

**ASSOCIAÇÃO EDUCATIVA EVANGÉLICA
FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA – FACEG
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

IGOR BERNARDES DE OLIVEIRA

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

GOIANÉSIA

2021

IGOR BERNARDES DE OLIVEIRA

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

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Departamento de Engenharia Mecânica, da Faculdade Evangélica de Goianésia - FACEG, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Graduação em Engenharia Mecânica.

GOIANÉSIA

2021

FICHA CATALOGRÁFICA

O48p

Oliveira, Igor Bernardes de.

Projeto forno de fundição de ligas não ferrosas de baixo ponto de fusão. /
Igor Bernardes de Oliveira – Goianésia: Faculdade Evangélica de Goianésia,
2021 -- Faceg, 2021.
60f. : il. p&b.

Orientador: Prof. Ms. Erick Rocha Vieira.

Projeto do Trabalho de Conclusão de Curso – Faculdade Evangélica de
Goianésia: FACEG, 2021.

1. Alumínio 2. Forno de fundição 3. Reciclagem

I. Oliveira, Igor Bernardes de. II. Projeto forno de fundição de ligas não
ferrosas de baixo ponto de fusão III. Faculdade Evangélica de Goianésia.
CDU 621

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Oliveira, I. B. **Projeto forno de fundição de ligas não ferrosas de baixo ponto de fusão.** Trabalho de conclusão Curso (Graduação em Engenharia mecânica) – Faculdade Evangélica de Goianésia, Goianésia-GO, 2021.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME: IGOR BERNARDES DE OLIVEIRA

GRAU: BACHAREL

ANO: 2021

É concedida à Faculdade Evangélica de Goianésia permissão para reproduzir cópias desta Monografia de Graduação, única e exclusivamente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva para si os outros direitos autorais de publicação. Nenhuma parte desta Monografia pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada a fonte.

Igor Bernardes de Oliveira

Assinado de forma digital por Igor Bernardes de Oliveira
Dados: 2022.02.02 22:24:47 -03'00'

Nome: Igor Bernardes de Oliveira

CPF: 700.952.331-21

Endereço: Rua 17, Nº 248, Setor Oeste – Goianésia - GO

Email: igor.350z@outlook.com

IGOR BERNARDES DE OLIVEIRA

**PROJETO FORNO DE FUNDIÇÃO DE LIGAS NÃO FERROSAS DE BAIXO
PONTO DE FUSÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Departamento de Engenharia Mecânica, da Faculdade Evangélica de Goianésia - FACEG, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Graduação em Engenharia Mecânica.

Goianésia, 04 de dezembro de 2021.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Erick Rocha Vieira - Orientador
Faculdade Evangélica de Goianésia

Prof. Me. Ariane Martins Caponi Lima - Avaliador
Faculdade Evangélica de Goianésia

Prof. Dra. Marinés Chiquinquirá Carvajal Bravo Gomes - Avaliador
Faculdade Evangélica de Goianésia

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus pela minha vida e pela oportunidade de concluir este curso.

Em segundo lugar aos meus pais, Enéas Bernardes de Oliveira e Marluce Gomes de Oliveira, que compreenderam minha ausência enquanto eu me dedicava a realização deste curso e sempre me apoiaram e me incentivaram a lutar pelos meus objetivos e contribuíram de todas as formas para que eu pudesse estar concluindo este curso. Com eles aprendi a buscar ser melhor a cada dia e não me conformar com a mediocridade.

Ao meu irmão, Vinícius Bernardes de Oliveira e ao meu amigo, Vinicius Milhomem da Silva, que estiveram comigo nos momentos mais difíceis da minha vida e que sempre pude contar com o apoio deles para todas as situações.

Agradeço também aos meus colegas de estudo, Bruno Farias, Carlos dos Santos, Leomar Pereira, Ricardo de Jesus e Rogério Ramiro, pois estivemos juntos durante toda trajetória deste curso e todos eles contribuíram de forma satisfatória para que eu conseguisse concluir este curso da melhor maneira. Juntos conseguimos avançar e ultrapassar os obstáculos. O convívio e troca de experiências com estes colegas me ajudou a crescer tanto de forma profissional como pessoal.

