

RELATO DE PRÁTICA PEDAGÓGICA: Fundição

Valmir Torres de Oliveira¹

Janaina da Costa Pereira Torres de Oliveira²

Joao Henrique Brandenburger Hoppe³

Dados de Identificação

Disciplina: Práticas Experimentais em Engenharia Mecânica II

Período: 8º

Curso: Engenharia Mecânica

Objetivo(s) da Ação

Elaborar relatório sintético das conclusões conceituais desenvolvidas após a prática de fundição desenvolvida pelos discentes, a prática envolvida neste relato foi o ensaio granulométrico da areia de fundição do processo de moldagem a areia verde.

Compreender todas as etapas do processo de fundição em areia verde desde o projeto até obtenção da peça fundida.

Conteúdos Trabalhados

Mesmo com todo avanço tecnológico em todos os setores industriais inclusive no setor de fundição, como novas ligas, automatização, novas matérias primas introduzidas no processo de fundição, mesmo assim, a moldagem em areia permanece na liderança. Segundo Baldam e Vieira (2014, p. 29), a “moldagem em areia é composto, por uma vasta gama de métodos e entre estes podemos citar

¹ Docente do UGB/FERP. Mestre em Engenharia Metalúrgica (UFF).

² Docente do UGB/FERP. Doutora em Engenharia Metalúrgica e de Materiais (USP).

³ Docente do UGB/FERP. Engenheiro Mecânico, Especialista em Segurança do Trabalho (UniFOA).

moldagem em areia com argila, ligantes químicos, *shell molding* e *cold box*".

Portanto, as novas técnicas industriais e os novos requisitos de qualidade implicam em areias comercialmente padronizadas com especificações bem definidas e isentas de impurezas (RUBIO, *et al*, 2006). As fundições mais atualizadas possuem seus próprios laboratórios de areias e materiais de moldagem. Um dos ensaios aplicados é o Ensaio Granulométrico da Areia de Fundição (ABIFA, 2015a).

A areia de moldagem é um sistema heterogêneo constituído essencialmente de um elemento granular refratário (normalmente areia silicosa – SiO₂) e aglomerante. A areia de moldagem deve apresentar elevada refratariedade, boa resistência mecânica, permeabilidade adequada e plasticidade, ela pode ser natural, semissintética e sintética (BALDAM; VIEIRA, 2014).

As areias-base mais utilizadas são quartzo (SiO₂), zirconita (ZrO₂ SiO₂), cromita (FeO Cr₂O₃) e olivina (2MgO SiO₂) (D'ELBOUX, 2000). A Tabela 1 apresenta algumas das características das principais areias de fundição.

Tabela 1. Características das principais areias de fundição

Características		Sílica	Cromita	Zirconita	Olivina
Composição química	%				
Sílica	SiO ₂	> 99	< 3	30 a 34	40 a 43
Alumina	Al ₂ O ₃		12 a 25		
Óxido de cromo	Cr ₂ O ₃		36 a 50		
Magnésio	MgO		13 a 18		49 a 52
Óxido de zircônio	ZrO ₃			64 a 68	
Óxido férrico	Fe ₂ O ₃		15 a 25	< 1	
Características físicas					
Densidade real g/cm ³		2,20 a 2,65	4,45 a 4,65	4,6 a 4,7	3,25 a 3,4
Densidade aparente g/cm ³		1,7	2,7 a 2,9	3,0 a 3,1	2,1 a 2,3
Dilatação média até 1000°C %		1,5	0,9	0,4	1,1
Temperatura de fusão °C		1650 a 1750	1900 a 2200	2550	1300 a 1800

Fonte: SENAI (1987)

O quartzo (sílica – SiO₂) é mais comumente aplicado devido sua abundância e baixo custo, no entanto, os avanços tecnológicos neste processo passaram a exigir uma areia que permitisse um acabamento melhor às peças fundidas (MASCARENHAS FILHO, 2016). Assim, desenvolveu-se a utilização de areias naturais compostas, como cromita (Cr₂O₃) e zirconita (ZrO₂).

A areia é o principal componente das areias de fundição e é responsável pelas suas principais propriedades. A areia-base em fundição deve apresentar-se isenta de materiais orgânicos ou outras partículas estranhas (BALDAM; VIEIRA, 2014). As condições específicas para aceitação da areia padrão para ensaios em fundição deve estar de acordo com a Quadro 1.

