

# PROJETO DE FORNO DE FUNDIÇÃO PARA RECICLAGEM DE LATA DE ALUMÍNIO

## FOUNDRY FURNACE PROJECT FOR ALUMINUM RECYCLING

Igor Bernardes de Oliveira<sup>1</sup>, Ariane Martins Caponi Lima<sup>2</sup>, Marinés Chiquinquirá Carvajal Bravo Gomes<sup>2</sup>,  
Erick Rocha Vieira<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Academica de Engenharia Mecânica/FACEG Email: j.levibarros7gmail.com

<sup>2</sup> Professor do Curso de Engenharia Mecânica /FACEG Email: arianeaponilima@gmail.com; marines.gomes@docente.evangelicagoianesia.edu.br

<sup>3</sup> Orientador e Professor do Curso de Engenharia Mecânica /FACEG Email: rochaverick@gmail.com

**Resumo:** Devido ao avanço do consumo dos metais para produção de componentes, é cada vez mais importante a reciclagem e recuperação de matérias-primas como o alumínio, material de alto custo de extração para as empresas. A reciclagem do alumínio ajuda a livrar o meio ambiente de resíduos desnecessários ao mesmo tempo em que utiliza somente 5% da energia dispensada na produção do alumínio primário através da bauxita. Dessa maneira, é um processo de muita relevância tanto no âmbito ambiental como no âmbito econômico e social. Assim, pretende-se projetar e fabricar um forno de fundição de ligas não ferrosas de baixo ponto de fusão, tornando mais acessível o processo de reciclagem em pequena escala. O forno de fundição fabricado apresentou boas condições de trabalho, atingindo temperaturas necessária para a fusão do alumínio de maneira segura por até 90 minutos de uso contínuo, período no qual o isolamento térmico da parte externa pode sobreaquecer. Foi realizado um teste com 200 g de latinhas de alumínio e obteve-se 161,1 g de alumínio reciclado, representando um rendimento de 80,6%

**Palavras-chaves:** Alumínio. Forno de fundição. Reciclagem.

**Abstract:** Due to the advance in the consumption of metals for the production of components, it is increasingly important to recycle and recover raw materials such as aluminum, a high-cost material for companies to extract. Aluminum recycling helps to rid the environment of unnecessary waste while using only 5% of the energy spent in the production of primary aluminum through bauxite. In this way, it is a process of great relevance both in the environmental and in the economic and social spheres. Thus, the intention was to design and manufacture a low melting point non-ferrous alloy smelting furnace, making the small-scale recycling process more accessible. The fabricated smelting furnace had good working conditions, reaching the temperatures necessary for the aluminum to melt safely for up to 90 minutes of continuous use, a period in which the thermal insulation of the external part could overheat. A test was carried out with 200g of aluminum cans and 161.1g of recycled aluminum was obtained, representing a yield of 80.6%. With that, it is concluded that the objective of the work was reached.

**Keywords:** Aluminum. Foundry oven. Recycling.

### INTRODUÇÃO

Devido ao avanço do consumo dos metais para produção de componentes, é cada vez mais importante a reciclagem e recuperação de matérias-primas como o alumínio, material de alto custo para extração para as empresas. O Brasil é o maior reciclador mundial de latas de alumínio, apresentando índice de reciclagem de 98,4%. No mundo, aproximadamente 75% dessas embalagens são recicladas<sup>1</sup>.

Somente na etapa da coleta da latinha, R\$ 1,2 bilhão foram injetados diretamente na economia brasileira em 2017. O montante corresponde a 1,2 milhão de salários-mínimos ou a remuneração de um salário-mínimo por mês para a população de uma cidade com cerca de 100 mil habitantes. Se a coleta de latas fosse a atividade de uma única empresa, essa companhia estaria entre as 500 maiores do Brasil, de acordo com o ranking da publicação “Valor 1000 – Maiores Empresas – Valor Econômico”, de 2017<sup>2</sup>.

As operações de reciclagem de alumínio ajudam a livrar o meio ambiente de resíduos desnecessários, utilizando os produtos de uso final, como recipientes de

bebidas usados, peças de motor, batentes de janelas, etc. O aumento do uso de latas de bebidas de alumínio e a facilidade com que elas podem ser coletadas e recicladas foram provavelmente os maiores fatores no aumento da taxa de reciclagem do alumínio. Outro fator foi o aumento da conscientização sobre os benefícios da reciclagem por parte da população em geral. O alumínio reciclado tem sido capaz de competir economicamente com o metal de alumínio primário. Uma razão para isso é que o metal não se degrada durante o processo de reciclagem, ligas produzidas de metal reciclado e ligas produzidas de metal primário são essencialmente indistinguíveis. Isso é verdade não apenas para o primeiro derretimento, mas também para os derretimentos subsequentes<sup>3</sup>.