Minha gratidão a todos os professores da instituição de ensino, Faculdade Evangélica de Goianésia, que fizeram de forma competente o seu trabalho e conseguiram me passar confiança para formação acadêmica e também ao meu orientador, Erick Rocha Vieira, que aceitou o desafio de me ajudar na realização e conclusão do Trabalho de Conclusão de Curso.

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, pretendeu-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.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Desenho técnico – Perspectiva e vistas do Forno de Fundição.....	15
Figura 2 – Desenho técnico – Vista explodida do Forno de Fundição.....	16
Figura 3 – Desenho técnico – Perspectiva e vistas do Cadinho.	16
Figura 4 - Botijão de gás refrigerante para ar condicionado (vazio).....	17
Figura 5 - Tampa do equipamento com tubo de exaustão de gases	18
Figura 6 - Pés instalados ao corpo do equipamento	18
Figura 7 - Preparação da superfície do equipamento para pintura	19
Figura 8 - Pintura do equipamento com tinta para alta temperatura	19
Figura 9 - Materiais para dar forma desejada à parede refratária. (1) Tubo PVC de 150 mm. (2) Tudo PVC de 25 mm. (3) Calços de madeira para fixação do conjunto.....	20
Figura 10 - Tubo de PVC posicionado no centro do corpo	20
Figura 11 - Corpo do forno preenchido com concreto refratário	21
Figura 12 - Acabamento da parede de concreto refratário	21
Figura 13 - Forno montado com concreto refratário aplicado.....	22
Figura 14 - Grapas para fixação do concreto refratário na tampa	22
Figura 15 - Tampa após melhoria de duto e ressalto de refratário	23
Figura 16 - Forno do equipamento com isolamento em manta fibra cerâmica	23
Figura 17 - Medição de temperatura com 30 minutos de funcionamento.....	25
Figura 18 - Gráfico de dados do primeiro teste	26
Figura 19 - Gráfico de dados do teste 2.....	27
Figura 20 - Medição de temperatura com 15 minutos de funcionamento.....	27
Figura 21 - Gráfico de dados do terceiro teste	28
Figura 22 - Gráfico de dados do quarto teste	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Propriedades físicas do alumínio, aço e cobre.	14
Tabela 2 - Orçamento para fabricação do forno de fundição	24
Tabela 3 - Primeiro teste do forno refratário	26
Tabela 4 - Segundo teste do forno refratário	27
Tabela 5 - Terceiro teste do forno refratário.....	28
Tabela 6 - Quarto teste do forno refratário	29

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	Objetivos	11
1.2	Objetivos específicos	11
1.3	Justificativa.....	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	11
2.1	Reciclagem da lata de alumínio	11
2.2	Etapas do processo de fundição.....	12
2.3	Principais elementos de um forno de fundição	13
2.4	Materiais refratários para fornos.....	13
2.5	Combustível gás liquefeito de petróleo – GLP	14
2.6	Propriedades do alumínio	14
3	METODOLOGIA	15
3.1	Fabricação do forno de fundição.....	17
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
5	CONCLUSÃO	30
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31
7	APÊNDICE	32
7.1	Apêndice 1 - Manual de instalação, operação e manutenção do forno de fundição.....	32

1 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 (GAMA, 2016).

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 (ABRALATAS, 2020).

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 (KHOEI; MASTERS; GETHIN, 2002).

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.

1.1 Objetivos

Objetivo geral do trabalho é o projeto e fabricação de um forno de fundição com a utilização da carcaça de um botijão de gás refrigerante com dimensões da área quente de 217 mm de altura e diâmetro de 150 mm, capaz de atingir temperaturas superiores a 700 °C de maneira satisfatória.

1.2 Objetivos específicos

- Projetar um forno de fundição para reciclagem de latas de alumínio
- Realizar estudo bibliográfico sobre fornos de fundição;
- Testar a temperatura externa do forno, para garantir a segurança do operador durante sua utilização;

1.3 Justificativa

O elevado índice de reciclagem das latas de alumínio para bebidas revela não só a eficiência do seu processo de reciclagem no país, mas também evidencia os benefícios dessa prática sustentável. Na área social, as vantagens dessa atividade aparecem na geração de empregos e renda para diversas atividades econômicas, como a dos catadores de materiais recicláveis. Neste cenário, faz-se importante a construção de um forno de fundição de ligas não ferrosas de baixo ponto de fusão, tornando mais acessível o processo de reciclagem em pequena escala.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Reciclagem da lata de alumínio

A reciclagem do alumínio tem sido realizada virtualmente desde que o metal começou a ser usado no final do século 19, principalmente devido ao alto valor da sucata devido ao potencial de economia de energia na fabricação de metal a partir de sucata em vez de bauxita (KHOEI; MASTERS; GETHIN, 2002).

