

UTILIZAÇÃO DE MOLDES CONFECCIONADOS EM CONCRETO NA FUNDIÇÃO DE PEÇAS EM SUBSTITUIÇÃO À AREIA: VANTAGENS E DESVANTAGENS ¹

*Christian Egidio da Silva*²
*José Honorato de Barcellos Neto*³
*Luiz Carlos Silidônio Júnior*³
*Amir Rivarolli Júnior*⁴

Resumo

O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a viabilidade de empregar-se concreto em substituição à areia sintética estufada para a confecção de moldes e minimizar a geração de resíduos sólidos. Foram confeccionados moldes com concreto e várias peças foram fundidas. Evidenciou-se que é possível utilizar o concreto para a fabricação de moldes e que esta prática proporciona uma redução considerável na quantidade de resíduos de fundição gerados: redução mínima de 300t/ano. Obteve-se uma considerável economia pelo simples fato desta alteração ter sido efetuada: economia mínima de R\$ 129mil/ano. A substituição da areia pelo concreto é viável tecnicamente. A viabilidade econômica também é justificada a partir da 3ª fundição. O acabamento superficial das peças que foram fundidas utilizando-se de moldes de concreto apresentou-se melhor do que quando se utiliza areia, o que sugere que é esperada uma melhor usinabilidade destas peças fundidas em moldes de concreto.

Palavras-chave: Fundição; Concreto; Areia; Resíduos.

THE USE OF CONCRETE MOLD INSTEAD SAND MOLD ON CASTING: ADVANTAGES AND DISADVANTAGES

Abstract

The present work was developed to analyze the use of concrete instead sand on the molds manufacturing and to estimate the reduction of casting wastes. It were manufactured concrete molds and many pieces were casted. It was noted that is possible to use concrete on the molds manufacturing. This process conducted to a reduction of 300t wastes/year. Considering the previous results, it is possible to save a minimum of R\$ 129,000/year. The investment is profitable after the third casting. The surface quality of pieces casted using concrete mold is better than the standard practice (using sand). These results suggests that the machinability is favourable using concrete.

Key words: Casting; Concrete; Sand; Wastes.

¹ *Contribuição técnica ao 64º Congresso Anual da ABM, 13 a 17 de julho de 2009, Belo Horizonte, MG, Brasil.*

² *Doutorando, Engenheiro de Processos – Gerdau Pindamonhangaba / PPG-EAM ITA / FATEC Pindamonhangaba.*

³ *Técnico de Produto – Gerdau Pindamonhangaba.*

⁴ *Engenheiro de Produto e Desenvolvimento – Gerdau Pindamonhangaba.*

1 INTRODUÇÃO

O método de moldação mais utilizado em todo o mundo para a produção de peças fundidas é a “moldação em areia”. Atualmente, o Brasil conta com uma indústria de fundição vasta e diversificada, o que invariavelmente acaba gerando grandes quantidades de resíduos industriais. Por tratar-se de uma fundição, basicamente estamos falando de resíduos de areia.

Dentro de um sistema de gestão ambiental torna-se necessário minimizar a geração de tais resíduos. Como nem sempre é possível reutilizar ou reaproveitar o resíduo de areia gerado no processo de fundição, a substituição do insumo principal – areia – por outro material que minimize a geração de resíduos e/ou o desenvolvimento de práticas operacionais alternativas e menos agressivas ao meio ambiente torna-se necessário.

Empresas têm mudado sua filosofia de satisfação das necessidades do consumidor, objetivando uma melhor qualidade de vida para a sociedade através da busca por soluções aos problemas ambientais, seja através do uso adequado dos recursos naturais ou através da redução do impacto de suas atividades no meio ambiente. Independente do rumo escolhido para sanar deficiências ou problemas ambientais estas empresas têm procurado alcançar o desenvolvimento sustentável e ao mesmo tempo têm focado o aumento da lucratividade de seus negócios.

Este trabalho faz parte de uma série de estudos que o grupo tem desenvolvido com o objetivo principal de minimizar o impacto ambiental de uma área de fundição e reduzir os custos com a disposição de resíduos em aterros industriais.⁽¹⁻³⁾ O presente estudo consiste no uso de um tipo de concreto refratário baixo cimento em substituição à areia para a confecção de moldes que são empregados na fundição de peças.

2 O PROCESSO DE FUNDIÇÃO

De uma maneira bastante simplificada, o processo de fundição consiste na obtenção de um metal líquido e sua posterior transferência (vazamento) do forno, aonde foi elaborado, para um molde, que normalmente é confeccionado com areia. Na Figura 1, pode-se visualizar uma representação esquemática da confecção do molde e do vazamento (fundição propriamente dita).

Os modelos dão a forma interna desejada ao molde de areia, e por isso podem apresentar as mais diversas geometrias. Existem vários tipos de areia, específicas para determinadas aplicações e muitas vezes também dependem da região da peça a ser fundida, visto que algumas regiões podem sofrer um ataque mais agressivo durante a fundição. Em alguns casos, empregam-se mais de uma areia para confeccionar um único molde.

