

## **PRODUÇÃO DE MODELOS IMPRESSOS EM 3D PARA FABRICAÇÃO DE MOLDES DE FUNDIÇÃO DO ALUMÍNIO**

Gustavo Antonio Bombana (UNESPAR) [gustavobombana@outlook.com](mailto:gustavobombana@outlook.com)

Nabi Assad Filho (UNESPAR) [nabiassadofilho@hotmail.com](mailto:nabiassadofilho@hotmail.com)

Tânia Maria Coelho (UNESPAR) [coelho\\_tania@yahoo.com](mailto:coelho_tania@yahoo.com)

### **Resumo**

Na metalurgia o processo de fundição compõe um dos mais antigos e importantes processos de fabricação de peças e utensílios, porém com a evolução da tecnologia, os projetos se tornaram cada vez mais complexos, gastando muito tempo para fabricação e com custo elevado. Dessa forma o presente trabalho busca, através do uso de tecnologia de impressão 3D, elaborar modelos a serem utilizados na produção de moldes de areia verde para fundição de alumínio, o modelo será impresso em um copolímero denominado *acrylonitrile butadiene styrene* (ABS), que é um termoplástico com propriedades mecânicas adequadas para esse fim. Almeja-se a produção de modelos com valores mais acessíveis do que os praticados no mercado, pois a produção muitas vezes é feita manualmente ou por meio de equipamentos computadorizados de altíssimo valor, e esperamos gastar um menor tempo para fabricação.

**Palavras-Chaves:** Impressão 3D; Fundição em alumínio; Modelo para moldes

### **1. Introdução**

Segundo Rossitti (1993), o processo de fundição é um dos processos de fabricação mais antigos utilizados pelo homem e tecnicamente o mais importante entre os processos de fabricação. O processo de fundição em areia é o mais utilizado por ser um processo relativamente barato e comum de se praticar, porém não podem existir peças boas sem bons moldes, e para fabricação de bons moldes, são utilizados modelos ou protótipos, que empregam tecnologias com custos bastante elevados nos casos de fabricação por equipamentos CNC (Comando Numérico Computadorizado) e ainda podem exigir grande tempo de fabricação no caso de prototipagem manual.

Novas tecnologias de prototipagem rápida dos modelos estão surgindo, utilizando softwares CAD que fornecem informações para modelagem computadorizada, utilizando impressoras tridimensionais é possível obter modelos em resinas ou ABS.

Segundo uma empresa de fundição interessada no estudo, para uso de tal tecnologia em seu setor de fabricação, os modelos fabricados em impressora 3D satisfazem as exigências de resistência mecânica e dimensionais, podendo servir de modelo para a produção dos moldes, além de serem economicamente viáveis, quando comparados aos equipamentos CNC que a mesma utiliza atualmente para produção dos modelos. Esses equipamentos podem custar a partir de R\$ 200.000,00 reais cada, de acordo com o modelo.

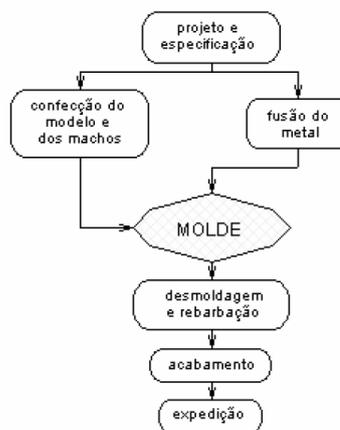
Desta forma esse trabalho tem o objetivo de desenvolver modelos inicialmente em software de modelagem tridimensional, para posteriormente serem convertidos em códigos interpretáveis e executáveis por impressoras 3D. Com o modelo produzido deseja-se verificar a viabilidade de utiliza-lo para fabricar moldes em areia verde, utilizados na produção de peças de uso industrial e geral. Almejam-se custos mais baixos e menor tempo de fabricação comparado aos métodos tradicionais de produção dos modelos.

