

REUTILIZAÇÃO DE AREIA DE CURA A FRIO NO PROCESSO DE FUNDIÇÃO COMO ALTERNATIVA PARA A REDUÇÃO DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS – RESULTADOS PRELIMINARES ¹

Christian Egidio da Silva ²
Amir Rivarolli Júnior ³
Luiz Carlos Silidônio Júnior ⁴
Carlos Leandro Leite Pereira ⁵

Resumo

A reutilização ou reaproveitamento de areia é, sem dúvida, uma ótima opção para implementar a sustentabilidade. Proporciona economia de matéria-prima, reduz a necessidade de espaços destinados a resíduos industriais e proporciona uma diminuição dos custos de coleta e aterros sanitários. O presente trabalho foi desenvolvido para que seja conhecido o real comportamento da areia de cura a frio reutilizada, elaborada sob diversos traços de “areia virgem/areia reutilizada”, em termos de propriedades mecânicas e características visuais que possam fornecer informações importantes sobre o material, e entender melhor algumas limitações técnicas. Evidenciou-se uma queda abrupta (redução pela metade) da resistência à tração e compressão a partir do uso de 30% de areia de cura a frio reutilizada. Para aplicações de maior exigência, estes resultados preocupam, tendo em vista o risco de ocorrência de trincas nos moldes e vazamento de metal devido à pressão metalostática durante a fundição para situações nas quais são utilizados percentuais de reutilização superiores a 30%. Pode-se constatar que a resistência à tração aumenta significativamente para intervalo de tempo, entre a elaboração e o teste propriamente dito, superior a 24 h, sugerindo que não seja realizada a fundição em um intervalo inferior a 24h.

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

COLD SET RECYCLING IN THE CASTING PROCESS AS AN ALTERNATIVE TO WASTE REDUCTION – FIRST RESULTS

Abstract

The recycling of sand is a great option to implement sustainability inside the industries. It allows a reduction of raw material consumption, optimizes the industrial wastes, decreases the wastes collect and material discharge costs. The present work was developed to understand the real behavior of recycled cold set in terms of mechanical properties and other visual characteristics in order to find out technical limitations or restrictions. It was noted an abrupt drop (by half) of tensile and compression strength with 30% of recycled cold set. For applications which the mold is more required, those results are more concerned due to the risk of mold cracks during the casting process. The tensile strength increases with preparation time, reaching the highest values with 24h of time between the preparation and the test. It permits to conclude that a cold set mold, with or without recycled sand, presents better results after 24h of time preparation.

Key words: Sand; Recycling; Casting; Wastes.

¹ *Contribuição técnica ao 63º Congresso Anual da ABM, 28 de julho a 1º de agosto de 2008, Santos, SP, Brasil*

² *Doutorando, Engenheiro de Produto e Desenvolvimento – Aços Villares / PPG-EAM ITA.*

³ *Engenheiro de Produto e Desenvolvimento - Aços Villares*

⁴ *Técnico de Produto – Aços Villares*

⁵ *Técnico de Laboratório de Areias – Aços Villares*

1 INTRODUÇÃO

A atual produção de resíduos urbanos e industriais é tal que constitui para a sociedade moderna um grande problema, não apenas de ordem sanitária e ambiental, mas também de caráter social e econômico.

Em função dos problemas ambientais associados à geração de resíduos, quais sejam, esta questão tomou tal relevância que para muitas empresas passou a ser tratada como estratégia empresarial. 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.

Lopes, Ferreira e Dezena⁽¹⁾ comentam que os custos da utilização de areia nova nas indústrias de fundição somados aos anseios dos órgãos ambientais para redução da deposição de resíduos de fundição em aterros sanitários e geração de descartes não nocivos ao meio ambiente, têm levado as fundições e os fornecedores de matéria-prima, tecnologia e equipamentos a estudar novos processos de reciclagem de 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. No entanto, devido à necessidade básica de se confeccionar moldes de areia para a fundição, tenta-se maximizar sua reutilização.

Okida⁽²⁾ e Armange et al.⁽³⁾ comentam que no Brasil, anualmente, são gerados mais do que um milhão de toneladas em excedentes de areias de moldagem, requerendo à mineração igual quantidade de areia nova. Estes excedentes podem ser classificados como perigosos ou não perigosos, dependendo do tipo e quantidade de substâncias presentes. De acordo com Okida,⁽²⁾ o que se coloca às indústrias é a busca por novas tecnologias, a racionalização na utilização de recursos eliminando ou reduzindo perdas, o aperfeiçoamento do sistema produtivo (eco-eficiência) e sua integração interna e externa para efetivar as transformações necessárias ao atual ambiente de negócios.