Quadro 1. Condições específicas para a areia-base de fundição

Características	Valores
Teor de Umidade (%)	máx. 0,10
Teor de SiO ₂ (%)	min. 99,00
Teor de Argila Total (%)	máx. 0,10
Superfície específica teórica (cm ² /g)	95 - 107
Tamanho do grão médio (mm)	0,230 - 0,260
Coefficiente de angularidade	1,20 - 1,40
Módulo de finura	55 - 61
Teor de Finos (%)	máx. 0,1
Valor da demanda de ácido (ml NaOH - 0,1 N/50g de areia a pH2)	máx. 3,0
Permeabilidade base (AFS)	110 - 140
Número específico teórico de grãos (10 ⁴ unidades/g)	7,0 - 10,0
Diâmetro representativo (mm)	0,188 - 0,211
Grau de afastamento (%)	10,0 - 13,0
pH	6,0 - 7,0

Fonte: CEMP E-01 – Areia padrão para ensaios em fundição (ABIFA, 2015 b)

A granulometria refere-se ao tamanho do grão de areia, ela afeta a permeabilidade da areia e a penetração metálica. Considerando que a distribuição dos grãos seja relativamente estreita; quanto maior for o diâmetro destes mais permeáveis (isso é bom, pois facilita o escoamento dos gases), e maior será a penetração metálica, implicando num acabamento pobre. As areias-base devem ser controladas quanto à granulometria: areias mais grossas (módulo de finura de 30 a 50 AFS⁴) são mais utilizadas para enchimento dos moldes, enquanto as mais finas (módulo de finura de 70 a 150 AFS) são utilizadas para faceamento (enchimento da parte que fica em contato moldes) (BALDAM; VIEIRA, 2014).

Uma areia é considerada grossa quando o seu módulo de finura é menor que

⁴ AFS – *American Foundry Society*: unidade de medida utilizada para o módulo de finura de uma areia de fundição.

50 AFS e geralmente superior a 30 AFS. A areia de módulo entre 50 AFS a 70 AFS é dita média. Entre os módulos 70 AFS e 100 AFS têm-se areias finas. As muito finas estão entre 100 AFS e 150 AFS e as finíssimas acima de 150 AFS (BALDAM; VIEIRA, 2014).

Para se determinar o tamanho do grão de areia é feita a determinação da distribuição granulométrica por peneiramento, conforme a CEMP – 081 (ABIFA, 2015a). Nesse procedimento são utilizados uma série de peneiras padrão (Figura 1), isto é, um conjunto de peneiras colocadas umas sobre as outras em aparelho de teste (agitador de peneiras). As peneiras têm cerca de 1” de altura e um diâmetro de 8”. Ao conjunto de peneiras são adicionados uma tampa e um fundo para reter os finos que passaram pela peneira de malha 270.

Figura 1. Série de peneiras, agitador, tampa e fundo



Fonte: Os Autores

Procedimentos

Para o desenvolvimento dessa prática foram utilizados os equipamentos relacionados a seguir, disponíveis no Laboratório de Materiais de Construção do Centro Universitário Geraldo di Biase (UGB):

- Balança analítica;

- Estufa de laboratório;
- Espátula;
- Peneira nº s. 4, 6, 12, 20, 30, 40, 50, 70, 100, 140, 200 e 270 da série padrão ABNT (ABNT, 2010), acompanhadas de prato coletor e tampa (1);
- Peneirador mecânico;
- Pincel;
- Folha de papel liso de cor clara.

Os passos para execução dessa prática foram:

- Secar em cápsula de metal ou porcelana 100 g da amostra entre 105 e 130 °C, até massa constante;
- Esfriar em dessecador até temperatura ambiente;
- Pesar entre 20 ou 50 g da amostra, conforme densidade do material, e depositá-la sobre a peneira superior do conjunto de peneiras sobrepostas em ordem decrescente de abertura de malha;
- Justapor a tampa e fixar o conjunto no peneirador;
- Deixar peneirar durante um tempo mínimo 12 minutos programados no peneirador e a intensidade de vibração do peneirador deve ser regulada para no mínimo 80 % de sua escala;
- Remover o conjunto e retirar o material retido de cada peneira com auxílio de um pincel, transferindo a amostra para um papel para posterior pesagem da mesma e registro dos valores em gramas;
- Para ambos os casos descritos anteriormente prosseguir da seguinte maneira: a retenção em porcentagem representa o percentual de cada peneira retida em gramas em relação ao peso total da amostra que foi empregada no ensaio. A seguir, multiplicar cada valor da coluna retenção em porcentagem pelo respectivo fator para encontrar o valor da coluna produto;
- Anotar os pesos obtidos em boletim conforme Tabela 2 para posterior cálculo.