## 2. Fundamentação Teórica

### 2.1. Processo de Fundição

De acordo com Soares (2000), a fundição dos metais, como o alumínio é feita vazando o metal líquido num molde, cuja cavidade corresponde ao negativo da peça que se deseja obter. Para se construir um molde em areia verde, que é o material comumente utilizado para fabricação dos moldes, é necessário primeiramente se fabricar o modelo (adaptação do desenho da peça) e os machos, caso existam furos ou partes ocas, o fluxograma da figura 1 descreve o processo de fundição.

Figura 1 – Processo de fundição de metais

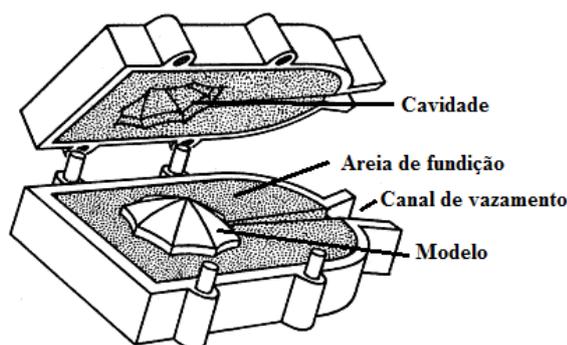


Fonte: Soares, 2000.

Esse tipo de fundição, denominado fundição em areia verde é o mais utilizado para fundição do alumínio, que segundo a Revista Alumínio (2015), teve sua produção durante os últimos 15 anos crescendo em média 3,9 % ao ano, esses dados refletem a necessidade de cada vez mais criar tecnologias que permitam processar todo esse material para transformá-los em peças e matéria-prima para diversas áreas.

A fundição em areia verde, permite um baixo custo e alta versatilidade, é exigido que seja fabricado um modelo idêntico a peça que se deseja, segundo Demarchi (2008), a moldagem em areia verde consiste em compactar uma mistura refratária chamada areia de fundição sobre o modelo colocado ou montado na caixa de moldar, depois de se retirar o modelo, obtém-se um negativo da peça, onde o alumínio é injetado e solidificado adquirindo o formato desejado, após isso a mistura é quebrada, restando a peça em seu interior. O processo pode ser mais bem entendido observando a figura 2.

Figura 2 - Caixa de moldar em areia verde



Fonte: Saad (2013)

Na caixa de moldar, a areia verde forma uma cavidade, que é a imagem negativa do modelo, essa cavidade é preenchida pelo material fundido que é depositado através do canal de vazamento.

## 2.2. Produção dos modelos

Segundo Soares (2000), tradicionalmente são utilizados para confecção dos modelos madeira, resinas epóxi e metais, cada um desses materiais confere ao molde características diferentes de acabamento e tempo de vida. Para Volpato *et al.* (2007), o desenvolvimento de modelos por impressão 3D se compara às impressoras comuns, na qual a tinta é depositada no papel, linha por linha. No sistema de impressão tridimensional o modelo é projetado em um software de desenvolvimento 3D e posteriormente convertido em uma linguagem cuja máquina seja capaz de interpretar, através de sistemas de coordenadas e realizar a impressão do modelo físico.

Existe ainda muita resistência para utilização de novas tecnologias, no entanto o tempo de fabricação e os erros de projeto são amplamente reduzidos, gerando grande economia, compensando assim o investimento inicial.

Além disso, de acordo com a Canalys (2015), empresa internacional de avaliação dos meios de tecnologia, no ano de 2014, o mercado de impressoras 3D cresceu 34% em relação ao ano de 2013. Isso pode significar que com a popularização das impressoras 3D, o preço se torne cada vez mais acessível.

### **3. Metodologia**

A natureza desse trabalho se trata de uma pesquisa aplicada, que segundo Gerhardt; Silveira (2009) objetiva-se em gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos.