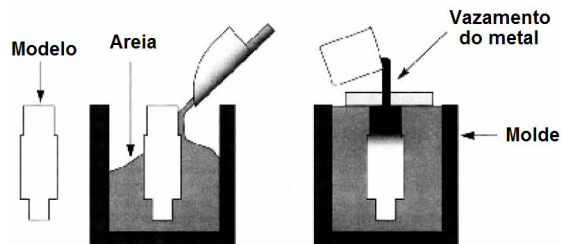


Figura 1. Representação esquemática da moldação e fundição.

Os processos de fabricação de peças fundidas utilizam grande quantidade de areia para confecção dos moldes. O consumo de areia varia bastante dependendo do tipo de peça a ser fundida, mas de uma maneira geral para as peças que são objeto do presente estudo, são necessários entre 800 kg e 1.000 kg de areia para cada nova peça a ser fundida com aproximadamente 1.000 kg de massa (quantidade um pouco superior ao consumo de areia, devido, obviamente, a melhor acomodação dos grãos no concreto). No preparo dos moldes a areia é misturada com um ligante, mas em muitos casos, como na fundição de peças maiores, geralmente são utilizados moldes constituídos por areia misturada com resina e catalisador para melhorar a moldabilidade da areia bem como proporcionar maior praticidade de elaboração, por não necessitar de cura em estufa/forno.

Depois de solidificado e devidamente resfriado, procede-se com a desmoldagem da peça. Esta operação nada mais é do que a retirada da peça de dentro do molde. Neste instante são gerados resíduos de areia contendo aditivos, aglomerantes e resquícios de metal. A areia de moldagem consiste no maior volume dos resíduos gerados pela Indústria de Fundição. Esta areia, após ser usada na fundição, é classificada com base na NBR 10.004⁽⁴⁾ como um resíduo perigoso (CLASSE I) ou como não-inerte (CLASSE II), dependendo do processo de moldagem envolvido.

A proposta apresentada consiste na substituição da areia, que é utilizada atualmente na moldação, por concreto refratário agulhado, de forma que a geração dos resíduos seja minimizada.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram confeccionados moldes de peças, como apresentado da Figura 2, empregando-se concreto refratário agulhado em substituição à areia tradicionalmente utilizada. Os dimensionais dos moldes foram escolhidos em função do histórico de peças mais fundidas. Definiram-se, portanto, alguns projetos de fundição em específico, e iniciou-se a etapa de moldação.

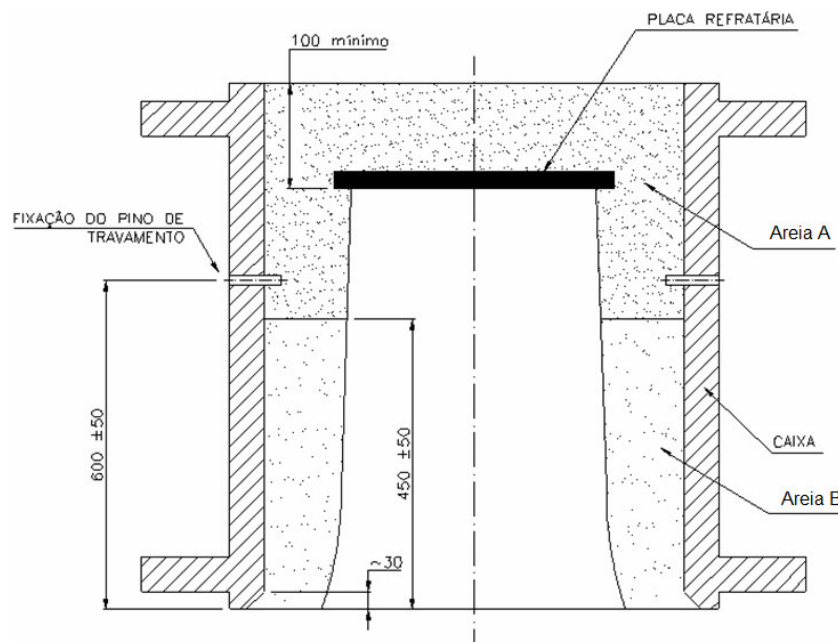


Figura 2. Representação esquemática do molde utilizado.

A caracterização consistiu em duas partes: (a) teste prático, que consistia em consecutivas fundições de peças empregando-se o mesmo molde, no intuito de ser avaliada a capacidade de fundição do concreto em relação à areia e (b) caracterização visual.

A peça em questão é maciça. Normalmente empregam-se 2 tipos de areia diferentes para a moldação desta peça, conforme ilustra a Figura 2, aqui designados de “Areia A” e “Areia B”. Para o teste em questão, as duas areias serão substituídas por um único material: concreto refratário (70% Al_2O_3) baixo cimento e agulhado a 1,5%.

3.1 Teste Prático

A preparação da massada de teste foi efetuada em um misturador de Mós.

