água continuou até que o concreto atingisse um ponto de “liga”. Este ponto foi estabelecido através de teste

Revista Brasileira de Gestão e Engenharia – ISSN 2237-1664 Centro de Ensino Superior de São Gotardo	Número XIV Jul-dez 2016	Trabalho 05 Páginas 83-104
http://periodicos.cesg.edu.br/index.php/gestaoeengenharia	periodicoscesg@gmail.com	

simples: coloca-se um pouco da mistura na palma da mão, que deve estar úmida, aperta-se até que forme um “torrão” que, ao ser dividido em dois não deve ser friável. Caso isso ocorra, não há a necessidade de adicionar mais água. Não se deve adicionar excesso de água na mistura, pois quando o corpo de prova estiver moldado, o excesso de água pode “arrastar” o cimento para as partes inferiores do corpo, tornando esta parte muito resistente, enquanto a parte superior fica prejudicada. Foram produzidos corpos de prova com duas proporções de resíduo de areia de fundição, 50% e 100%, em relação ao agregado pó de pedra, não em relação a massa total de concreto (SILVA;JUNIOR e SILVA, 2011).

3.2.3 – Moldes, Quantidades e Dimensões dos Corpos de Prova

Foram moldados dois formatos de corpo de prova: cilíndrico e bloco de concreto vazado. Os corpos de prova foram moldados com formas metálicas de formato cilíndrico seguindo especificações (NBR 5738) – moldagem e cura de corpos de prova. Os corpos de prova no formato de blocos de concreto vazados tiveram características exigidas comercialmente, e em acordo com NBR 7173 – Blocos vazados de concreto simples para alvenaria sem função estrutural. As quantidades de corpos de prova produzidos com as proporções de resíduo adotadas na confecção dos corpos de prova estão relacionadas na tabela 02.

Tabela 02: Quantidades de corpos de prova produzidos em acordo com as proporções de resíduo utilizada.

	Cilíndrico		Bloco	
	50%	100%	50%	100%
Proporção de resíduo	50%	100%	50%	100%
Quantidades	6	6	12	9

As dimensões dos corpos de prova estão relacionadas na tabela 03 (NBR 5738/2008 e NBR 7173/1982). No caso do bloco vazado, o modelo escolhido foi M15 e a escolha por blocos desta dimensão é justificada por ser o modelo mais comum comercialmente.

Tabela 03: Dimensões dos corpos de prova.

	Cilíndrico		Bloco		
	Diâmetro	Altura	Largura	Altura	Comprimento
Dimensões (cm)	10	20	14	19	39

Após a moldagem dos corpos de prova, é necessário que estes passem por um período de cura. Em acordo com a NBR 5738, a cura inicial deve ser de 24 horas após a moldagem e antes que os corpos de prova sejam removidos para local de testes. No caso dos corpos cilíndricos, este prazo refere-se ao intervalo entre a moldagem e a retirada dos moldes de metal. Logo após a retirada dos moldes, os corpos de prova foram mergulhados em uma câmara de cura com água suficiente para cobrir toda superfície, local onde permaneceram por 7 dias, quando foram retirados dos moldes e levados ao laboratório para os ensaios. Os corpos de prova em formato de blocos vazados permaneceram em cura pelo prazo de 28 dias.

3.3 – Ensaios dos Corpos de Prova

Os primeiros corpos de prova a serem ensaiados foram os de formato cilíndrico, pelo fato de o tempo de cura destes serem menor (7 dias) e ainda constituírem uma análise prévia das propriedades físicas do concreto em que foram confeccionados os blocos vazados. Os resultados obtidos serviram de condicionamento para os ensaios de compressão e absorção de água, que foram realizados posteriormente nos blocos vazados.

3.3.1 – Ensaios em Corpos de Prova Cilíndricos

Os ensaios foram realizados no laboratório de Engenharia da UEMG (Universidade do Estado de Minas – Unidade Divinópolis), utilizando a equipamento de compressão (classe 2), com acionamento manual e mecanismo de ajuste de distância entre o corpo de prova e os pratos de compressão. Estes ensaios foram realizados em triplicata e em acordo com os preceitos descritos na NBR 5739 – Ensaios de corpos de prova cilíndricos. Estão ilustradas nas figuras 01 e 02 os ensaios realizados.

