



5º Simposio de Ensino de Graduação

PROJETO DE PROCESSO PARA RECUPERAÇÃO DE AREIA FENÓLICA UTILIZADA NA FABRICAÇÃO DE MACHOS E MOLDES NA INDÚSTRIA DE FUNDIÇÃO E PARA FABRICAÇÃO DE BLOCOS E BLOQUETES

Autor(es)

BRUNO FRANCISCO PIMENTEL STOLF

Orientador(es)

Rodolfo Libardi

1. Introdução

No Brasil, a indústria de fundição de ferro, aço e ligas não ferrosas é um segmento da economia que emprega aproximadamente 56.000 trabalhadores e fatura em exportações cerca de 1,17 bilhões de dólares por ano (ABIFA, 2007). Grande parte dessas empresas é de pequeno e médio porte, predominando assim o capital nacional. A indústria de fundição tem como ponto principal o uso de matérias primas e mão de obra, todas de origem nacional. Relacionado ao mercado externo, com dados da Associação Brasileira de Fundição (ABIFA) de janeiro a outubro de 2006, a exportação de fundidos atingiu 613.232 toneladas, contribuindo para um resultado positivo na balança comercial do Brasil. (SHEUNEMANN, 2005). No setor de fundição existem vários tipos de resíduos sólidos a serem descartados. Dentre eles, a areia de moldagem merece destaque. Para o processo de fabricação de peças fundidas, utilizam-se grandes quantidades de areia para a confecção de machos e moldes. Segundo ARMANGE et al. (2005), o método de moldagem mais utilizado em todo o mundo para a produção de peças fundidas é a moldagem em areia. Estima-se que o índice de consumo de areia para a fabricação de uma peça fundida varia de 0,8 kg de areia para cada peça de 1,0 kg. As areias utilizadas para confecção dos moldes e machos podem ser extraídas de jazidas de cava ou de rios, sendo considerado um bem não renovável, cujo beneficiamento invariavelmente causa impactos ambientais. Para o preparo dos moldes, a areia recebe a adição de um ligante que tem a função de polimerização que representa a fusão de várias moléculas formando longas cadeias moleculares, ao polimerizar ocorre o endurecimento da areia formando um bloco sólido e quimicamente inerte com resistência mecânica e térmica (RAMPAZZO et al., 1989). No caso de ser uma areia verde o ligante é a bentonita que juntamente com outros aditivos, é utilizada na produção de peças de menor peso e tamanho. Esta areia é totalmente recuperada e reutilizada no processo. Para peças maiores, geralmente são utilizados machos e moldes, os quais fazem uso de areia misturada com resina e catalisador. Esta mistura confere uma maior resistência para a fabricação da peça. A resina agregada à areia dificulta sua regeneração e reuso no processo, acarretando no encaminhamento de grandes concentrações de resíduos aos aterros industriais com o conseqüente aumento do custo da produção. (SHEUNEMANN, 2005; ARMANGE et al.,

2005). Apenas no estado de São Paulo são descartados cerca de um milhão de toneladas/ano de areia (ARMANGE et al., 2005). A areia residual é diferenciada qualitativa e quantitativamente, de acordo com o processamento que esta recebeu. É importante salientar que os principais contaminantes destas areias são metais pesados e as resinas utilizadas para a fabricação do aglomerado, que ficam impregnadas nestas areias, o que torna essencial o uso de aterros industriais para a disposição dos resíduos. Com base em dados da ABIFA, de janeiro a outubro de 2006, a produção de fundidos atingiu 2.594.144 toneladas, apontando que a região Sul e Sudeste são responsáveis por aproximadamente 90% da produção. Estes números vêm crescendo cada vez mais, aumentando ainda mais a necessidade de ampliar os aterros industriais ou melhorar o processo produtivo para que a geração deste resíduo diminua. Deve-se, ainda, salientar que a responsabilidade sobre a areia disposta nos aterros é da empresa geradora e que qualquer mudança da legislação, as empresas deverão dar um destino ao seu resíduo com custos que podem ser elevados.

2. Objetivos

O objetivo deste trabalho é apresentar uma contribuição para o processo de reutilização de areia fenólica utilizada para fabricação de machos e moldes, visando o reaproveitamento da mesma na fabricação de blocos e bloquetes.