O concreto foi introduzido no misturador e simultaneamente adicionou-se quantidade adequada de água, mantendo-se a massa em agitação por cerca de cinco minutos, até que o concreto adquirisse a consistência prevista, conforme recomendação do fabricante. Foi utilizado o seguinte traço teórico: 100 kg de concreto para cada 4,5 litros a 5 litros de água. Na seqüência, a mistura recém preparada foi depositada no molde, acomodando-o no seu interior através de vibradores pneumáticos.

O molde em questão foi preparado de acordo com a seguinte seqüência operacional:

- (i) limpeza prévia da caixa metálica e da placa de moldação para remoção de corpos estranhos ou resíduos no seu interior e/ou superfície;
- (ii) aplicação de “graxa comum” em toda superfície do modelo, para sua proteção;
- (iii) centralização do modelo na placa de moldação;
- (iv) adição da mistura de concreto. Devido ao volume do molde, torna-se necessária a preparação de várias massadas consecutivamente. Para “cada mistura” adicionada dentro do conjunto caixa metálica-molde, para assegurar uma adequada acomodação do concreto no seu interior, deve-se “vibrar o concreto”;
- (v) depois de concluído o enchimento da caixa com o concreto e sua acomodação através de vibração, travar o concreto na parede da caixa metálica, inserindo “pinos de travamento” para ancorar o concreto à caixa metálica em todo o perímetro da caixa;
- (vi) decorrido um tempo mínimo de cinco horas após a finalização do enchimento da caixa metálica com concreto, fazer a extração do modelo;
- (vii) após extrair o modelo, deve-se deixá-lo secar ao ar por um tempo mínimo de 24h. Na seqüência, deve-se proceder à secagem do molde em estufa;
- (viii) a estufagem consiste no aquecimento da caixa moldada até uma temperatura de $600^{\circ}C \pm 10^{\circ}C$ por 12 horas. As taxas de aquecimento e resfriamento utilizadas não excederam $30^{\circ}C/h$ para evitar-se o aparecimento de trincas no molde;
- (ix) após finalizado o ciclo de estufagem, desenformar o molde, e quando a temperatura do molde estiver $\leq 100^{\circ}C$, aplicar o número de demãos de tinta de “zirconita-grafite” previsto, que pode chegar até 6 demãos. Esta tinta é utilizada para proteger o molde evitando sinterização de areia, dentre outros benefícios; e

- (x) após a pintura, o molde deve ser novamente estufado, mantendo-o na temperatura de $350^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$ por aproximadamente 9 horas. O molde está pronto para uso.

Depois de concluído o desmolde desta primeira peça, a integridade do molde deve ser avaliada, e não sendo visualizadas trincas, lascamentos ou esboroamentos que pudessem comprometer a qualidade da peça, prosseguiu-se com a utilização deste molde.

3.2 Caracterização Visual

Empregou-se um estereomicroscópio modelo *Micronal* e um microscópio ótico modelo *Leica DMLM* acoplado a um analisador de imagens para avaliação das características do concreto e das areias após a fundição, conforme proposto por Silva *et al.*^(1,2)

Avaliou-se, também, o acabamento superficial das peças após desmoldagem.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 Teste Prático

A Figura 3 sumariza a relação de moldes confeccionados em concreto e que foram utilizados em fundições no período de Julho'08 a Novembro'08, bem como as datas das respectivas fundições.

Sombreadas na cor amarela estão os moldes que precisaram ser quebrados devido ao aparecimento de trincas ou lascamentos excessivos e que de acordo com o julgamento das áreas envolvidas neste desenvolvimento, poderiam comprometer a sanidade e qualidade das peças.