Uma das alternativas de descarte de resíduos sólidos é o uso de aterros industriais. No entanto, torna-se uma opção que afeta a sustentabilidade do sistema. Este problema se agrava quando o resíduo sólido é inadequadamente descartado, principalmente nos grandes centros urbanos, consistindo tarefa potencialmente poluidora do solo e principalmente das águas superficiais e do subsolo. As restrições e ameaças ambientais podem ser transformadas em oportunidades. O reaproveitamento interno ou a venda de resíduos para outras empresas, o desenvolvimento de tecnologias mais limpas ao meio ambiente com vantagens competitivas, a venda de patentes, o desenvolvimento de novos produtos, a geração de novos materiais e outras atividades estão dentro deste contexto.^(2,3)

A reutilização ou reaproveitamento surge como recurso potencial para implementar a sustentabilidade. De acordo com Okida,⁽²⁾ a reutilização proporciona economia de matéria-prima, uma vez que seu processamento geralmente exige menos insumos quando comparados ao processamento para obtenção de materiais

originais. Adicionalmente, reduz a necessidade de espaços destinados a resíduos industriais, proporciona uma diminuição dos custos de coleta e com aterros sanitários e conscientiza os empregados. Proporciona-se a redução de impactos ambientais, sanitários e sociais, gerados tanto pelo lançamento indiscriminado de resíduos sólidos no ambiente, quanto pela implantação e operação de instalações destinadas ao seu tratamento e disposição final.

Armange et al.⁽³⁾ defendem a reutilização de areia de fundição. Em seu trabalho, os autores relatam que é possível encontrar uma destinação mais adequada do ponto de vista ecológico e que adicionalmente também agregue algum valor a certos resíduos da indústria, diminuindo assim o custo com a disposição de em aterros industriais.

2 AREIA DE FUNDIÇÃO

De acordo com Okida⁽²⁾ e Rubio, Panzera e Nogueira,⁽⁴⁾ fundição vem a ser a conformação de um metal no estado líquido. Este processo consiste em aquecer o metal até que se funda e se transforme em um líquido homogêneo, onde então será vertido em moldes adequados, adquirindo a forma desejada. Estes moldes podem ser construídos de vários materiais, sendo o mais utilizado a areia de sílica.

As características dos grãos de areia têm grande influência no acabamento e na qualidade final das peças fundidas, uma vez que a areia representa a maior parte do material empregado na confecção dos moldes. Para um desempenho satisfatório, as areias de fundição devem apresentar uma estabilidade dimensional e térmica a elevadas temperaturas, possuir tamanho e formato de partículas adequadas, ser quimicamente inerte a metais fundidos, não ser facilmente molhada por metais fundidos, não conter elementos voláteis que produzam gás no aquecimento, ser disponível em grandes quantidades e preços razoáveis. É comum adicionar-se à areia pequenas quantidades de aditivos, e dependendo da aplicação, podem ser usadas resinas sintéticas (1% a 2%), bentonita (1%), pó de carvão (2%) e amido de milho (1%).

Depois de solidificado e devidamente resfriado, procede-se com a desmoldagem. Esta operação nada mais é do que a retirada da peça de dentro do molde. Neste instante são gerados resíduos de areia, contaminados com aditivos e aglomerantes, inclusive com resíduos de metal (respingos).

Considerando a necessidade de minimizar a geração de excedentes de areia de fundição, desenvolve-se o presente trabalho no intuito de conhecer exatamente o comportamento da areia reutilizada, elaborada sob diversos traços “areia virgem/areia reutilizada”, em termos de propriedades mecânicas e outras características visuais que possam fornecer informações importantes acerca do comportamento daquela determinada proporção. A maximização do uso de areia reutilizada para moldação passa, necessariamente, por um adequado entendimento da influência do percentual de areia “reutilizada” na mistura. O objetivo deste trabalho é avaliar algumas propriedades mecânicas e características visuais de corpos-de-prova preparados com diferentes proporções de uma mistura de areia de cura a frio “virgem” com a areia “reutilizada”, também de cura a frio. Com isso, espera-se compreender os níveis aceitáveis de reutilização, o que eventualmente pode proporcionar um aumento na reutilização de areia, reduzindo, com isso, a geração de excedentes de areia de fundição, porém não esquecendo dos riscos associados à maximização da reutilização de areia de cura a frio no processo de moldação.

Este trabalho apresenta os resultados preliminares obtidos pelos autores para compreender as limitações técnicas da reutilização de areia de cura a frio recuperada, bem como desenvolver conhecimento técnico suficiente para maximizar seu uso em situações de maior exigência. Outras simulações e caracterizações estão em andamento, e serão empregadas em publicações futuras.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a elaboração dos corpos-de-prova foram utilizadas a areia de sílica (40/50 AFS *quartzosa* comercial) para moldação com cura a frio (designada como “virgem” no presente estudo), areia reutilizada do próprio processo de fundição com cura a frio (designada como “reutilizada” no presente trabalho), resina furânica com teor máximo de nitrogênio de 4% e catalisador PTS (para-tolueno sulfônico).

3.1 Ensaio de Granulometria

Para a caracterização, foram realizadas análises granulométricas para as areias “virgem” e “reutilizada”. Para a preparação da mistura (traço) foi utilizado um jogo de peneiras padrão conforme ABNT (#6 ou 3,35mm, #12 ou 1,79mm, #20 ou 0,85mm, #30 ou 0,60mm, #40 ou 0,42mm, #50 ou 0,30mm, #70 ou 0,21mm, #100 ou 0,15mm, #140 ou 0,107mm, #200 ou 0,075mm e #270 e Fundo ou 0,053mm) e agitador mecânico *Productest*. Utilizou-se como referência para realização deste ensaio o documento CEMP-081.⁽⁵⁾

Antes de iniciar a preparação dos corpos-de-prova, foi elaborada uma curva de calibração para definir qual seria a condição ótima para a análise granulométrica. Ou seja, realizou-se o ensaio de granulometria para quantidades iguais da areia objeto de estudo utilizando-se tempos diferentes de peneiramento. Depois de finalizadas algumas análises granulométricas, pode-se escolher o tempo “ótimo” para este ensaio, padronizando-se todo o estudo com isso.