3. Desenvolvimento

A grande quantidade de resíduos sólidos gerados pelo setor de fundição tem fomentado a busca de soluções adequadas para a disposição final deste passivo ambiental (CASTRO, 2007). De uma maneira geral, o elevado consumo de matérias-primas pelas indústrias brasileiras, associado à preocupação recente da comunidade técnico-científica com o desenvolvimento sustentável da economia, tem levado os pesquisadores a desenvolver técnicas de reciclagem dos materiais descartados pelas indústrias, visando o emprego racional e seguro dos mesmos na produção de novos bens de consumo. Com base na Lei nº 6938/81, as empresas que poluem o meio ambiente são obrigadas, independentemente da existência de culpa, a indenizar e/ou reparar os danos causados ao meio ambiente e também à terceiros que sejam de alguma forma afetados por sua atividade produtiva. O principal resíduo sólido gerado pela indústria da fundição durante a desmoldagem das peças metálicas é a areia contaminada com resinas fenólicas e/ou metais pesados. Tipicamente, esta areia contaminada é encaminhada para descarte em aterro sanitário industrial, podendo causar a contaminação de abastecimento de água com fins potáveis, devido à solubilização dos contaminantes na água do lençol freático. Diante do quadro anteriormente exposto, é interessante que a areia contaminada resultante do processo de fundição seja regenerada, pois, desta forma, é possível minimizar o impacto ambiental decorrente da extração da areia nova.

Neste cenário, o processo de regeneração da areia será inevitável em um futuro próximo, haja vista o fato de que os custos de disposição final deste tipo de resíduo vem aumentando sistematicamente e a legislação ambiental está a cada dia mais restritiva.

A proposta consiste em desenvolver uma alternativa para recuperação da areia fenólica utilizada em indústrias de fundição. Esta recuperação visa diminuir o índice de areia descartada pelas indústrias de fundição, que é relativamente alto chegando a cerca de dois milhões de toneladas/ano de areia contaminada com resinas fenólicas (SHEUNEMAN, 2005). Foram realizadas análises para determinação da quantidade de fenol encontrado na areia utilizada nas indústrias de fundição, nos blocos e bloquetes fabricados a partir desta areia contaminada. Foram também realizadas análises físicas em corpos de prova fabricados a partir da norma NBR 5738, que padroniza a fabricação dos corpos de provas cilíndricos. Para determinação da resistência à compressão seguiu-se a norma NBR 5739 para obter um resultado confiante. Amostras de areia, de blocos e de bloquetes foram analisadas em empresa especializada em análises químicas, localizada na cidade de Piracicaba, para determinar o teor de fenol presente na areia. As análises de compressão foram realizados no Laboratório Técnico de Ciência dos Materiais da Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP). Os resultados das análises químicas foram comparados com aqueles estabelecidos em norma regulamentadora emitida pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB,

enquanto os resultados dos ensaios de compressão foram comparados com dados disponíveis em literatura (ALVES, 1993), visando avaliar a potencial aplicação dos blocos e dos bloquetes na construção civil. Para a fabricação dos corpos de prova referentes aos blocos foi utilizada a proporção de uma parte de cimento para 16 partes de areia e para a fabricação dos corpos de prova referentes aos bloquetes foi utilizado traços de uma parte de cimento, 10 partes de areia e 10 partes de brita. Nos dois casos foi utilizada uma relação entre a água e o cimento de aproximadamente 55%. Após as análises dos resultados obtidos, foi avaliado se a alternativa de reutilização da areia pode ser considerada aceita para a produção de blocos e bloquetes tipicamente usados na construção civil.

4. Resultados

Os resíduos de areia proveniente do processo de desmoldagem foram submetidos à análise química, assim como a argamassa utilizada para fabricação dos blocos e bloquetes. A tabela 1 apresenta os resultados das análises químicas realizadas, com o objetivo de quantificar o fenol presente nas amostras descritas anteriormente. O resultado obtido nas análises químicas foi comparado com os valores limites exigidos pela CETESB.

Tabela1: Concentração de Fenol nas amostras e limites definidos pela legislação

Amostras	Limite de Detecção [mg/kg]	Análise da Amostra [mg/kg]	Valor limite exigido pela CETESB [mg/kg]
Areia Contaminada com Fenol	0,05	0,148	0,2
Argamassa Utilizada para fabricação dos Blocos e Bloquetes	0,05	< 0,05	0,2

Fonte: CETESB (2005). A partir da areia fenólica residual obtida no processo de fundição, foram fabricados os corpos de prova em triplicata com dimensões de 150 mm de diâmetro e 300 mm de altura, que obedeceram aos critérios estabelecidos na norma NBR – 5738, para o bloco que utilizou um traço de uma parte de cimento para 16 partes de areia e também para o bloquete que utilizou um traço de uma parte de cimento, 10 partes de areia e 10 partes de brita. O ensaio foi realizado com base nos procedimentos da norma NBR – 5739. Os resultados obtidos com a análise de compressão foram submetidos à análises estatísticas e encontram-se apresentados nas tabelas 2 e 3.