Revista Brasileira de Gestão e Engenharia – ISSN 2237-1664 Centro de Ensino Superior de São Gotardo	Número XIV Jul-dez 2016	Trabalho 05 Páginas 83-104
http://periodicos.cesg.edu.br/index.php/gestaoeengenharia	periodicoscesg@gmail.com	



Figura 1 – Ensaio da amostra 01, corpo de prova com proporção de resíduo 50%



Figura 2 – Ensaio da amostra 02, corpo de prova com proporção de resíduo 100%

3.3.2 – Ensaios dos Corpos de Prova Blocos Vazados

Na análise das propriedades dos blocos de concreto vazados foram realizados ensaios de resistência à compressão e absorção de água, pelo Laboratório de Materiais do SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, localizado em Belo Horizonte – Minas Gerais. Os ensaios foram realizados conforme as normas NBR 6136 – bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutural e NBR 12118 - 2010 – blocos vazados de concreto simples para alvenaria: métodos de ensaio. Os ensaios de compressão tiveram por finalidade verificar a resistência dos blocos vazados quando submetidos à compressão axial, sendo esta relação entre a carga de ruptura e área bruta do bloco. Este parâmetro de qualidade dos blocos é fundamental, pois em edificações a exigência deste material é semelhante a executada nos ensaios, portanto quanto maior a resistência a compressão melhor a qualidade física do bloco.

Outra característica avaliada foi absorção de água. Este parâmetro é determinado pela diferença entre a massa seca do corpo de prova e a massa úmida da amostra. A avaliação da capacidade de absorção de água em bloco de concreto é determinante para qualidade do mesmo, pois uma absorção elevada indica que paredes edificadas com estes materiais podem ter uma sobrecarga quando expostas a chuva, podendo culminar em problemas estruturais para as edificações. Além disso, blocos com elevada absorção de água podem também acarretar problemas

Revista Brasileira de Gestão e Engenharia – ISSN 2237-1664 Centro de Ensino Superior de São Gotardo http://periodicos.cesg.edu.br/index.php/gestaoeengenharia	Número XIV Jul-dez 2016 periodicoscesg@gmail.com	Trabalho 05 Páginas 83-104
---	--	-------------------------------

SILVA, Alexandre Fernando da; VIEIRA, Carlos Alexandre; CANÇADO, Felipe Mendes; FARIA, Larissa; GUIMARÃES, Raphael Pimenta; SANTOS, João Antônio Souza. Caracterização Físico-Química e Avaliação da Viabilidade de Reuso de “Areias de Fundição” para Fabricação de Blocos de Concreto sem Função Estrutural.

com revestimentos, pois a água presente na argamassa pode ser absorvida, podendo ocasionar o desprendimento de placas do revestimento.

04 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 – Caracterização e Classificação do Resíduo Areia de Fundição

A seguir estão apresentados os resultados dos testes de classificação. Nos testes prévios, nenhuma das amostras avaliadas apresentou as características preliminares como inflamabilidade, reatividade e corrosividade. Os resultados obtidos no extrato solubilizado estão descritos na tabela 04.

Tabela 04: Resultados obtidos nos testes do extrato solubilizado (ND: não detectado)

	Média		Amostras					Limite NBR 10.004 (mg/L)
	Amostras (mg/L)	Amostra 1 (mg/L)	Amostra 2 (mg/L)	Amostra 3 (mg/L)	Amostra 4 (mg/L)	Amostra 5 (mg/L)		
Fluoretos	0,48	0,12	0,85	0,53	0,73	0,19	150	
Chumbo	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	
Mercúrio	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,1	
Cádmio	0,21	ND	ND	ND	ND	0,21	0,5	
Cromo	ND	ND	ND	ND	ND	ND	5	
Selênio	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	
Arsênio	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	
Prata	ND	ND	ND	ND	ND	ND	5	
Bário	ND	ND	ND	ND	ND	ND	70	

Em acordo com os resultados apresentados na tabela 03, não foram detectados concentrações que excedem os valores estabelecidos no anexo G da NBR 10.004. Destaca-se a ausência das espécies metais traço que são conhecidamente tóxicas como Cr (crômio), Pb (chumbo), Hg (mercúrio) e Cd (cádmio), fato este que demonstra que os resíduos não apresentam toxicidade.