Com base em revisão bibliográfica, obtivemos informações sobre a produção de modelos, para auxiliar a parametrização da impressora, elaboração de projetos tridimensionais e propriedades dos materiais que serão empregados no processo.

Através de visitas às empresas do ramo pode-se efetuar a coleta de dados sobre o processo e principalmente sobre as características necessárias aos modelos, para que a partir dessas características pudéssemos antes de produzir os modelos finais, ter todas as informações possíveis sobre o seu padrão para moldagem na areia verde.

A rugosidade alta obtida nos modelos impressos se demonstrou, segundo as empresas visitadas, um empecilho, logo foi necessário pesquisar alternativas para melhorar o acabamento/qualidade dessas peças e aplicar tais técnicas nos modelos testes. Uma dessas alternativas foi trata-las superficialmente com vapor de acetona pura. A acetona interage fisicamente com o ABS (material do qual são feitos os modelos), dissolvendo a superfície da peça e deixando a mesma com um aspecto polido. Foram realizados procedimentos para melhoria do acabamento das peças de ABS semelhantes as que serão impressas posteriormente, para serem empregadas no processo de fundição. Esse procedimento consistiu adicionar 60 ml de Acetona Pura (99,8%) num recipiente de vidro de 500 ml, as paredes internas desse recipiente devem ser encapadas com papel toalha para aumentar a taxa de evaporação da acetona e fazer que o vapor atinja todas as partes. Esse recipiente foi colocado sobre a mesa aquecida da própria impressora ajustada a uma temperatura de 110 °C. A peça presa em um arame foi colocada no recipiente a meia altura, em um tempo de 20 minutos foi retirada já com o acabamento ideal, porém foi necessário esperar cerca de 20 minutos para o manuseio, e 24 horas até que toda a acetona presente na peça evaporasse

e a peça se tornasse rígida novamente. Esses valores podem ser variados de acordo com o tamanho e forma da peça. Na figura 3 pode-se verificar a montagem dessa forma de tratamento.

Figura 3 – Processo de tratamento superficial do ABS



Após o processo de tratamento superficial do exemplo de modelo, foram pesquisados os softwares CAD que permitem realizar os desenhos 3D dos modelos desejados e que também exportem o arquivo no formato compatível. A pesquisa envolveu também os métodos de programação para gerar códigos interpretáveis pela impressora. Com pesquisas em meios virtuais foram encontrados e instalados softwares que, a partir do projeto tridimensional, geram e enviam a impressora os comandos necessários para que os desenhos tridimensionais se materializem na impressora 3D.

Com os métodos anteriores podemos confeccionar os primeiros modelos utilizando a impressora, porém o acabamento e dimensões das peças obtidas nas primeiras impressões foram insatisfatórios. A calibragem da impressora é um passo do projeto em desenvolvimento e envolve ajustes no equipamento, para melhor qualidade de impressão possível.

Com a impressora calibrada serão impressos os modelos, a partir deles serão produzidos os moldes em areia verde e fundidas as peças nos moldes obtidos para comprovar a eficiência do método estudado.

Os projetos e impressões dos modelos são realizados no Laboratório de Química Aplicada (LQA) da Universidade Estadual do Paraná – Campus de Campo Mourão (UNESPAR/FECILCAM).

#### **4. Resultados e discussões**

Até o presente momento, a partir das pesquisas bibliográficas e visitas a empresas do ramo foi concluído que utilizar modelos impressos em Acrilonitrila butadieno estireno (ABS) por

impressora 3d no processo de fundição em areia verde é um processo viável na indústria metalúrgica. O material obtido em testes iniciais se apresentou, preliminarmente, bastante resistente a esforços e impactos, com peso adequado e boa durabilidade, pois o mesmo não sofreu processo de oxidação, o que se torna vantajoso quando comparados aos modelos convencionais de aço. O acabamento foi uma característica que inicialmente não atendeu as exigências do processo de fundição, porém após pesquisas sobre métodos de diminuir a rugosidade do material e alguns testes realizados alcançamos resultados bastante satisfatórios de melhora no acabamento. Essa melhora é transferida diretamente aos moldes de areia verde, diminuindo a adesão de areia ao modelo no momento da desmoldagem. Nas imagens abaixo podemos verificar a diferença de acabamento. A figura 2 representa o exemplo de modelo sem sofrer nenhum tratamento após a impressão, nota-se uma rugosidade oriunda das camadas de impressão.