Tabela 2: Resistência a compressão dos corpos de prova referentes aos bloquetes

Tempo decorrido até o rompimento dos Corpos de Prova [dias]	Compressão nos Corpos de Prova [Mpa]	Limite Teórico de Resistência a Compressão [Mpa]
3	$7,5 \pm 1,0$	5 - 8
7	$8,0 \pm 0,2$	5 - 8
28	$7,9 \pm 0,5$	5 - 8

Fonte: ALVES, 1993

Tabela 3: Resistência à compressão dos corpos de prova referentes aos blocos

Tempo decorrido até o rompimento dos Corpos de Prova [dias]	Compressão nos Corpos de Prova [Mpa]	Limite Teórico de Resistência a Compressão [Mpa]
3	$2,8 \pm 0,03$	2,5 – 5
7	$4,2 \pm 0,4$	2,5 – 5
28	$4,6 \pm 0,08$	2,5 – 5

Fonte: ALVES, 1993

A análise química realizada nas amostras segue o procedimento analítico SW-846 como o exigido pela norma regulamentadora, garantindo a comparabilidade dos resultados com os limites estabelecidos. O resultado obtido na análise química realizada na amostra de areia contaminada a partir do processo de fundição e após a fabricação dos blocos e bloquetes apresenta índice de fenol abaixo do nível estabelecido na norma regulamentadora utilizada como referência, como mostra a tabela 1. O ensaio físico realizado nos corpos de prova fabricados com a areia contaminada com o fenol seguiu a norma NBR – 5739. A comparação dos resultados obtidos (tabelas 2 e 3) com os limites teóricos de resistência demonstram que desde a amostra referente ao 3 dia de cura dos corpos de prova já apresenta a resistência requerida teoricamente. Deste modo considerou-se dispensável a realização de testes com corpos de prova com datas superiores a um mês pois com 28 dias já foi obtido resultados próximos dos limites superiores. Em todos os casos verificou-se uma incerteza relativamente pequena nos dados experimentais obtidos, sugerindo que a qualidade dos mesmos pode ser considerada adequada para efeito de representação das propriedades avaliadas no processo em estudo. Em dois casos, um deles relacionado com os corpos de prova de bloquetes, no terceiro dia de cura, e nos corpos de prova de blocos, no sétimo dia de cura, observou-se uma incerteza maior, sendo a mesma atribuída a uma possível falta de homogeneização adequada do material usado na confecção do corpo de prova.

5. Considerações Finais

Com base nos resultados obtidos na análise química, que indicaram nível de fenol presente nas amostras de areia e de argamassa inferior aos limites estabelecidos pela CETESB, além dos ensaios físicos que apresentaram dados de resistência à compressão dos corpos de prova dentro da faixa de aceitação, pode-se propor a reutilização da areia contaminada para fabricação de blocos e bloquetes. Esta alternativa permitirá uma diminuição dos descartes destas areias em aterros industriais e também uma redução nos gastos das empresas com a disposição final destes resíduos. Adicionalmente, pode até fomentar a criação de outro setor dentro das indústrias de fundição, na área de recuperação de resíduos. Porém, estudos complementares deverão ser realizados com base nestes resultados, de forma a permitir a quantificação de outros tipos de contaminações, visando comprovar desta maneira que todos os limites estabelecidos pelo órgão regulamentador estão sendo respeitados. Assim sendo, a areia proveniente da fabricação de machos e moldes tipicamente usadas nos processos de fundição pode ser reutilizada para fabricação dos blocos e bloquetes.

Referências Bibliográficas

- ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 5738 *Modelagem e cura de corpos de Prova Cilíndricos ou Prismáticos de Concreto*. : Mai. 1993
- ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 5739 *Concreto – Ensaio de corpos de prova cilíndricos*. : Jul. 1994
- ABIFA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FUNDIÇÃO. **ÍNDICES DE MERCADO**. Disponível em: . Acesso em: 21 mar. 2007.
- ALVES, José Dafico. **MANUAL DE TECNOLOGIA DO CONCRETO**. 3ª Edição Goiânia: Editora UFG, 1993. 196 p.
- ARMANGE, Luciana Cristina et al. Utilização de Areia de Fundição Residual para uso em Argamassa. **Revista Matéria**, Joinville, n.1, p.51-62, 2005.
- CASTRO, Fernando de. **ABNT modifica normas para classificação de resíduos**. Disponível em: . Acesso em: 12 abr. 2007.
- CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **VALORES ORIENTADORES PARA SOLOS E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO ESTADO DE SÃO PAULO**. Disponível em: . Acesso em: 20 mar. 2007.
- SCHEUNEMANN, Ricardo. **Regeneração de Areia de Fundição Através de Tratamento Químico Via Processo Fenton**. 2005. 71 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.
- RAMPAZZO, Doris et al. **RESINAS SINTÉTICAS PARA FUNDIÇÃO**. São Paulo: Editora Ltda, 1989.