Os resultados das análises realizadas no extrato lixiviado do resíduo estão dispostos na tabela 05.

SILVA, Alexandre Fernando da; VIEIRA, Carlos Alexandre; CANÇADO, Felipe Mendes; FARIA, Larissa; GUIMARÃES, Raphael Pimenta; SANTOS, João Antônio Souza. Caracterização Físico-Química e Avaliação da Viabilidade de Reuso de “Areias de Fundição” para Fabricação de Blocos de Concreto sem Função Estrutural.

Tabela 05: Resultados obtidos nos testes do extrato lixiviado (ND: não detectado)

	Média		Amostras					Limite NBR 10.004 (mg/L)
	Amostras (mg/L)	Amostra 1 (mg/L)	Amostra 2 (mg/L)	Amostra 3 (mg/L)	Amostra 4 (mg/L)	Amostra 5 (mg/L)		
Fenóis	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,01	
Alumínio	1,174	0,97	ND	3,1	ND	1,8	0,2	
Fluoretos	1,3	ND	1,3	ND	ND	ND	1,5	
Arsênio	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,01	
Cádmio	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,005	
Cianeto	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,07	
Manganês	0,07	0,16	ND	0,092	0,14	ND	0,1	
Mercúrio	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,001	
Nitrato	579,4	646	513	486	325	927	10	
Surfactantes	0,424	0,56	1,3	0,26	ND	ND	0,5	
Chumbo	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,01	
Cobre	0,339	1,4	ND	0,16	0,06	0,077	2	
Cromo	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,05	
Ferro	12,546	22	ND	25	15	0,73	0,3	
Zinco	0,514	1,4	0,01	0,4	0,43	0,33	5	
Bário	ND	ND	ND	ND	ND	ND	7	

Observa-se que as concentrações de alumínio, manganês, ferro, nitrato e surfactantes estão acima dos limites estabelecidos pela normatização.

O alumínio é o metal mais abundante na crosta terrestre e ocorre naturalmente na forma de óxidos, silicatos e hidróxidos (CETESB). A sua presença no resíduo pode ser justificada pelo uso da argila na composição da areia verde, sendo este agregado um composto formado por silicatos aluminosos. No entanto, apenas em elevadas concentrações pode causar danos à saúde e ao meio ambiente e apesar de exceder o limite, as concentrações detectadas não são significativas a ponto de tornar o resíduo tóxico (CETESB).

O manganês apresenta-se acima do limite estabelecido. No entanto, a presença deste metal no ambiente não é causador de problemas ambientais, pois é um elemento essencial a muitos seres vivos, especialmente em processos reprodutivos, manutenção de estrutura óssea e funcionamento do sistema nervoso (CETESB).

O ferro apresenta-se com concentração muito elevada em relação ao limite disposto. A extensa presença deste metal no resíduo areia de fundição é explicada pelo processo produtivo, as amostras são de origem em fundições de ferro fundido. No entanto, mesmo com em elevadas concentrações o ferro não representa

risco ao meio ambiente, nem a saúde humana, sendo este outro elemento essencial, participando de processos biológicos de transporte de oxigênio no interior de organismo (NELSON; COX, 2010). Além disso, está amplamente presente na natureza, na forma de óxidos, hematita (Fe_2O_3) e a magnetita (Fe_3O_4).

Outra espécie que a concentração excedeu ao limite normativo, foi o íon nitrato. A ampla presença deste no extrato lixiviado do resíduo é explicada pela alta solubilidade do íon e por estar presente em compostos formados com cátions metálicos como os presentes no resíduo, como cátions de ferro, manganês e alumínio. Concentrações elevadas desta espécie podem trazer problemas ao ambiente, mesmo que os nitratos isoladamente não sejam tóxicos, sua presença em corpos d’água pode causar a eutrofização de ecossistemas (NETO e KORM, 2006). Quanto a interferência na estrutura dos blocos, a presença desta espécie não causa danos as características físicas. No entanto, devido a elevada concentração de nitratos no extrato lixiviado é necessária atenção especial em blocos confeccionados com a utilização do resíduo, sendo necessário novos testes para caracterização química dos blocos de concreto, a fim de verificar se este composto pode estar presente em concentrações elevadas no concreto e qual a extensão de sua contaminação no ambiente.