Diante da sustentabilidade necessária aos meios de produção, utilizando conhecimentos técnicos relacionados à fundição e conformação mecânica e conhecimentos técnicos relacionados à transferência de calor, o presente trabalho apresenta o projeto e a fabricação de um forno de fundição de ligas não ferrosas de baixo ponto de fusão, com capacidade de fundir até 200 gramas

de ligas de alumínio advindas de sucata, considerando as perdas térmicas do processo, a potência necessária para fundição do alumínio, aspectos de segurança, meio ambiente e o custo de fabricação<sup>4,5</sup>.

#### Relato de Caso:

A fabricação do equipamento foi realizada respeitando-se os materiais e desenhos técnicos definidos. Além da preocupação com a qualidade da execução dos serviços e dos materiais aplicados, durante toda etapa de fabricação foram considerados aspectos de segurança pertinentes como a utilização de EPI's e realização de trabalho à quente (solda, corte e desbaste) por pessoas qualificadas<sup>6</sup>. Alinhado à expectativa do reuso de materiais provenientes das explanações sobre o processo de reciclagem, o trabalho de fabricação foi iniciado com a construção do corpo do equipamento, onde foi utilizado um botijão (de aço) de gás refrigerante para ar-condicionado (vazio) como material principal.

Para acomodar o sistema de aquecimento foi feito um furo na parte inferior do forno e soldado um tubo que já tinha a dimensão interna exata para receber o componente. Após os processos de solda, esmerilhamento e montagem citados, foi realizada a preparação da superfície para pintura através do processo de lixamento, removendo a pintura original do 19 botijão e realizando acabamento superficial do conjunto corpo e tampa. Posteriormente realizou-se nova pintura com tinta para alta temperatura, conforme Figura 1.



**Figura 1:** Pintura do equipamento com tinta para alta temperatura.

Após nova etapa de testes verificou-se a necessidade de inserir isolamento térmico com manta de fibra cerâmica e acabamento com chapa galvanizada com o objetivo de aumentar a segurança da operação do equipamento, conforme Figura 2.



**Figura 2:** Forno do equipamento com isolamento em manta fibra cerâmica.

Após a conclusão da construção do forno de fundição, foram feitos testes para verificação de funcionamento e equidade com o projeto e planejado. No dia 30 de janeiro de 2021 foi realizado o primeiro teste com o forno pronto. O intuito desse teste foi de verificar o desempenho dos componentes e, se confirmado o funcionamento normal dos mesmos, verificar também os efeitos relacionados à transferência de calor. Para analisar esses efeitos foram utilizados um cronômetro e um termômetro digital infravermelho de precisão, de modelo Fluke 574, que tem precisão profissional.

No primeiro teste de funcionamento realizado com o forno de fundição, a análise foi feita com o queimador em sua condição de potência máxima, porém com a válvula de saída do gás em potência média. Utilizando os equipamentos acima mencionados, foram feitas cinco medições de temperaturas durante o teste com o forno vazio, tanto na parte interna quanto na parte externa (na tampa e no corpo do forno), com 2, 4, 6, 8 e 30 minutos de funcionamento, conforme ilustrado na Figura 3.