3.2 Preparação do Traço

Para a preparação do traço foi empregada uma batedeira planetária típica. Uma vez definidas as respectivas proporções de areia virgem e areia reutilizada, as mesmas foram adicionadas no interior da batedeira, espalhando-as por igual uma sobre a outra, e em seguida, efetuando-se uma homogeneização das areias por aproximadamente 30 segundos. Sobre a areia, adicionou-se a quantidade prevista de catalisador e iniciou-se a agitação por aproximadamente 60 s (1 min), tempo suficiente para garantir a homogeneização dos materiais. Em seguida, adicionou-se a resina, e a agitação prosseguiu por aproximadamente 60 s (1 min). Finalizada a preparação da areia (mistura), iniciou-se a preparação dos corpos-de-prova. Para a preparação do traço foi utilizada como referência o documento CEMP-182.⁽⁶⁾ Finalizada esta operação, iniciou-se a preparação dos corpos-de-prova.

Os traços utilizados (“areia virgem/areia reutilizada”) para a confecção dos corpos-de-prova estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Traços utilizados para a preparação dos corpos-de-prova e caracterização mecânica.

Tipo de areia	Proporção de mistura (traço)									
	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
Virgem	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
Reutilizada	-	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%

3.2 Ensaio Mecânicos

Concluída a análise granulométrica, foram elaborados corpos-de-prova, empregando-se diferentes proporções de areia reutilizada (de 0% a 100%) na mistura com areia virgem. A seguir, pode-se visualizar os testes que foram realizados para caracterização da areia.

3.2.1 Resistência à compressão

Foi avaliada a resistência à compressão após 24 h da elaboração do respectivo traço. Para a preparação dos corpos-de-prova e realização do ensaio de compressão foi utilizado o documento CEMP-060⁽⁷⁾ como referência, sendo elaborado 1 (um) corpo-de-prova por traço. Empregou-se uma máquina universal de avaliação da resistência de areias, fornecida pela *Dietert Detroit Product*.

3.2.2 Resistência à tração

Foi avaliada a resistência à tração após diferentes períodos de espera: 4h, 5h e 24h. Para a preparação dos corpos-de-prova e realização do ensaio de tração foi utilizado o documento de recomendação CEMP-162 (8), sendo elaborados 3 (três) corpos-de-prova por traço. Empregou-se uma máquina universal de avaliação da resistência de areias, fornecida pela *Dietert Detroit Product*.

3.2.3 Caracterização morfológica

Visando entender melhor a diferença morfológica existente entre os grãos de areia virgem e recuperada e compreender a eventuais diferenças dos resultados obtidos nos ensaios de tração e compressão, empregou-se um microscópio ótico modelo *Leica DMLM*.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 Ensaio de Granulometria

Foram realizadas análises granulométricas da areia reutilizada “pura” (100% de areia reutilizada), utilizando tempos de agitação diferentes: 300 s (5 min), 600 s (10 min) e 900 s (15 min). A Figura 1 mostra as curvas obtidas com a análise granulométrica para uma situação contendo 100% de areia reutilizada, evidenciando que para tempos de agitação de 600s (10 min) e 900 s (15 min) a distribuição granulométrica é similar.

Embora o documento CEMP-081⁽⁵⁾ explicita que o tempo de agitação adequado seja de 900 s (15 min) \pm 60 s (1 min), tendo em vista o resultado da curva de calibração (Figura 1), que mostra a grande similaridade de resultados para tempo de agitação de “600 s” e “900 s”, definiu-se como tempo padrão para a caracterização “600 s (10 min)”. Este tempo será utilizado como padrão para toda análise granulométrica que for feita para o presente estudo.

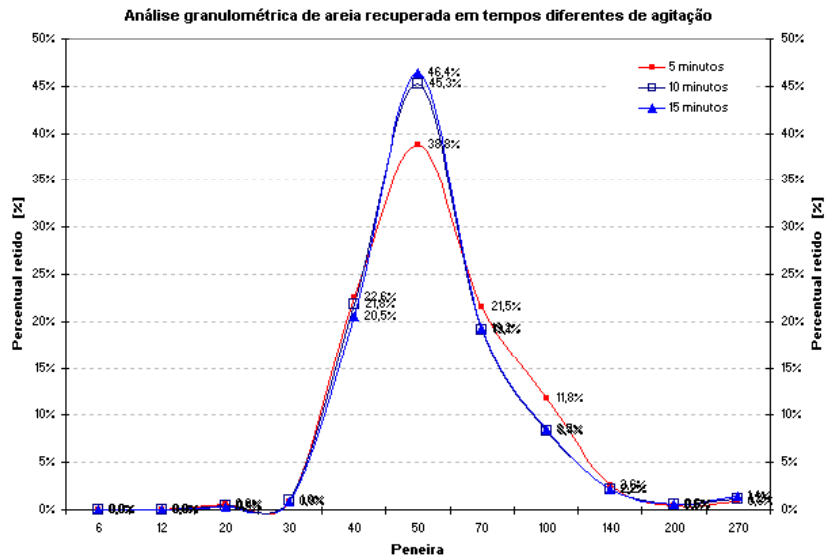


Figura 1. Definição do tempo padrão para a análise granulométrica.