Os surfactantes mostraram-se acima do limite estabelecido apenas nas amostras 01 e 03, no entanto o valor de sua média não ultrapassa o valor limite. Estes compostos estão presentes no ambiente solubilizados em água, agem reduzindo as interações intermoleculares da mesma. Sua presença no ambiente causa problemas apenas em altas concentrações, o que não ocorre nas análises destas amostras de resíduo.

Mediante os ensaios amostras coletadas foram classificadas como não perigosas, em consonância com a pré-classificação disposta na NBR 10.004.

4.2 Resultados dos Testes de Compressão dos Corpos de Prova Cilíndricos

Os resultados dos testes de compressão nos corpos de prova cilíndricos (proporção 50% e 100 %) estão dispostos nas tabelas 06 e 07 (respectivamente).

Tabela 06: Resultados dos testes de compressão nos corpos de prova cilíndricos de proporção de resíduo 50%.

Amostras proporção 50%					
CP	Dimensões médias (mm)			Resistência a compressão	
	Diâmetro	Altura	Área (mm ²)	Carga de ruptura (kgf)	Mpa
1	100	200	785	4.200	5348
2	100	200	785	5.400	6875
3	100	200	785	6.000	7639

Tabela 07: Resultados dos testes de compressão nos corpos de prova cilíndricos de proporção de resíduo 100%.

Amostras proporção 100%					
CP	Dimensões médias (mm)			Resistência a compressão	
	Diâmetro	Altura	Área (mm ²)	Carga de ruptura (kgf)	Mpa
1	100	200	785	9.800	12478
2	100	200	785	8.600	10950
3	100	200	785	11.000	14006

Verifica-se pelos resultados expostos nas tabelas que as amostras em proporção 100% de resíduo possuíram maior resistência à compressão. Diante destes resultados, ficou claro que os corpos de prova blocos vazados teriam melhor resultado com aqueles com a proporção de 100% de uso do resíduo em relação ao pó de pedra. No entanto, durante o transporte dos corpos de prova, observou-se a perda de unidades daqueles com a proporção 100% de resíduo, assim optou-se por realizar os ensaios nos blocos vazados com proporção 50%, embasado também nos resultados de compressão.

4.3 – Resultados dos Ensaios de Compressão e Absorção de Água nos Corpos de Prova Blocos Vazados

Em acordo com a norma NBR 7173 - Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria sem Função Estrutural, o valor mínimo de resistência a compressão que um bloco deve apresentar é 2 MPa. Verifica-se nos resultados

SILVA, Alexandre Fernando da; VIEIRA, Carlos Alexandre; CANÇADO, Felipe Mendes; FARIA, Larissa; GUIMARÃES, Raphael Pimenta; SANTOS, João Antônio Souza. Caracterização Físico-Química e Avaliação da Viabilidade de Reuso de “Areias de Fundição” para Fabricação de Blocos de Concreto sem Função Estrutural.

apresentados que todos os corpos de prova ensaiados mostraram valores superiores a este (Tabela 08).

Tabela 08: Resultados dos testes de compressão nos corpos de prova blocos vazados.

CP	Dimensões médias (mm)			Resistência a compressão	
	Largura	Compr.	Área (mm ²)	Carga de ruptura (N)	Mpa
1	90	390	39.100	154.317	4,4
2	90	390	39.100	99.885	2,9
3	90	390	39.100	118.953	3,4
4	90	390	39.100	175.048	5
5	90	390	39.100	114.629	3,3
6	90	390	39.100	160.082	4.6

Essa mesma norma estabelece valores de 10% para médias e 15% individuais para os ensaios de absorção de água. Observa-se nos resultados que todos os corpos de prova ensaiados apresentaram valores menores que os estabelecidos (tabela 09).