Tabela 2. Planilha para calcular a distribuição granulométrica, módulo de finura e teor de finos, com a série de peneiras ABNT

PENEIRAS ABNT		Peso peneira vazia (g)	Peso peneira + material (g)	Retenção (g)	Retenção (%)	Fatores	Produto
MALHA (mm)	Nº MALHA						
3,350	6					3	
1,700	12					5	
0,850	20					10	
0,600	30					20	
0,425	40					30	
0,300	50					40	
0,212	70					50	
0,150	100					70	
0,106	140					100	
0,075	200					140	
0,053	270					200	
Prato	Prato					300	
			SOMA		Σ RP		Σ P

Fonte: CEMP – 081 (ABIFA, 2015a)

Resultados

Segundo a norma ABNT (2010), deve-se separar uma amostra de 20 a 100 gramas. Em geral nos laboratórios se utilizam para o ensaio uma amostra entre 50 a 60 gramas. Foi separado uma amostra de 56,8 gramas de areia comum (SiO_2), conforme pode ser visto na Figura 2. Após a separação da amostra, o equipamento foi montado com as peneiras em sequência conforme Tabela 2 e a amostra foi depositada sobre a peneira superior e a seguir a tampa foi justaposta e o conjunto de série de peneiras foi fixado ao Peneirador Mecânico, com o auxílio de travas e parafusos, de acordo com as Figura 3 e 4. Feito o travamento do conjunto, o peneirador mecânico foi programado para 80 % da sua intensidade máxima de vibração por um período de doze minutos (Figura 5), terminando o processo de peneiramento iniciou-se a pesagem da quantidade de areia que foi retida em cada peneira, conforme mostrado nas Figura 6 e 7.

Figura 2. Separação da amostra



Fonte: Os Autores

Figura 3. Deposição da amostra



Fonte: Os Autores

Figura 4. Fixação conjunto do



Fonte: Os Autores

Figura 5. Execução do peneiramento



Fonte: Os Autores

Figura 6. Grãos de areia retido na peneira



Fonte: Os Autores

Figura 7. Grãos retidos na peneira 0,85 mm



Fonte: Os Autores

A Tabela 3 sintetiza todos os dados coletados durante a execução do ensaio granulométrico da areia de SiO_2 . O módulo de finura é a divisão do somatório da última coluna (produto) pelo somatório da quarta coluna (percentual retido). Realizando esse cálculo é encontrado o valor do módulo de finura $MF = 17,74$ AFS. Esse módulo representa o tamanho médio virtual dos grãos de areia, dado pelo número de malhas por polegada linear da peneira, cuja abertura de malha corresponderia a esse tamanho. Esse valor mostra que areia ensaiada é muito grossa, pois é menor do que 50 AFS, e só pode ser utilizado como areia de base para enchimento pois ela terá boa permeabilidade, porém alta penetração metálica produzindo um acabamento ruim se

for utilizada como areia de faceamento. O teor de finos é a quantidade de areia que é retida a partir da malha 140, portanto nessa prática foi observado que esse valor tem zero por cento de teor de finos.