Para que fossem preparados os corpos-de-prova para caracterização mecânica, foram coletadas amostras de areia reutilizada em dias diferentes. Para cada amostra coletada, efetuou-se uma caracterização granulométrica detalhada e específica, considerando-se o tempo de agitação de “600 s” (10 min) definido anteriormente. Na Figura 2 pode-se visualizar: (a) análise granulométrica obtida para diferentes lotes de areia virgem empregados no mesmo período dos testes (usado como referência); (b) análise granulométrica obtida para as diferentes amostras de areia reutilizada. Percebe-se que os percentuais retidos para a areia reutilizada, por peneira, são muito próximos, independente da amostra avaliada – a maior amplitude observada não ultrapassou 5%. Esse resultado descarta a possibilidade de interferência da maneira com que a amostra foi retirada e também do fator temporal (datas de coleta das amostras, que foram diferentes) no presente estudo.

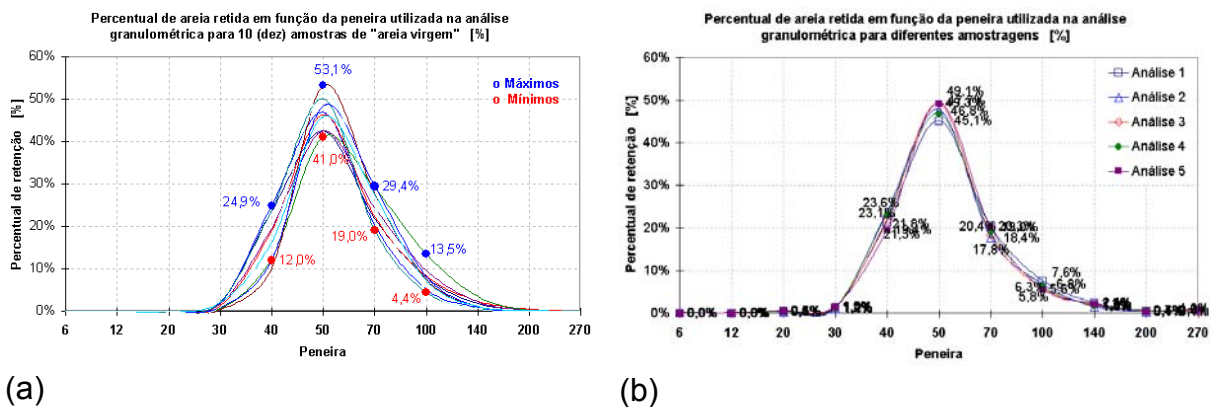


Figura 2. Percentual de retenção de areia para: (a) Lotes diferentes de areia virgem usados no período de teste; (a) Diferentes amostras de areia recuperada utilizadas na preparação dos corpos-de-prova.

Analisando-se a Figura 2, pode-se visualizar que existe uma tendência de “redução” do particulado em função da recuperação, o que pode provocar mudança da resistência mecânica da mistura. Analisando as #40, #50, #70 e #100, parece existir uma tendência de redução da dispersão da areia em função de sua reutilização. Exemplos: #40, areia virgem variando de 12,0% a 24,9%, enquanto que na recuperada a variação era de 21,3% a 23,6%; #50, areia virgem variando de

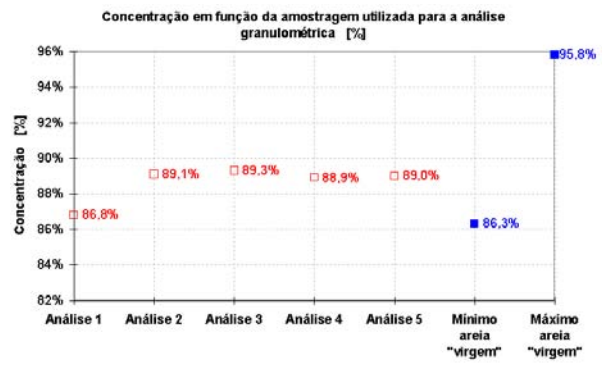
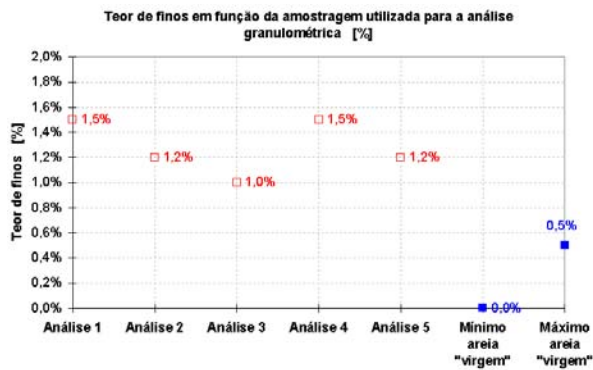
41,0% a 53,1%, enquanto que na recuperada a variação era de 45,1% a 49,1%; #70, areia virgem variando de 19,0% a 29,4%, enquanto que na recuperada a variação era de 17,8% a 20,4%; #100, areia virgem variando de 4,4% a 13,5%, enquanto que na recuperada a variação era de 5,8% a 7,6%.