Tabela 09: Resultados dos testes de absorção de água nos corpos de prova blocos vazados.

CP	Massa qd. Recebido (g)	Absorção (%)		Umidade individual (%)		Área líquida (mm ²)	
		Individual	Média	Individual	Média	Individual	Média
1	9.402	5,2		10,4		229	
2	9.246	5,2	5,2	11,5	10,9	228	228
3	9.392	5,2		10,8		226	

05 – CONCLUSÃO

Os resultados apresentados permitem concluir que a viabilidade técnica da inserção do resíduo areia de fundição no processo de fabricação de blocos de concreto sem utilização estrutural é possível.

No entanto, deve-se considerar que esta alternativa não é uma solução definitiva para os volumes de resíduo areia de fundição descartados atualmente, mas sim apenas um “bom caminho”. É importante frisar que existem outras possibilidades para mitigar o problema, como o aperfeiçoamento contínuo dos processos de produção de fundições, afim de minimizar a geração de resíduos sólidos ou mesmo o desenvolvimento de tecnologias que permita o reuso contínuo da totalidade da areia de fundição utilizada na indústria, evitando assim a fabricação de novas quantidades de areia. Além disso, existem ainda estudos mais

Revista Brasileira de Gestão e Engenharia – ISSN 2237-1664 Centro de Ensino Superior de São Gotardo	Número XIV Jul-dez 2016	Trabalho 05 Páginas 83-104
http://periodicos.cesg.edu.br/index.php/gestaoeengenharia	periodicoscesg@gmail.com	

aprofundados que devem ser realizados para que fique definitivamente validado o reuso deste resíduo em escala comercial na fabricação de blocos de concreto.

Ressalta que o estudo pode representar alternativa viável ao passivo ambiental provocado pelo descarte em grandes volumes do resíduo areia de fundição, mesmo que em aterros adequados. Dessa forma o objetivo geral do trabalho foi atingido, quando os resultados comprovaram a viabilidade técnica da incorporação do resíduo aos blocos de concreto.

O levantamento bibliográfico e a caracterização e classificação de resíduos areia de fundição de 05 empreendimentos de fundições, como descrito, foram os alicerces do estudo e fundamentais para o êxito dos objetivos.

A avaliação da qualidade dos blocos concreto produzidos com inserção da areia de moldagem e a compatibilidade de suas características com as normas vigentes, demonstram que o apesar de inserir no ciclo produtivo de blocos de concreto um resíduo industrial, este não decai a qualidade do produto, ao contrário, observou-se melhora significativa nas características analisadas. O destaque é para a resistência mecânica que se mostrou bem acima do que é exigido pelas normas brasileiras vigentes, comprovando a viabilidade de seu uso como bloco sem função estrutural.

A avaliação de possíveis impactos ambientais gerados por blocos manufaturados utilizando como matéria prima o resíduo areia de fundição, como demonstrado nas análises do lixiviado e apresentado nos resultados que comprovaram que a maioria dos compostos detectados está em limites aceitáveis ambientalmente, assegurando que após a fixação do bloco em construções não haverá impactos ao meio ambiente e a saúde do meio. A exceção são os íons nitratos que excederam os limites estabelecidos pela normatização específica, no entanto, sua toxicidade é baixa e as concentrações levantadas não devem acarretar sérias interferências ambientais. Vale ressaltar a necessidade de avaliar a presença deste composto nos blocos que utilizam o resíduo como matéria prima, estudo este, não contemplado neste trabalho. Dessa forma, é sugestão que se faça ensaios futuros para esta avaliação.

Revista Brasileira de Gestão e Engenharia – ISSN 2237-1664 Centro de Ensino Superior de São Gotardo	Número XIV Jul-dez 2016	Trabalho 05 Páginas 83-104
http://periodicos.cesg.edu.br/index.php/gestaoeengenharia	periodicoscesg@gmail.com	

A importância deste estudo fica claro quando se observa dados do setor de fundição no Brasil e especialmente na região Centro-Oeste de Minas Gerais, que possui grande importância econômica e social.