A análise do ciclo de vida da lata aponta que a reciclagem reduz em 95% a emissão de gases de efeito estufa, colaborando para a queda dos níveis de poluição ambiental, com reflexos positivos também para a economia. Relatório recente da Organização Mundial de Saúde (OMS), lançado na Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP24),

indica que a exposição à poluição do ar provoca 7 milhões de mortes em todo o mundo por ano e custa cerca de 5,11 trilhões de dólares em perdas de bem-estar no mundo. Estima-se que, nos 15 países que mais emitem gases de efeito estufa, os impactos da poluição do ar na saúde custem mais de 4% de seu Produto Interno Bruto (PIB) (ABRALATAS, 2020).

Estudos do setor de alumínio mostram ainda que a reciclagem da latinha de alumínio consome apenas 5% da energia que seria utilizada na produção da mesma quantidade de alumínio primário. A economia de energia em 2017 foi equivalente a 1% do total consumido em todo o Brasil durante o ano (4.500 GWh), o suficiente, por exemplo, para atender ao consumo residencial anual de todo o Estado de Goiás (ABRALATAS, 2020).

2.2 Etapas do processo de fundição

A seguir são apresentadas as etapas constituintes do processo de fundição, segundo Oliveira (2010):

- **MODELO:** Essa etapa consiste em construir um modelo com o formato aproximado da peça a ser fundida. Esse modelo vai servir para a construção do molde e suas dimensões devem prever a contração do metal quando ele se solidificar bem como um eventual sob metal para posterior usinagem da peça. Ele é feito de madeira, alumínio, aço, resina plástica e até isopor.

- **MOLDE:** O molde é o dispositivo no qual o metal fundido é colocado para que se obtenha a peça desejada. Ele é feito de material refratário composto de areia e aglomerante. Esse material é moldado sobre o modelo que, após retirado, deixa uma cavidade com o formato da peça desejada.

- **MACHOS:** Macho é um dispositivo, feito também de areia, que tem a finalidade de formar os vazios, furos e reentrâncias da peça. Eles são colocados nos moldes antes que eles sejam fechados para receber o metal líquido.

- **FUSÃO:** Etapa em que acontece a fusão do metal.

- **VAZAMENTO:** O vazamento é o enchimento do molde com metal líquido.

- **DESMOLDAGEM:** Após determinado período de tempo em que a peça se solidifica dentro do molde, e que depende do tipo de peça, do tipo de molde e do metal (ou liga metálica), ela é retirada do molde (desmoldagem) manualmente ou por processos mecânicos.

- **REBARBAÇÃO:** A rebarbação é a retirada dos canais de alimentação, massalote e rebarbas que se formam durante a fundição. Ela é realizada quando a peça atinge temperaturas próximas às do ambiente.

- **LIMPEZA:** A limpeza é necessária porque a peça apresenta uma série de incrustações

da areia usada na confecção do molde. Geralmente ela é feita por meio de jatos abrasivos.

2.3 Principais elementos de um forno de fundição

A seguir são apresentados os principais elementos de um forno a gás e suas respectivas funções no equipamento, conforme Ramos (2017):

- Carcaça (corpo): A carcaça tem a função de conferir resistência mecânica ao equipamento.
- Tampa: A tampa tem a função de manter calor no interior do forno evitando troca entre vizinhança e o meio externo e também para obter acesso ao cadinho para manuseio e posterior vazamento através de processo manual.
- Cadinho: é vaso de material resistente ao fogo gerado no forno com a função de acomodar os metais em processo de fundição.
- Sistema de aquecimento: O sistema de aquecimento é responsável pelo fornecimento de calor ao forno.
- Sistema isolamento térmico: Tem a função de evitar a perda de calor para meio externo, e pode-se dizer que toda fusão de ligas metálicas é feita utilizando material refratário. Esse tipo de material suporta as condições de trabalho sem se desgastar ou deformar (BALDAM, 2014).