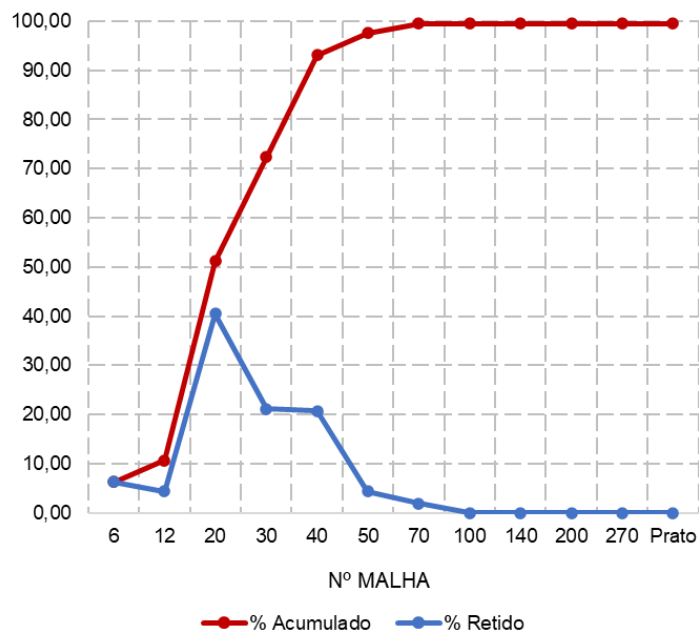
Tabela 3. Dados coletados durante o ensaio de granulometria, amostra inicial 26,8 g, distribuição granulométrica, módulo de finura e teor de finos, AFS

PENEIRAS ABNT		RETENÇÃO (g)	RETENÇÃO (%)	FATORES	PRODUTO (%)
MALHA (mm)	Nº MALHA				
3,350	6	3,6	6,34	3	19,01
1,700	12	2,5	4,40	5	22,01
0,850	20	23	40,49	10	404,93
0,600	30	12	21,13	20	422,54
0,425	40	11,8	20,77	30	623,24
0,300	50	2,5	4,40	40	176,06
0,212	70	1,1	1,94	50	96,83
0,150	100	0	0,00	70	0,00
0,106	140	0	0,00	100	0,00
0,075	200	0	0,00	140	0,00
0,053	270	0	0,00	200	0,00
Prato	Prato	0	0,00	300	0,00
		56,5	99,47		1764,61

Fonte: Os Autores

O gráfico da Figura 8 demonstra a distribuição granulométrica percentual retido em cada peneira e percentual retido acumulado da areia de fundição analisada.

Figura 8. Gráfico da distribuição granulométrica da areia analisada



Fonte: Os Autores

O coeficiente de distribuição (CD) que é a maior soma das porcentagens retidas em três peneiras consecutivas. Portanto, tem-se para as malhas de 20, 30 e 40 o seguinte valor:

$$CD = 40,49 + 21,13 + 20,77 \rightarrow CD = 82,39 \%$$

Portanto, o coeficiente de distribuição ficou acima de 80 % o que é um resultado satisfatório, visto que mostrou uma baixa variação granulométrica. Tem-se também como resultado satisfatório a interação do discente com a prática, sendo que toda a parte experimental foi executada por ele com a supervisão do técnico do laboratório e do professor responsável. O fechamento desta prática foi realizado com apresentação individual do relatório da prática pelo discente nos moldes do Manual de Formatação de Trabalhos Acadêmicos do UGB-FERP.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FUNDIÇÃO. **CEMP 081:** Materiais para fundição – Determinação da distribuição granulométrica, módulo de finura e teor de finos em materiais granulares. São Paulo: ABIFA, 2015a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FUNDIÇÃO. **CEMP E-01**: Areia padrão para ensaios em fundição. São Paulo: ABIFA, 2015b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM ISO 3310-1**: Peneiras de ensaio – Requisitos técnicos e verificação – Parte 1 - Peneiras de ensaio com tela de tecido metálico. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

BALDAM, Roquemar de Lima; VIEIRA, Estéfano Aparecido. **Fundição**: processos e tecnologias correlatas. 2ª ed. rev. São Paulo: Érica, 2014.

D'ELBOUX, Francisco Augusto. **Minimização de descarte de areias de fundição**. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia Mecânica e de Produção, Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara D'Oeste, 2000.

MASCARENHAS FILHO, Paulo José Carvalho. **Fundição em areia a verde**: uma abordagem experimental. 2016. TCC (Bacharel Exatas e Tecnológicas) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2016

RUBIO, Juan C. Campos; PANZERA, Túlio Hallak; NOGUEIRA, Wagner Alves. **Qualidade Superficial de Peças de Alumínio Fundidas em Molde de Areia**. Revista Matéria. Rio de Janeiro, v. 11, n. 2, pp. 125 – 137, 2006.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL. SENAI. **Areias de fundição aglomeradas com argila**. Belo Horizonte: Senai, 1987.