Figura 4 - Modelo exemplo impresso antes do tratamento por vapor de acetona



Na figura 3 podemos observar a melhora significativa no acabamento superficial da peça, a acetona diluiu as linhas entre as camadas de impressão tornando-as homogêneas e aptas ao processo de moldagem na areia verde, segundo a fundição visitada.

Figura 5 – Modelo exemplo depois do tratamento com vapor de acetona



Além de todas as propriedades físicas já citadas adequadas aos modelos, esse método de prototipagem também apresenta um menor custo de produção quando comparado aos equipamentos CNC, comumente utilizados para esse fim. Em uma das empresas de fundição

visitadas, verificou-se que o custo para produção de um modelo em CNC varia de R\$ 2.500,00 até R\$ 4.500,00 dependendo da forma do objeto. Com esse valor é possível adquirir uma impressora de alta qualidade no mercado nacional, que realiza a produção dos mesmos modelos. Isso significa que com número pequeno de modelos impressos já se verifica o retorno do investimento nesse tipo de tecnologia.

Após a etapa de calibragem da impressora, que vem sendo desenvolvida, será possível realizar a fundição de alumínio utilizando os modelos impressos e averiguar mais precisamente suas vantagens e possíveis desvantagens.

## REFERÊNCIAS

- BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO (BNDES). Resinas ABS. 2000. Disponível em: <[http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes\\_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/setorial/abs2.pdf](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/setorial/abs2.pdf)>. Acesso em: 14/03/2016.
- CANALYS. 3D printing market surpasses US\$3.3 billion worldwide in 2014. 2015. Disponível em: <<http://www.canalys.com/newsroom/3d-printing-market-surpasses-us33-billion-worldwide-2014>>. Acesso em: 07 mar. 2016.
- DEMARCHI. 0655 – Processo de Fabricação Mecânica. 2008. Disponível em: <http://cursos.unisanta.br/mecanica/ciclo6/Fundicao.pdf>. Acesso em: 07/03/2016.
- GERHARDT, Tatiana Engel, SILVEIRA, Denise Tolfo. **Metodos de pesquisa**. Porto Alegre: Ufrgs, 2009. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad005.pdf>>. Acesso em: 14 fev. 2017.
- REVISTA ALUMÍNIO. São Paulo, SP: Cecon, 2015. Disponível em: <<http://www.revistaaluminio.com.br/recicla-inovacao/11/artigo210562-1.asp>>. Acesso em: 07 mar. 2016.
- ROSSITTI, S. M. Processos e variáveis de fundição. Grupo Metal, maio de 1993.
- SAAD, Flavia. Fundição em areia. 2013. Disponível em: <<http://www.manutencaoesuprimentos.com.br/conteudo/5622-fundicao-em-areia/>>. Acesso em: 07/03/2016.
- SOARES, G. A. Fundição: Mercado, Processo e Metalurgia. 2000. Disponível em: [www.metalmat.ufrj.br/wp-content/uploads/2012/05/Fundi%C3%A7%C3%A3o-mercado-processos-e-metalurgia.pdf](http://www.metalmat.ufrj.br/wp-content/uploads/2012/05/Fundi%C3%A7%C3%A3o-mercado-processos-e-metalurgia.pdf) . Acesso em: 07/03/2016.
- VOLPATO, N. et al. Prototipagem rápida - tecnologias e aplicações. São Paulo: Edgar Blücher, 2007.