Cliente	Código do modelo	Número da caixa para montar modelo	Quantidade de peças fundidas	Data 1ª Fundição	Data 2ª Fundição	Data 3ª Fundição	Data 4ª Fundição	Data 5ª Fundição	Data 6ª Fundição	Data 7ª Fundição	Data 8ª Fundição	Data 9ª Fundição	Data 10ª Fundição	Data 11ª Fundição	Data 12ª Fundição	Data 13ª Fundição	Data 14ª Fundição	Data 15ª Fundição	Data 16ª Fundição
A	10	43	9	04/jul	11/jul	17/jul	24/jul	06/ago	12/ago	20/ago	02/set	Caixa quebrada devido a trinca no fundo							
A	10	40	12	04/jul	11/jul	17/jul	24/jul	01/ago	06/ago	12/ago	20/ago	02/set	11/set	26/set	10/out	15/out	23/out	07/nov	21/nov
Vários III	54	4	4	13/jul	04/ago	27/ago	28/ago												
Vários I	54	40	8	02/jul	11/jul	19/jul	01/ago	14/ago	21/ago	01/set	10/set								
Vários I	54	5	11	02/jul	13/jul	21/jul	24/jul	21/ago	18/set	05/out	25/out	06/nov	13/nov						
Vários III	54	7	5	07/jul	19/jul	14/ago	23/ago	18/set											
Vários I	54	31	10	11/jul	19/jul	14/ago	21/ago	01/set	10/set	04/out	09/out	01/nov	06/nov						
Vários I	54	1	5	12/jul	24/jul	28/ago	06/set	Caixa quebrada devido a trinca no fundo											
Vários IV	54 + 54	31+31	8	11/jul	19/jul	24/jul	18/ago	21/ago	28/ago	06/set	Caixa quebrada devido a trinca								
Vários I	54	6	8	21/jul	30/ago	04/out	13/out	06/nov	15/nov	21/nov	01/dez								
C	68	39	9	10/jul	17/jul	02/ago	30/ago	08/set	20/set	29/set	07/out	28/out							
C	68	38	2	30/ago	23/set														
C	68	9 - Refatec	2	30/ago	Caixa quebrada devido a trinca no fundo														
B	38	37	4	06/ago	20/ago	Caixa quebrada devido a trinca no fundo													
A	10	20	10	10/set	26/set	04/out	10/out	23/out	30/out	07/nov	21/nov	25/nov	04/dez						
B	38	35	3	13/ago	20/ago	Caixa quebrada devido a trinca no fundo													
A	10	1	12	12/ago	20/ago	26/ago	10/set	19/set	26/set	02/out	10/out	15/out	23/out	21/nov	25/nov	04/dez			
B	38	6	4	06/ago	12/ago	20/ago	Caixa quebrada devido a trinca no fundo												
D	63	33	2	29/out	21/nov														
G	52	200	2	25/out	09/nov														
D	63 + 12	37+36	3	02/out	14/out	19/out													
Vários II	71	34	6	02/set	17/set	30/set	08/out	28/out	04/nov										
Vários II	71	35	9	02/set	18/set	22/set	01/out	10/out	20/out	27/out	11/nov	20/nov							
Vários II	71	36	9	02/set	17/set	22/set	01/out	08/out	20/out	28/out	04/nov	12/nov							
E	35	100	4	19/set	01/out	06/nov	21/nov												
E	35	101	5	19/set	07/out	14/out	20/out	29/out											
A	10 + 10	03 + 31	4	02/out	10/out	15/out	Caixa quebrada devido a trinca na lateral												
B	38	37	3	09/out	22/out	01/nov													
B	38	33	2	02/out	Caixa quebrada devido a trinca no fundo														
B	38	34	5	01/out	09/out	22/out	25/nov	04/dez											
C	68	11	2	29/set	07/out														
D	63	37	1	14/out															
E	35	100	3	01/out	07/out	14/out													
A	10 + 10	02 + 02	4	02/out	10/out	Caixa quebrada devido a trinca na lateral													
Vários I	54	41	6	04/out	09/out	28/out	04/nov	12/nov	20/nov										
D	63	42	2	02/out	13/nov														

Figura 3. Relação das fundições realizadas com moldes confeccionados em concreto.

Percebe-se que algumas caixas não suportaram mais do que três fundições, enquanto que outras ultrapassaram a 6ª fundição tranqüilamente. Os moldes que não apresentam as observações “caixa quebrada devido a trinca no fundo” na Figura 3, até a data de atualização desta base de dados, ainda encontravam-se em condições de uso. O fato de não estar sendo usado não significa que o molde está danificado. Devido à programação de fundição para atendimento dos prazos acordados com os clientes, muitos moldes não são usados por um período, retornando oportunamente de acordo com a programação.

Os nomes dos clientes estão representados por letras/números: moldes específicos para atendimento de um único cliente estão representados apenas por uma letra (“A”, “B” até “G”); moldes que podem ser utilizados para mais de um cliente (moldes mais versáteis) foram agrupados por faixa de dimensional e estão indicados pela palavra “Vários” seguido de um seqüencial (cada seqüencial é um grupamento de clientes cujos moldes podem ser empregados dentro de um dado grupamento).

Na Figura 4 encontram-se histogramas que sumarizam a relação entre número de fundições já realizadas utilizando-se de moldes de concreto (Figura 4a) e o instante em que alguns moldes são sucitados (Figura 4b). Pode-se ver através da Figura 4(a) que existe uma quantidade significativa de moldes de concreto que suportaram até seis fundições. Adicionalmente, percebe-se que existe um segundo grupamento de moldes que foram utilizados um pouco mais, entre oito e 11 vezes, o que evidencia que é perfeitamente possível empregar um único molde de concreto para fundir dez ou mais peças. Analisando-se a Figura 4(b), pode-se inferir que o processo de confecção de moldes com concreto necessita de ajustes, uma vez que dos dez moldes sucitados, sete foram segregados de uso após a 2ª ou 3ª fundição. Vale comentar que algumas destas caixas acabaram danificando-se devido ao mau uso ou devido à inexperiência de preparação/manuseio. Os outros três moldes sucitados foram retirados de uso após a 5ª fundição.