2.4 Materiais refratários para fornos

Os materiais refratários para fornos são capazes de manter sua resistência a altas temperaturas. O termo refratário é atribuído a um grupo de materiais, em sua maioria cerâmicas capazes de suportar temperaturas elevadas sem perder suas propriedades, entre elas, resistência, baixas condutividades térmica e condutividade elétrica (ADIMIL, 2020).

Esses refratários são encontrados em fornos industriais, laboratórios de pesquisa e ensino, caldeiras, fornos domésticos e churrasqueiras (tijolo refratário), entre outras aplicações. Segue abaixo apresentado um exemplo de refratário para fornos, segundo Adimil (2020):

- Argilas refratárias: Esse grupo de refratários é composto essencialmente por aluminossilicatos hidratados, cuja composição varia de 20 a 45% de alumina (Al_2O_3), 50 a 80% de sílica (SiO_2) e outros minerais em pequenas quantidades. Esse tipo de material refratário possui preço mais acessível e pode ser encontrado facilmente em diversos lugares. As argilas refratárias são os materiais refratários para fornos mais

comuns;

- Materiais refratários para fornos a base de cromita: A cromita é o principal mineral do cromo e devido à sua alta resistência a grandes temperaturas pode ser enquadrada como materiais refratários para fornos. A composição química da cromita é representada por $(MgFe)O.(CrAlFe)_2O_3$, visto que parte do FeO pode ser substituído por MgO e do Cr_2O_3 , por Al_2O_3 ou Fe_2O_3 ;
- Materiais refratários em Zircônia: É um dos materiais refratários para fornos de maior resistência a temperaturas elevadas.

Para que os materiais refratários para fornos de fato cumpram com suas funções é muito importante que a empresa fabricante desses materiais faça um serviço correto e transparente, seguindo as normas e especificações do mercado.

2.5 Combustível gás liquefeito de petróleo – GLP

A importância dos derivados obtidos através do refino do petróleo e pelo processamento do gás natural pode ser evidenciada nas suas aplicações. Como exemplo, pode-se destacar a utilização do GLP (Gás Liquefeito de Petróleo), do gás natural nas residências e a produção dos combustíveis gasolina, diesel e querosene de aviação (ANP, 2020).

2.6 Propriedades do alumínio

O alumínio e suas ligas constituem um dos metais mais versáteis, econômicos e atrativos devido sua vasta série de aplicações. Na maioria das aplicações, duas ou mais destas características entram em jogo, por exemplo: baixo peso combinado com resistência mecânica; alta resistência à corrosão e elevada condutibilidade térmica (ABAL, 2019). A Tabela 2 traz as propriedades físicas do alumínio e, para efeito de comparação, do aço e do cobre.

Tabela 1 - Propriedades físicas do alumínio, aço e cobre.