5.1 – Sugestões para Trabalhos Futuros

Ao transcorrer os caminhos de realização deste estudo algumas lacunas foram percebidas e apresentam-se como possíveis objetos de estudo em trabalhos futuros, descritos a seguir:

- a) Caracterização do lixiviado originado de blocos de concreto fabricados com o uso de resíduo areia de fundição, a fim de avaliar a presença de compostos nitratos e seus possíveis impactos ao meio ambiente e a saúde de populações.
- b) Estudo com mais proporções de incorporação de resíduo a massa de concreto a fim de estabelecer as melhores características física e química e o máximo aproveitamento do resíduo.
- c) Avaliação em longo prazo e em grande escala do uso deste resíduo como matéria prima na confecção de blocos de concreto.

06 – REFERÊNCIAS

ABIFA – Associação Brasileira de Fundição. *Desempenho do Setor de Fundição*, maio/2016. Disponível em: http://abifa.org.br/wp-content/uploads/2016/07/desempenho_maio_2016.pdf. Acesso em: 23. Jul. 2016.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 10004 – *Resíduos sólidos: classificação*. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 10005 – *Lixiviação de resíduos* – Procedimentos. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 10006 – *Solubilização de resíduos*. Rio de Janeiro, 2004.

Revista Brasileira de Gestão e Engenharia – ISSN 2237-1664 Centro de Ensino Superior de São Gotardo	Número XIV Jul-dez 2016	Trabalho 05 Páginas 83-104
http://periodicos.cesg.edu.br/index.php/gestaoeengenharia	periodicoscesg@gmail.com	

SILVA, Alexandre Fernando da; VIEIRA, Carlos Alexandre; CANÇADO, Felipe Mendes; FARIA, Larissa; GUIMARÃES, Raphael Pimenta; SANTOS, João Antônio Souza. Caracterização Físico-Química e Avaliação da Viabilidade de Reuso de “Areias de Fundição” para Fabricação de Blocos de Concreto sem Função Estrutural.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 10007 – *Amostragem de resíduos*. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12118 – *Blocos vazados de concreto simples para alvenaria* – métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2010.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5738 – *Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova*. Rio de Janeiro, 2008.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5739 – *Ensaio de corpos de prova cilíndricos*. Rio de Janeiro, 2007.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6136 – *Bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutural*. Rio de Janeiro, 1994.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR. 7173 – *Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria sem Função Estrutural*. Rio de Janeiro, 1982.

ALMEIDA, Hugo. *Método para incremento da solubilidade de substâncias activas pouco solúveis (BCS – Classe II)*. 2009. 111 f. Dissertação de mestrado – Faculdade de Farmácia, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2009. Disponível em: <http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/1868/1/Tese%20de%20Mestrado.pdf>. Acesso em: 27.Jul.2016.

BIOLO, S. M. *Reuso do resíduo de fundição areia verde na produção de blocos cerâmicos*. 2005. 162 f. Dissertação de Mestrado – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

BONET, I. I. *Valorização do resíduo areia de fundição (R.A.F.): Incorporação nas massas asfálticas do tipo C.B.U.Q.* 2002. 131 f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. *Informações Toxicológicas*. Disponível em: <http://laboratorios.cetesb.sp.gov.br/servicos/informacoes-toxicologicas/>. Acesso em 25. Jul. 2016

Revista Brasileira de Gestão e Engenharia – ISSN 2237-1664 Centro de Ensino Superior de São Gotardo	Número XIV Jul-dez 2016	Trabalho 05 Páginas 83-104
http://periodicos.cesg.edu.br/index.php/gestaoeengenharia	periodicoscesg@gmail.com	

SILVA, Alexandre Fernando da; VIEIRA, Carlos Alexandre; CANÇADO, Felipe Mendes; FARIA, Larissa; GUIMARÃES, Raphael Pimenta; SANTOS, João Antônio Souza. Caracterização Físico-Química e Avaliação da Viabilidade de Reuso de “Areias de Fundição” para Fabricação de Blocos de Concreto sem Função Estrutural.

CONSEMA. Conselho Estadual do Meio Ambiente. *Resolução Nº 26*. Santa Catarina, 2013.