Na Figura 3(a), pode-se visualizar que o teor de finos permanece entre 1% e 1,5% para as amostras de areia reutilizada avaliadas, não apresentando resultados discrepantes entre si. Estes valores atendem, inclusive, a tolerância máxima aceitável para o teor de finos de uma areia virgem, que é de 1,5%. Para a areia virgem, considerando-se uma amostragem de dez lotes analisados no mesmo período de teste, foram observados teores de finos variáveis de 0,0% a 0,5%. Ou seja, ocorreu um aumento no teor de finos para a areia reutilizada. Quanto maior o percentual de finos, menor é a permeabilidade. Uma baixa permeabilidade dificulta a saída de gases, o que pode levar à ocorrência de defeitos de fundição (porosidade, por exemplo). É desejável, portanto, o menor percentual de finos possível. Embora para o presente trabalho não tenha sido feito o ensaio de permeabilidade, em função dos resultados de Rubio, Panzera e Nogueira,⁽⁴⁾ pode-se supor que devido ao reduzido teor de finos (< 1,5%) a areia reutilizada não contribuirá significativamente para a retenção de gases, o que é bom. Vale ressaltar que neste trabalho não foi levada em consideração que uma mesma quantidade de areia tenha sido reutilizada várias vezes – considerou-se apenas a primeira reutilização de uma determinada quantidade de areia. É esperado que quanto mais vezes a mesma areia for reutilizada, que o percentual de finos aumente.

Outra característica que está associada ao teor de finos é a ocorrência de sinterização de areia em determinadas regiões das peças. Quanto menor for o teor de finos, maior será a temperatura de sinterização, ou seja, mais difícil será a ocorrência de sinterização para areias que apresentem teor de finos mais reduzidos – justamente porque os finos preenchem os interstícios dos grãos de maior granulometria, minimizando pontos de ancoragem para o metal enquanto solidifica e contrai.

Em contrapartida, quanto maior for o teor de finos, maior será a área superficial dos grãos de areia, e conseqüentemente, maior será o consumo do ligante (resina). Portanto, deve-se objetivar a menor quantidade possível de finos para que não se tenha variação de propriedades mecânicas nem consumo excessivo da resina, o que encareceria a elaboração da areia. O aumento do teor de finos para as amostras de areia recuperada é um indício de que talvez seja necessário aumentar a quantidade de resina para que se tenha mesmo nível de propriedades mecânicas.

Na Figura 3(b), pode-se ver que o coeficiente de distribuição (concentração) permanece relativamente próximo para as amostras de areia reutilizadas, variando de 86,8% a 89,3%, também não apresentando resultados discrepantes entre si, e em consonância com o que usualmente é especificado para uma areia “virgem” (mínimo de 86%). Uma menor concentração de areia reutilizada, em relação à areia virgem (86,3% a 95,8%), é um indício que, de fato, está ocorrendo um fracionamento dos grãos após a fundição.



(a)

(b)

Figura 3. Teor de finos (a) e concentração (b) obtidos para as diferentes amostras de areia recuperada utilizadas na preparação dos corpos-de-prova, em relação aos valores mínimo e máximo obtidos para os lotes de areia virgem analisados no mesmo período de teste.

Alta concentração granulométrica promove o aumento da expansão ao choque térmico. Quando se tem uma areia reutilizada cuja concentração mantém-se próxima aos níveis observados para uma areia virgem, não se deve esperar uma diferença significativa de expansão devido ao choque térmico provocado pelo contato com o metal líquido. Quanto menor a diferença entre as concentrações de areia virgem e recuperada, melhor, visto que não existirá gradiente de deformação, minimizando problemas de trinca no molde exatamente no instante seguinte ao vazamento (fundição). Para o presente estudo, a concentração obtida para as amostras coletadas da areia reutilizada manteve-se relativamente próxima uma da outra (amplitude de 2,5%), inclusive dentro da faixa obtida para a areia virgem (de 86,3% a 95,8%). No entanto, ao serem analisados lotes distintos de areia virgem, pode-se visualizar que a própria areia virgem apresentou uma amplitude expressiva: ~9%. Uma melhor resistência ao choque também é conseguida quanto menor for o teor de finos.

Os resultados do módulo de finura das amostras analisadas apresentam-se próximos um do outro (mínimo de 43,3%, máximo de 45,3%), como pode ser visto na Figura 4, o que evidencia mais uma vez que as amostras de areia reutilizada que foram analisadas são de fato muito similares entre si, mesmo sendo coletadas em momentos diferentes. Vale ressaltar que a areia "virgem" especificada apresenta um módulo de finura de 40/50 AFS, ou seja, a areia reutilizada não apresenta comportamento discrepante da areia virgem. As amostras de areia virgem coletadas no mesmo período de teste apresentaram módulo de finura variando de 41,40% a 47,80%, ou seja, os resultados obtidos para a areia reutilizada apresentam-se praticamente no meio da faixa especificada para a areia virgem, embora exista uma tendência no decréscimo do módulo de finura para a areia recuperada.