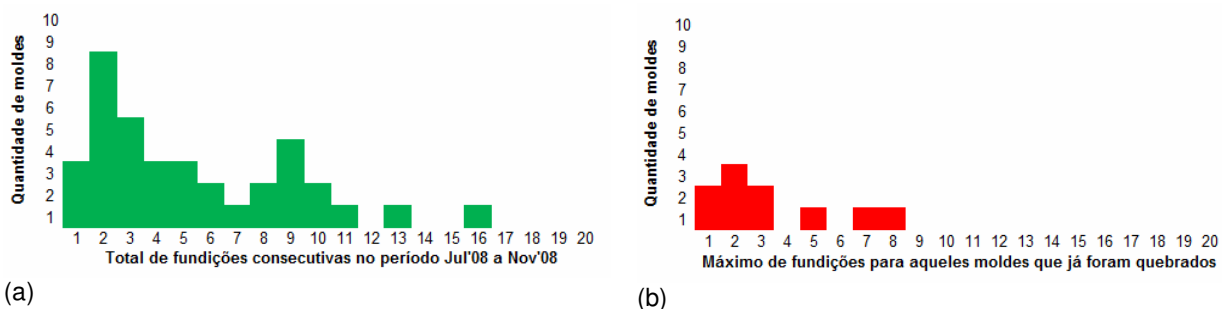


Figura 4. (a) Total de fundições já realizadas empregando-se moldes de concreto. (b) Instante em que os moldes sucitados foram caracterizados como “impróprios para uso”.

4.2 Caracterização Visual

4.2.1 Análise morfológica

Na Figura 5 pode-se ver a geometria dos grãos de areia removidos dos torrões após terem sido moldados e/ou fundidos. Estes grãos foram retirados através de raspagem mecânica de pequenos pedaços do molde.

Através da Figura 5(a) percebe-se nitidamente a presença de particulados aderidos aos grãos da areia “tipo A”. Pode-se supor que estes particulados sejam o ligante empregado na preparação da areia, mas também não se pode descartar a possibilidade de tratar-se de resíduos de argila que fazem parte dos finos da areia. Visualiza-se, também, a enorme diferença entre a granulometria do concreto e dos

grãos das areias tradicionalmente utilizadas para fabricação dos moldes para fundição.