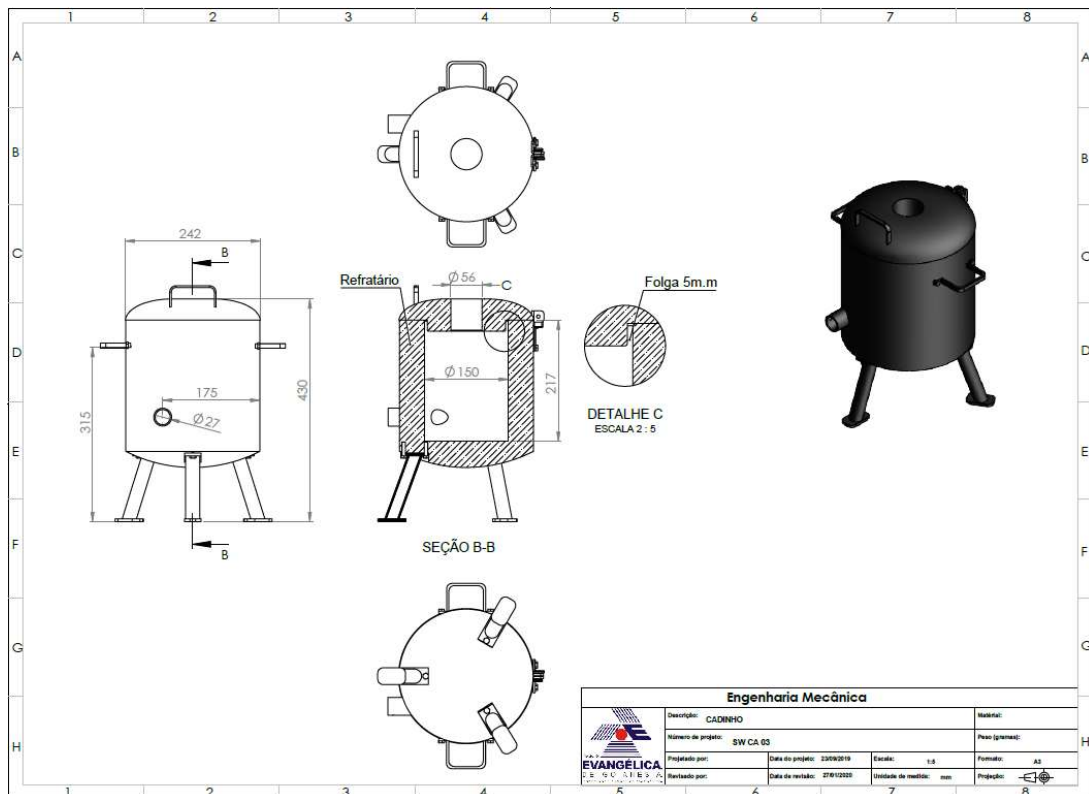
Propriedades físicas típicas	Alumínio	Aço	Cobre
Densidade (g/cm ³)	2,70	7,86	8,96
Temperatura de fusão (°C)	660	1500	1083
Módulo de elasticidade (MPa)	70000	205000	110000
Coefficiente de dilatação térmica (L/°C)	23.10-6	11,7.10-6	16,5.10-6
Condutibilidade térmica a 25°C (Cal/cm/°C)	0,53	0,12	0,94
Condutibilidade elétrica (%IACS)	61	14,5	100

Fonte: ABAL (2019).

3 METODOLOGIA

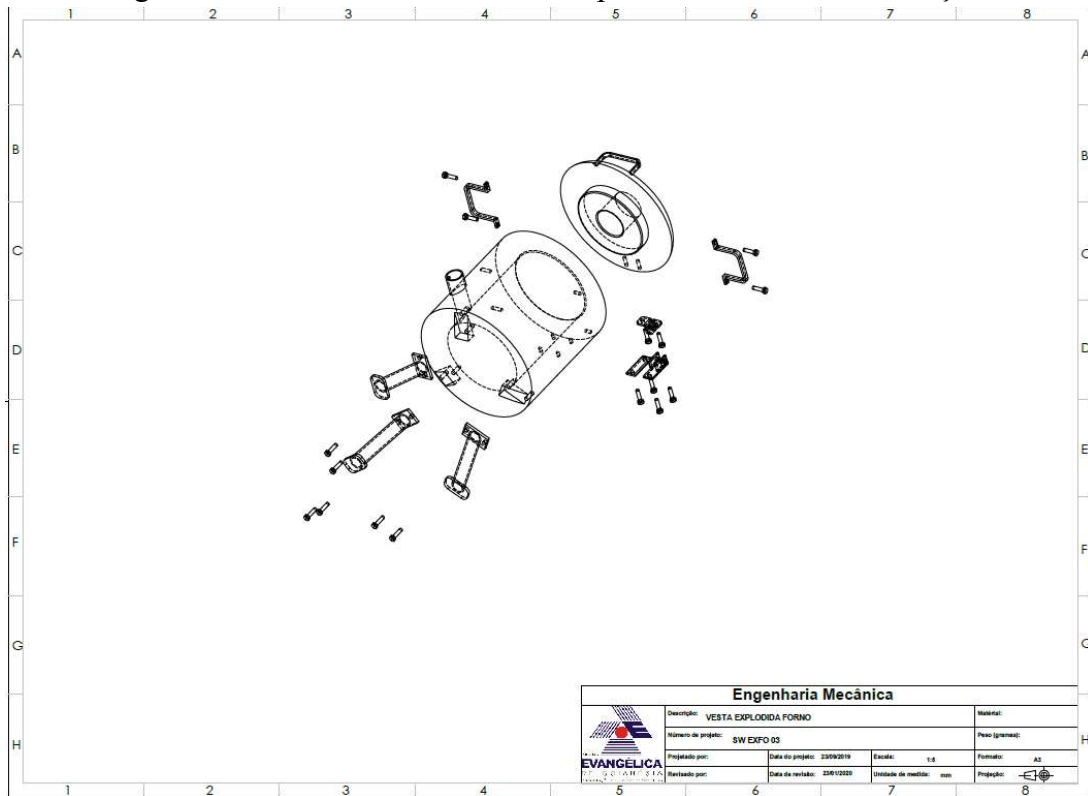
O desenho técnico do equipamento é de fundamental importância na fabricação e também na manutenção do equipamento. Para esse trabalho foram desenvolvidos desenhos técnicos em três vistas e em vista explodida utilizando o software *SolidWorks*, conforme Figuras 1, 2 e 3.