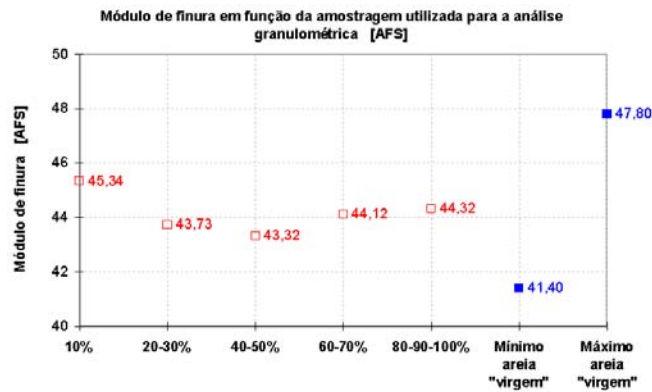


Figura 4. Módulo de finura AFS para as diferentes amostras de areia recuperada utilizadas na preparação dos corpos-de-prova, em relação aos valores mínimo e máximo obtidos para lotes de areia virgem analisados no mesmo período de teste.

O acabamento superficial está associado ao módulo de finura da areia. Embora a existência de muitos finos não seja adequada para características como permeabilidade e expansão ao choque térmico, a presença de uma pequena quantidade é indispensável para que se consiga um acabamento superficial adequado. Portanto, um módulo de finura muito baixo provavelmente proporciona um acabamento grosseiro, enquanto que um módulo de finura maior promove um melhor acabamento da peça. Ou seja, deve-se existir um equilíbrio entre as características granulométricas. Em função dos resultados obtidos, que são próximos, não deve existir diferença significativa no acabamento.

4.2 Preparação do Traço

Não foram encontradas dificuldades para a preparação dos traços previstos.

4.3 Ensaios Mecânicos

4.3.1 Resistência à compressão

Na Figura 5 encontram-se os resultados de resistência à compressão para os diferentes traços empregados na presente caracterização.

Pode-se visualizar uma queda abrupta na resistência à compressão quando se emprega 30% de areia reutilizada. A partir deste percentual, percebe-se que existe uma ligeira estabilização da resistência à compressão (~200psi ou 1.378,96 kPa), porém com valores de resistência duas vezes inferior, ou mais, aos resultados observados para as situações em que foram empregados 10% e 20% de areia reutilizada. Para 80% até 100% de areia reutilizada, os corpos-de-prova romperam no instante em que estavam sendo posicionados na máquina.

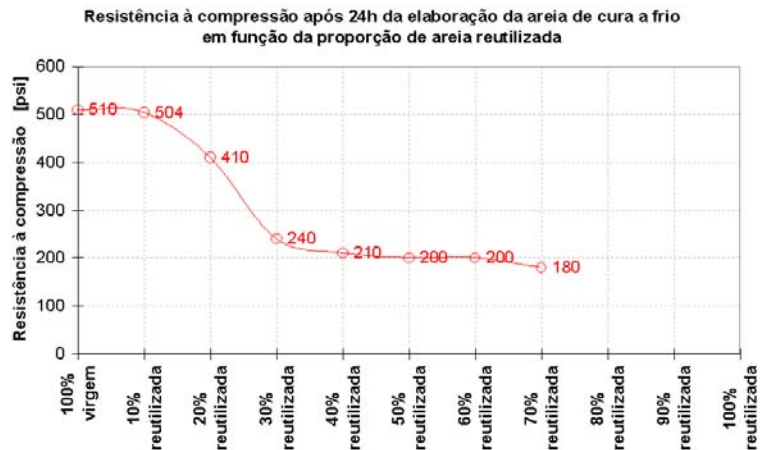


Figura 5. Resultados do ensaio de resistência à compressão após 24 h de confecção do corpo-de-prova em função do traço utilizado.

Estes resultados, de certa forma, preocupam se forem consideradas aplicações de maior exigência (mecânica ou que envolvam grande volume de metal) – risco de trincas no molde – o que poderia levar a um vazamento de metal líquido. Tendo em vista os resultados obtidos, antes de ampliar o percentual de reutilização de areia de cura a frio, torna-se necessário uma avaliação mais detalhada dos riscos associados, o que impreterivelmente dependeria de uma fundição piloto. O aumento do percentual de areia reutilizada pode trazer benefícios, como a redução do custo total do produto e das despesas com a destinação de resíduos e a geração de menor quantidade de resíduos sólidos, mas deve-se atentar às limitações técnicas associadas – redução da resistência mecânica do molde.

4.3.2 Resistência à tração

Na Figura 6 encontram-se os resultados de resistência à tração para os diferentes traços empregados na presente caracterização.

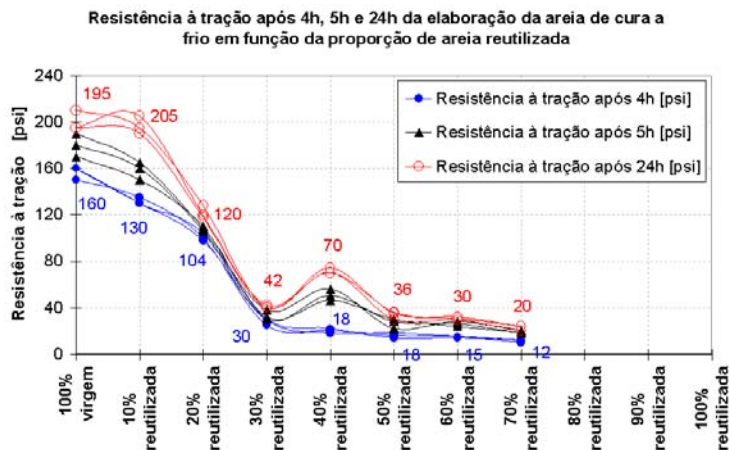


Figura 6. Resultados do ensaio de resistência à tração em função do traço utilizado.