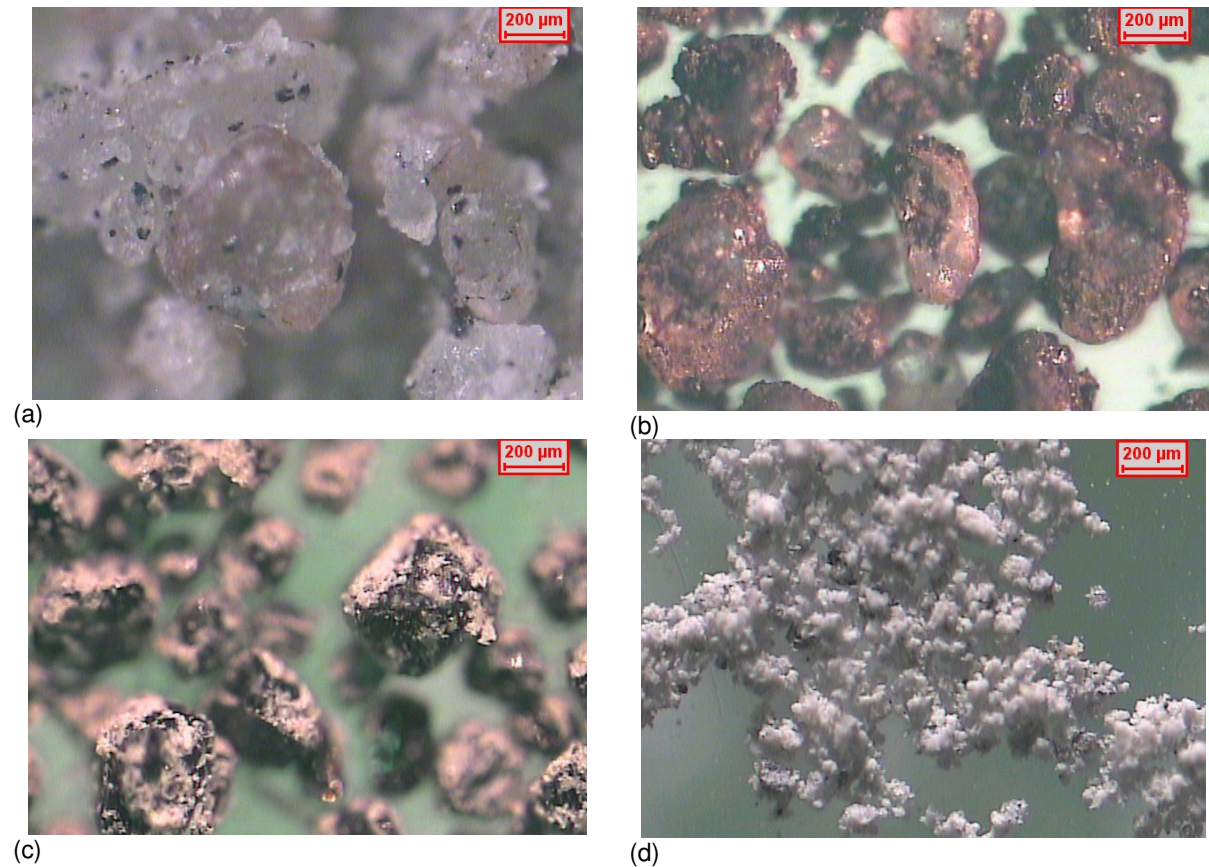
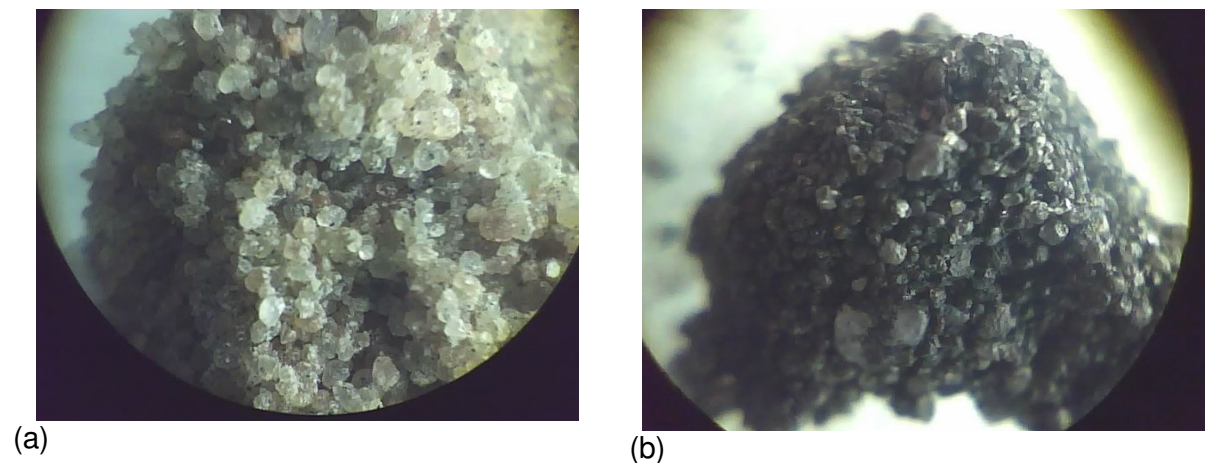
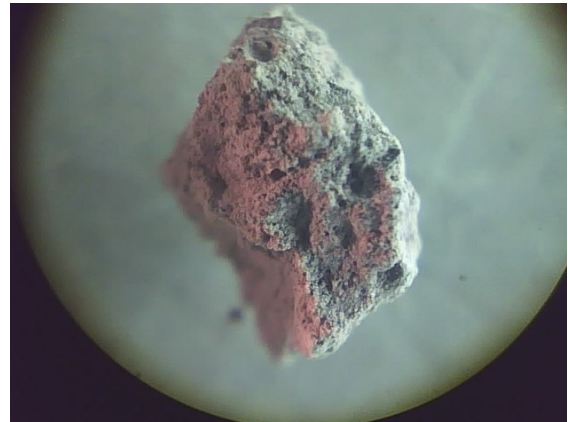
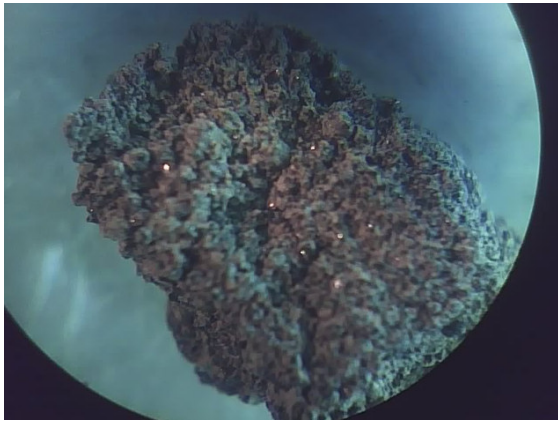


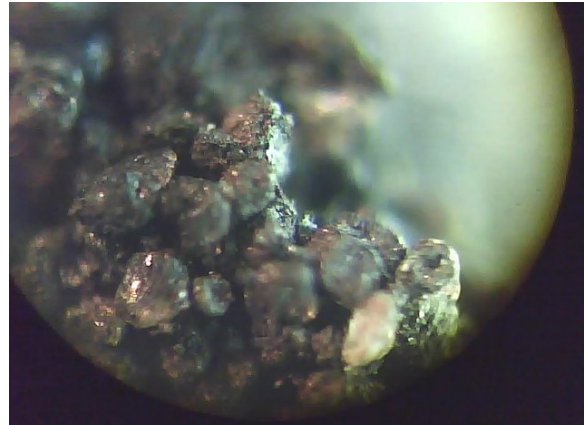
Figura 5. Morfologia dos grãos de areia e de partículas do concreto: (a) Areia “tipo A” após moldação e antes da fundição; (b) Areia “tipo A” após a fundição; (c) Areia “tipo B” após a fundição; (d) Partículas do concreto utilizado. Microscópio ótico, 50X.