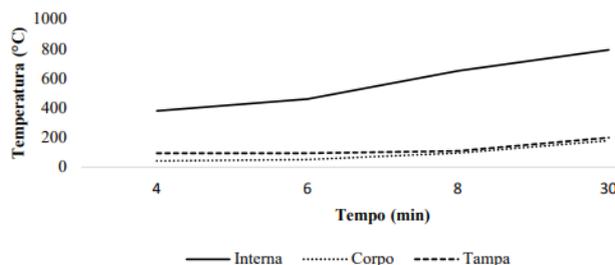


**Figura 3:** Medição de temperatura com 30 minutos de funcionamento.

Após o teste inicial, foi notado que havia alguns problemas em relação a estrutura do forno, visto que o metal presente no furo de saída da tampa estava fazendo com que toda a parte externa do forno ficasse com temperatura acima do planejado, pois a chama estava em contato direto com o metal e pelo fato da condutibilidade térmica do aço ser muito alta (50,2 W/mK), estava fazendo com que o calor se propagasse pelo corpo do forno. Para correção do inconveniente, fez-se necessário a retirada de todo material refratário da tampa e, também, a retirada do metal excedente da parte externa de saída da mesma. O metal na parte interna do furo da tampa foi cortado e utilizado como sustentação para o novo refratário colocado. Para maior certeza de resolução do impasse, foi acrescentado um ressalto de material refratário com diâmetro aproximado ao do furo do forno para impedir que a chama escape pelos vãos entre a tampa e o forno, fazendo com a evasão seja somente pelo furo central da tampa. Os dados do primeiro teste, realizado no dia 30/01/2021 às 20:10h estão na Tabela 1, com o gráfico dos resultados apresentado na Figura 4.

Tempo (min)	Temperatura (°C)		
	Interna	Corpo	Tampa
2	380	28	60
4	380	43	95
6	460	52	95
8	650	97	110
30	793	180	200

**Tabela 1:** Primeiro teste do forno refratário.

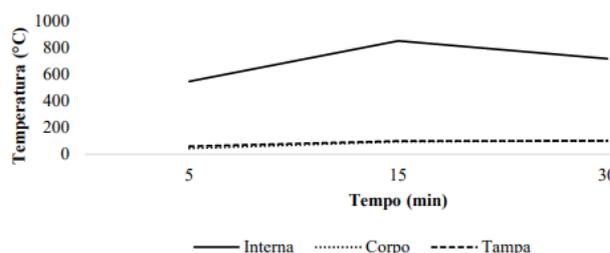


**Figura 4:** Gráfico de dados do primeiro teste.

Após efetuar os ajustes necessários, foram realizados mais três testes. O primeiro com o forno vazio (para averiguar se as mudanças resultaram em efeitos positivos) e outros dois com o cadinho alimentado com aproximadamente 200g de alumínio (latas de refrigerantes cortadas, em pequenos pedaços, para efeito de volume). No primeiro teste, após os ajustes, com forno vazio (sem material fundente), a válvula de saída do gás foi aberta até ¼ de volta e o queimador foi aberto 1/3 do seu total. Medições de temperatura foram feitas a partir de 5 minutos de funcionamento. Com 15 minutos, se fez notória a necessidade de ajuste da válvula de saída do gás, pois a temperatura no interior do forno estava acima do requerido, chegando a aproximadamente 850 °C, o que pode gerar alguns transtornos como, por exemplo, aquecimento acima do desejado na parte externa do forno. Após o ajuste, com 30 minutos foi realizada uma nova medição e o interior do forno estava com aproximadamente 720 °C, temperatura desejada para o processo. Os dados do segundo teste realizado com o forno vazio no dia 02/02/2021 às 13:10h estão na Tabela 2 com o gráfico dos resultados apresentado na Figura 5.

Tempo (min)	Temperatura (°C)		
	Interna	Corpo	Tampa
5	550	44	60
15	855,8	96	100
30	720	102	102

**Tabela 2:** Segundo teste do forno refratário.



**Figura 5:** Gráfico de dados do teste 2.

Após os testes para aferição de questões de funcionamento, foram realizados o terceiro e o quarto teste, com o cadinho contendo aproximadamente 200g de alumínio. No terceiro teste a temperatura no interior do forno no momento em que o queimador foi aceso era de 65 °C. Nesse teste foram feitas quatro medições de temperatura com o intervalo de dez minutos cada. No momento da realização do vazamento, com 40 minutos de funcionamento, o cadinho foi retirado do forno com a utilização de um alicate tenaz e então foi vazado o material fundente em um molde de areia. Após o resfriamento do alumínio, foi realizada uma nova pesagem e verificou-se que se obteve 161,1 g de alumínio e 38,9g de escória, representando um rendimento de 80,6%. Os dados do terceiro teste, realizado no dia 02/02/2021 às 15:01h estão na Tabela 3 com o gráfico dos resultados apresentado na Figura 6.

Tempo (min)	Temperatura (°C)		
	Interna	Corpo	Tampa
10	830	97	125
20	950	148	175
30	800	190	190
40	701,9	215	215

Tabela 3: Terceiro teste do forno refratário.