Como já era de se esperar, o comportamento evidenciado no ensaio de compressão (Figura 5) manteve-se para o ensaio de tração, ou seja, queda abrupta no limite de resistência à tração de 205 psi (1.413,43 kPa) para 40 psi (275,8 kPa) para traço de 30%. No entanto, percebe-se que os níveis de resistência à tração continuam reduzindo, porém a uma taxa menor, até alcançar níveis de resistência que podem ser considerados desprezíveis. Se em “compressão” os resultados

aparentemente poderiam sugerir condições de uso para traços superiores a 30% de areia reutilizada, avaliando-se o ensaio de tração, pode-se supor que seria impraticável utilizar quantidades superiores a 30% de areia reutilizada, devido à grande possibilidade de ruptura do molde. Caso a aplicação exija mais do mecanismo “compressivo” do que “trativo”, é possível ampliar a reutilização de areia de cura a frio para traços superiores a 30% em função da constância de resultados observados – manteve-se próximo de 200 psi (1.378,96 kPa), desde que este nível de resistência à compressão suporte os esforços “reais” durante uma fundição. Para 80% até 100% de areia reutilizada, os corpos-de-prova romperam no instante em que estavam sendo posicionados na máquina.

Adicionalmente, pode-se visualizar que à medida que aumenta o tempo entre a preparação do corpo-de-prova e o ensaio propriamente dito (24h em relação a 4h), os valores de resistência à tração também aumentam. Esse comportamento também já poderia ser esperado, uma vez que com um tempo maior, a cura também é favorecida. Do ponto de vista operacional, não deveria ser prática comum utilizar um molde que tenha sido confeccionado antes de concluídas 24 h, contadas a partir do horário em que foi efetuada a moldação. Ou seja, os resultados que realmente devem ser considerados para fins práticos são aqueles observados para 24 h de espera mínima, e que sugerem que quanto mais tempo decorrer entre a preparação do molde e a fundição propriamente dita, mais seguro será o processo.

4.3.3 Caracterização morfológica

Na Figura 7 podem ser encontradas fotos dos grãos da areia virgem (a,c) e reutilizada (b,d), evidenciando uma certa diferença na sua característica morfológica.

Analisando a morfologia dos grãos de areia virgem e reutilizada, pode-se evidenciar que existe uma alteração significativa do seu formato. Os grãos de areia virgem (7a e 7c) são muito mais uniformes e com menos relevos (saliências) do que os grãos de areia reutilizada (7b e 7d). A areia reutilizada parece apresentar uma alteração na sua geometria (apresenta mais alto e baixo-relevos), devido, muito provavelmente, a dois fatores: (i) desgaste causado pelo atrito entre as partículas durante operação de quebra dos torrões para reutilização da areia; (ii) acúmulo de residuais de algum material, que pode ser resina, por exemplo, ocasionando o aparecimento de saliências em várias regiões.

Através da morfologia irregular dos grãos da areia reutilizada (7b e 7d), pode-se supor que existe uma área superficial relativamente maior, quando comparados com os grãos de uma areia virgem (7a e 7c). Esta característica sugere que existe uma tendência natural de consumir-se mais resina para situações em que são empregadas areias reutilizadas. Ou seja, para atingir-se um mesmo nível de resistência, à medida que é aumentada a proporção de areia reutilizada na mistura, parece ser necessário incrementar a quantidade de resina, de forma que se consiga “molhar” e “envolver” adequadamente os grãos da areia reutilizada. Avaliando-se os resultados obtidos nos ensaios de tração e compressão, é possível supor que os baixos valores obtidos para traços superiores a 30% de areia reutilizada sejam devidos, muito provavelmente, à incapacidade da resina envolver por completo os grãos e molha-los, uma vez que a proporção de resina foi mantida para o teste em questão.