Analisando-se as Figuras 6 e 7, pode-se evidenciar a diferença no acabamento superficial das areias frente ao concreto. Esta diferença sugere que as peças fundidas empregando-se os moldes de concreto tenham um acabamento superficial consideravelmente melhor do que aquelas peças fundidas com moldes de areia.





(c) (d)
Figura 6. Morfologia dos aglomerados (pedaços) de areia e concreto visualizando a união entre as partículas: (a) Areia “tipo A” após moldação e antes da fundição; (b) Areia “tipo A” após a fundição; (c) Areia “tipo B” após a fundição; (d) Concreto após a fundição. Estereomicroscópio, 1X.



(a)

(b)



(c)

(d)

Figura 7. Morfologia dos aglomerados (pedaços) de areia e concreto visualizando a união entre as partículas e o acabamento superficial existente: (a) Areia “tipo A” após moldação e antes da fundição; (b) Areia “tipo A” após a fundição; (c) Areia “tipo B” após a fundição; (d) Concreto após a fundição. Estereomicroscópio, 4X.

4.2.2 Acabamento superficial das peças fundidas

Como já era esperado, observou-se uma melhor qualidade superficial das peças fundidas quando foram empregados moldes confeccionados em concreto em substituição aos moldes de areia.

Esta característica deve-se à diferença de granulometria/morfologia e acomodação dos grãos entre si nos moldes, e que pode ser evidenciado através das Figuras 5 a 7. Percebe-se nitidamente que o concreto apresenta muito menos irregularidade superficial e interstícios entre os grãos, fato que minimiza a ancoragem do metal durante a fundição, logo, melhora o acabamento superficial da peça. Embora não se tenha avaliado o impacto desta alteração nos processos de usinagem, a diferença de acabamento superficial observada sugere que a usinabilidade tende a melhorar com o uso de moldes de concreto.

4.3 Benefícios da Substituição da Areia pelo Concreto

Os benefícios advindos da substituição da areia pelo concreto para a moldação destas peças podem ser resumidos como sendo: (i) economia em virtude da substituição gradativa da areia pelo concreto à medida que são fundidas mais peças; (ii) menor geração de resíduos proporcionando redução dos custos totais de descarte e destinação para aterros.

Considerando o período de análise de julho'08 a outubro'08, conforme Figura 8, evidencia-se que a substituição da areia pelo concreto trouxe, de imediato, uma redução nos custos totais de R\$16.462,00 já nos quatro primeiros meses de uso do concreto: confeccionando os moldes em concreto, o custo total foi de R\$84.433,00, enquanto que se os moldes fossem confeccionados em areia, o custo total seria R\$100.894,00. Vale citar ainda que a quantidade de moldes envolvida representa aproximadamente 25% do total que é utilizado no processo, existindo, portanto, um enorme potencial de economia com o aprimoramento da técnica de moldação e a expansão de sua aplicação para os 75% restantes de moldes.

Outro resultado expressivo é a substancial redução na quantidade de resíduos. Alterando-se a metodologia de moldação, considerando-se esta mesma base de referência, reduz-se de 115.153 kg para 16.444 kg a quantidade de material, que posteriormente tornar-se-á resíduo a ser destinado para aterros. Espera-se que com o aprimoramento da técnica o número médio de fundições por molde aumente. Portanto, também existe um potencial para reduzir ainda mais a quantidade de resíduos gerados.

Se for considerado como custo médio de destinação de resíduos o valor de R\$160,00/t, considerando-se a diferença entre o total de areia que seria consumido e o total de concreto realmente utilizado, existiria, ainda, uma economia de R\$15.792,00 em função da redução do montante a ser destinado para aterros ($115,1 t - 16,4 t = 98,7 t \times R\$160,00/t = R\$15.792,00$).

Em resumo, conseguiu-se uma economia total de R\$32.254,00 e redução da geração de resíduos de 98,7 t. Projetando-se este resultado para um período de um ano, os benefícios seriam: (i) economia de ~R\$129.000,00/ano; (ii) redução de ~300 t/ano de resíduos.