COPAM. Conselho Estadual de Política Ambiental. *Deliberação Normativa Nº 196*. Minas Gerais, 2014.

MACIELA, C.B; MORAES, C.A.M; TEIXEIRA, C.E; SCHNEIDER, I.A. Minimização da geração de areia de fundição utilizando ferramentas do programa de produção Mais Limpa. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION, 2, 2009, São Paulo. *Anais...* Disponível em: <http://www.advancesincleanerproduction.net/second/files/sessoes/5b/1/c.%20a.%20m.%20moraes%20-%20resumo%20exp.pdf>. Acesso em: 24.Jul.2016.

MARCON, Matheus Felipe. *Aproveitamento da areia de fundição como agregado miúdo fino em concretos*. 2013. 66 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2013. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/115449/TCC_Matheus_Felipe_Marcon.pdf?sequence=1. Acesso em: 25.Jul.2016.

NELSON, D. L.; COX, M. M. *Princípios de bioquímica de Lehninger*. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

PESSOA NETO, A. R.; KOM, M. G. Os Nutrientes Nitrito e Nitrato Como Contaminantes Ambientais e Alternativas de Determinação. *Candombá Revista Virtual*, v.2, n.2, p.90-97, jul-dez 2006.

SANTOS, J. A. S.; GUIMARÃES, R. P.; VIEIRA, C. A.; SILVA, A. F. da. Caracterização de resíduo de areia fenólica proveniente da indústria de fundição afim de reutilização como sub-produto na produção de insumos para construção civil. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA E EXTENSÃO, 15, 2013, Belo Horizonte. *Anais...*

SEDE-MG – Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico. Disponível em: <http://www.desenvolvimento.mg.gov.br>. Acesso em: 23. Jul. 2016.

Revista Brasileira de Gestão e Engenharia – ISSN 2237-1664 Centro de Ensino Superior de São Gotardo	Número XIV Jul-dez 2016	Trabalho 05 Páginas 83-104
http://periodicos.cesg.edu.br/index.php/gestaoeengenharia	periodicoscesg@gmail.com	

SILVA, Alexandre Fernando da; VIEIRA, Carlos Alexandre; CANÇADO, Felipe Mendes; FARIA, Larissa; GUIMARÃES, Raphael Pimenta; SANTOS, João Antônio Souza. Caracterização Físico-Química e Avaliação da Viabilidade de Reuso de “Areias de Fundição” para Fabricação de Blocos de Concreto sem Função Estrutural.

SILVA, C. E.; JUNIOR, L. C. S.; SILVA, R. E. B. Aspectos Qualitativos da Fabricação de Blocos de Concreto Utilizando Resíduos de Areia de Fundição. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 31, 2011, Belo Horizonte. *Anais...*

SILVA, E. C.; GIL, S. A. M. Utilização dos custos da não qualidade para aprimoramento de um processo de fundição. In: XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2009. Salvador. *Anais...* Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2009_TN_STO_093_629_12546.pdf. Acesso em: 23. Jul. 2016.

SINDIMEI – Sindicato Intermunicipal das indústrias metalúrgicas, mecânicas e do Material Elétrico de Itaúna. *Depósito de Resíduos Industriais Sindimei “Tarcísio Cardoso de Sousa”*. Disponível em: <http://www.sindimei.com.br/conteudo/deposito-de-residuos-industriais-sindimei>. Acesso em 24. Jul. 2016.

SOARES, G. A. *Fundição: Mercado, Processos e Metalurgia*. Caderno didático, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2000. Disponível em: <http://www.metalmat.ufrj.br/wp-content/uploads/2012/05/Fundi%C3%A7%C3%A3o-mercado-processos-e-metalurgia.pdf>. Acesso em: 24. Jul. 2016.

Revista Brasileira de Gestão e Engenharia – ISSN 2237-1664 Centro de Ensino Superior de São Gotardo	Número XIV Jul-dez 2016	Trabalho 05 Páginas 83-104
http://periodicos.cesg.edu.br/index.php/gestaoeengenharia	periodicoscesg@gmail.com	