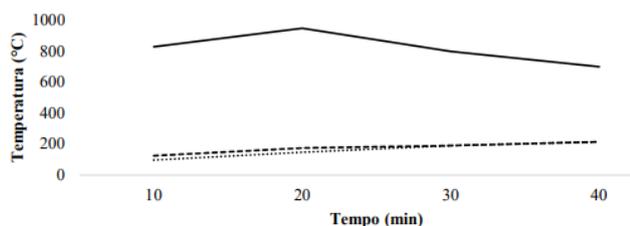


Figura 6: Gráfico de dados do terceiro teste.

Ao final dos testes foi observado que a temperatura na parte externa do forno ainda era muito alta, e que isso poderia se tornar um fator de risco para quem estivesse operando o equipamento. Portanto, foi necessária a adição de um isolante térmico de fibra cerâmica na parte externa do corpo do forno.

Após a adição do isolante térmico de fibra cerâmica, foi realizado mais um teste com o forno para verificação de qualidade do isolante. O resultado foi satisfatório, visto que a temperatura na parte externa do corpo do forno medida com 40 minutos de funcionamento

no teste anterior estava a 215 °C, já neste quarto teste a temperatura atingiu apenas 60 °C com o mesmo tempo de funcionamento. Entretanto, não é aconselhado o uso constante do forno por mais de 90 minutos, visto que o isolante térmico pode superaquecer. Os dados do teste realizado no dia 10/03/2021, às 16:00h, estão na Tabela 4, com o gráfico dos resultados apresentado na Figura 7.

Tempo (min)	Temperatura no corpo (°C)
5	36,3
10	36,3
15	37,4
20	39,9
25	44,1
30	48,4
35	54,2
40	60
45	65,9
50	71,3
55	75
60	80,1

Tabela 4: Quarto teste do forno refratário.

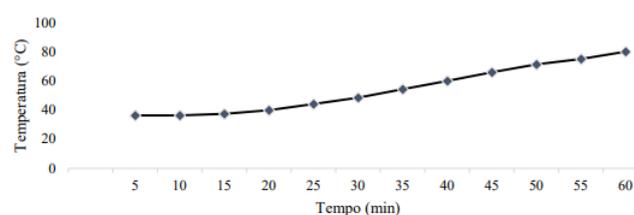


Figura 7: Gráfico de dados do quarto teste.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS:

Durante a fase de projeto e fabricação do forno de fundição foram encontradas dificuldades para que se chegasse em um resultado esperado, porém com a realização de testes e modificações se fez possível que os objetivos fossem alcançados.

O forno fabricado neste trabalho apresentou resultados satisfatórios, sendo projetado, construído e testado. Foram comprovadas sua eficiência para fundição de 200 g latas de alumínio e também, com a adição de isolante térmico na parte externa, sua segurança para operação e manuseio, sendo recomendado o uso contínuo por até 90 minutos. De forma geral, o equipamento construído apresentou um bom rendimento, obtendo 80,6% de eficiência para reciclagem de latas de alumínio advindas de sucata.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

1. **GAMA, Mara.** Brasil é campeão mundial na reciclagem de latas de alumínio. Folha de São Paulo. São Paulo. 23 jun. 2016.
2. **ABRALATAS.** Reciclagem da latinha injetou R\$ 1,2 bilhão na economia. Disponível em: <http://www.abralatas.org.br/reciclagem-da-latinha-injetou-r-12-bilhao-na-economia/>. Acesso em: 16 jan. 2020.
3. **KHOEI, A.R; MASTERS, I; GETHIN, D.T.** Design optimisation of aluminium recycling processes using Taguchi technique. Journal Of Materials Processing Technology, [S.L.], v. 127, n. 1, p. 96-106, set. 2002.
4. **BALDAM, R. L.; VIEIRA, E.A.** Fundação: Processos e tecnologia correlatas. 1. Ed. São Paulo: Érica, p. 56, 2013.
5. **LANDGRAF, F. J. G.; TSCHIPTSCHIN, A. P.; GOLDENSTEIN, H.** NOTAS SOBRE A HISTÓRIA DA METALURGIA NO BRASIL (1500-1850). Disponível em: <http://www.pmt.usp.br/notas/notas.htm>. Acesso em: 20 jan. 2020.
6. **RAMOS, J. P. A.** PROJETO DE UM QUEIMADOR PARA FORNO DE CADINHO UTILIZANDO GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO (GLP). 2017. 62 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2017.