Cliente	kg de areia por molde	Custo unitário do molde de areia (R\$)	kg de concreto por molde	Custo unitário do molde de concreto (R\$)	N° Moldes confeccionados	N° Fundições	Total de areia que seria usado se os moldes fossem confeccionados em "areia" em função do número de fundições (kg)	Total de concreto gasto para confecção dos moldes para o total de fundições apresentado (kg)	Custo total molde "areia" (R\$)	Custo total molde "concreto" (R\$)
A	857	R\$ 777,77	964	R\$ 1.894,51	4	30	25.710	964	R\$ 23.333,10	R\$ 7.578,02
E	967	R\$ 843,20	1.088	R\$ 2.137,67	3	6	5.802	1.088	R\$ 5.059,20	R\$ 6.413,02
B	969	R\$ 844,16	1.090	R\$ 2.142,10	6	11	10.659	1.090	R\$ 9.285,76	R\$ 12.852,57
G	3.005	R\$ 3.177,55	3.381	R\$ 6.642,93	1	0	0	3.381	R\$ -	R\$ 6.642,93
Vários I	966	R\$ 833,01	1.087	R\$ 2.135,46	6	30	28.980	1.087	R\$ 24.990,30	R\$ 12.812,78
Vários III	966	R\$ 833,01	1.087	R\$ 2.135,46	2	9	8.694	1.087	R\$ 7.497,09	R\$ 4.270,93
D	1.120	R\$ 969,72	1.260	R\$ 2.475,90	4	1	1.120	1.260	R\$ 969,72	R\$ 9.903,60
C	1.014	R\$ 894,45	1.141	R\$ 2.241,57	4	13	13.182	1.141	R\$ 11.627,85	R\$ 8.966,30
Vários II	511	R\$ 454,91	575	R\$ 1.129,63	3	13	6.643	575	R\$ 5.913,83	R\$ 3.388,89
A	1.007	R\$ 899,27	1.133	R\$ 2.226,10	2	2	2.014	1.133	R\$ 1.798,54	R\$ 4.452,20
Vários I	1.519	R\$ 1.280,94	1.709	R\$ 3.357,94	1	7	10.633	1.709	R\$ 8.966,58	R\$ 3.357,94
D	1.716	R\$ 1.452,48	1.931	R\$ 3.793,43	1	1	1.716	1.931	R\$ 1.452,48	R\$ 3.793,43
	37		123							
	Total (kg)		115.153	16.444						
	Total (R\$)		R\$ 100.894	R\$ 84.433						

Figura 8. Comparação de consumo entre a areia e o concreto para a confecção de moldes e respectivos custos de fabricação.

5 CONCLUSÃO

É perfeitamente possível utilizar o concreto para a confecção de moldes em substituição à areia, salvo casos em que as peças apresentam geometrias complexas, inviabilizando sua utilização.

A substituição da areia pelo concreto é viável economicamente. No entanto, deve-se levar em conta que esta viabilidade (ponto de equilíbrio) dependerá do uso de um mesmo molde mais de uma vez devido ao custo do concreto ser superior ao custo da areia. Para o presente estudo de caso, atinge-se o ponto de equilíbrio na 3ª fundição.

A qualidade superficial das peças fundidas em moldes de concreto é melhor em relação ao observado quando se emprega areia, o que provavelmente implicará em uma melhor usinabilidade das peças que foram fundidas em moldes de concreto.

Consegue-se reduzir consideravelmente a quantidade de resíduos a serem destinados para aterros. A substituição da areia pelo concreto se mostrou como uma solução bastante eficaz para minimização do impacto ambiental. Considerando o presente estudo de caso, estima-se que no mínimo 300 t de resíduos deixem de ser gerados anualmente através desta alteração.

Estima-se uma economia de pelo menos R\$129.000,00 anuais em função desta substituição de matéria-prima para a moldação.

Os resultados apresentados são bastante motivadores visto as enormes vantagens obtidas. No entanto, a maximização destes resultados passa, necessariamente, por um aprimoramento do processo de fabricação dos moldes no sentido de minimizar as ocorrências de quebras com poucas fundições. Devido a maior fragilidade dos moldes de concreto, deve-se ter mais cuidado no seu manuseio.

REFERÊNCIAS

- 1 SILVA, C.E.; RIVAROLI JÚNIOR, A.; SILIDÔNIO JÚNIOR, L.C.; PEREIRA, C.L.L. Reutilização de areia de cura a frio no processo de fundição como alternativa para a redução de resíduos – resultados preliminares. In: 63º Congresso Anual da ABM, Santos, 2008. SP: ABM, 2008. p.3152-3164.
- 2 SILVA, C.E.; SILIDÔNIO JÚNIOR, L.C.; OLIVEIRA, D.L.; RIVAROLI JÚNIOR, A. Influência do número de ciclos de reutilização da areia de cura a frio nas propriedades mecânicas e características superficiais dos moldes empregados na fundição. In: 18º CBECiMat – Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, Porto de Galinhas, 2008. PE: CBECiMat, 2008. p.2159-2170.
- 3 SILVA, C.E.; OLIVEIRA, D.L.; SILIDÔNIO JÚNIOR, L.C.; RIVAROLI JÚNIOR; A. Influência da quantidade de areia de cura a frio reutilizada e do percentual de resina nas propriedades mecânicas de moldes empregados na fundição. In: 18º CBECiMat – Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, Porto de Galinhas, 2008. PE: CBECiMat, 2008. p.2147-2158.
- 4 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. *NBR 10.004* resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.