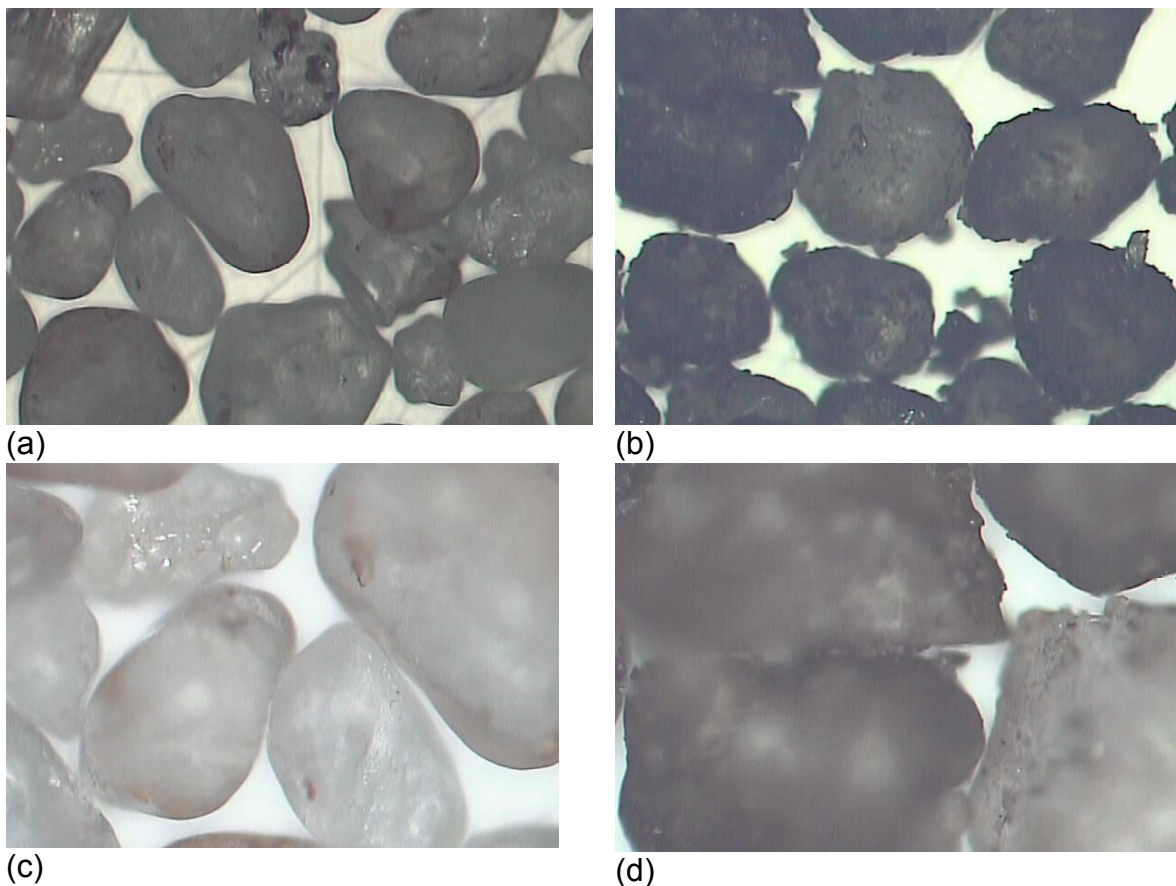


Figura 7. Morfologia dos grãos de areia “virgem” (a,c) e areia recuperada (b,d). Aumento: 50X (a,b) e 100X (c,d).

5 CONCLUSÃO

A reutilização de areia de fundição proporciona vários benefícios, inclusive financeiros. No entanto, não se pode reutilizar areia sem embasamento técnico suficiente, uma vez que existem certas limitações tecnológicas que, se subestimadas, podem impactar negativamente em termos de qualidade/segurança.

Através do presente artigo foi possível constatar-se uma redução abrupta da resistência mecânica ao ser empregada uma mistura de areia “virgem/reutilizada” com 30% em peso de areia “reutilizada”. Este comportamento é preocupante, principalmente para aplicações em fundições com maior exigência – fundição de peças de grandes dimensionais.

Pode-se evidenciar que a resistência mecânica aumenta consideravelmente à medida que aumenta o intervalo entre preparação e fundição propriamente dita.

Avaliando-se a morfologia dos grãos, pode-se evidenciar uma mudança expressiva na sua forma, devido ao desgaste durante sua recuperação. Ao ser mantida a proporção de resina/areia independentemente do percentual de areia reutilizada, é perfeitamente possível imaginar que as partículas (grãos) não estão completamente envolvidas com a resina, fato este que pode estar levando aos baixos resultados de resistência à tração e compressão observados para traços com 30% de areia reutilizada.

Sugere-se, antes de adotar qualquer estratégia de aumento do percentual de areia reutilizada, que seja realizada uma fundição-piloto para que se tenha uma melhor avaliação das características de qualidade e dos riscos envolvidos.

REFERÊNCIAS

- 1 LOPES, E.J.; FERREIRA, F.F.; DEZENA, M.L. **Sistema de recuperação de areias alcalinas de fundição**. Revista Fundição & Matérias Primas, Caderno Técnico, pp48-59, 2004.
- 2 OKIDA, J. R. **Estudo para minimização e reaproveitamento de resíduos sólidos de fundição**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, PR. Dezembro, 2006.
- 3 ARMANGE, L.C.; NEPPEL, L.F.; GEMELLI, E.; CAMARGO, N.H.A. **Utilização de areia de fundição residual para uso em argamassa**. Revista Matéria, v.10, n.1, pp51-62, 2005.
- 4 RUBIO, J.C.C.; PANZERA, T.H.; NOGUEIRA, W.A. **Qualidade superficial de peças de alumínio fundidas em molde de areia**. Revista Matéria, v.11, n.2, pp125-137, 2006.
- 5 CEMP-081 **Materiais granulares usados em fundição – Determinação da distribuição granulométrica e módulo de finura**. Comissão de Estudos de Matérias-primas, ABIFA. Maio, 2003.
- 6 CEMP-182 **Preparação da mistura padrão utilizando bateadeira planetária para o ensaio de resina cura a frio para a fundição**. Comissão de Estudos de Matérias-primas, ABIFA. Março, 2003.
- 7 CEMP-060 **Bentonita para fundição – Determinação da resistência à compressão à verde da mistura padrão**. Comissão de Estudos de Matérias-primas, ABIFA. Novembro, 2003.
- 8 CEMP-162 **Resina cura a frio para fundição – Determinação da resistência à tração da mistura padrão**. Comissão de Estudos de Matérias-primas, ABIFA. Fevereiro, 2003.