Figura 1 – Desenho técnico – Perspectiva e vistas do Forno de Fundição.



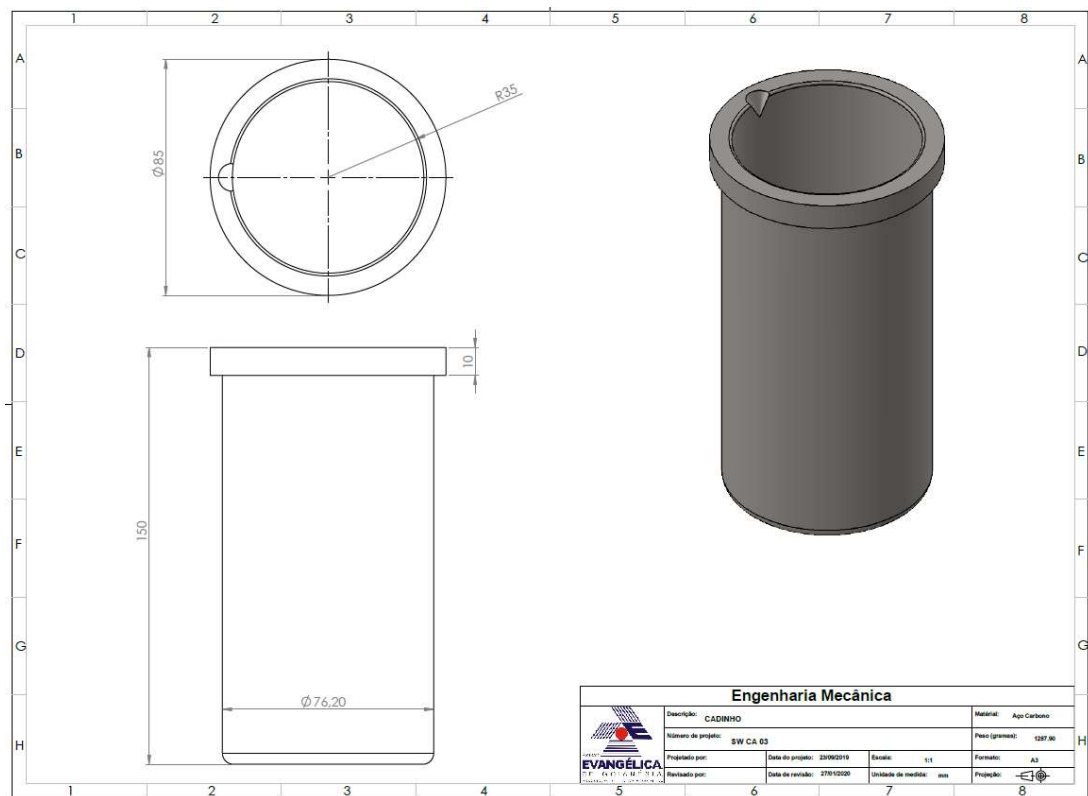
Fonte: autoria própria.

Figura 2 – Desenho técnico – Vista explodida do Forno de Fundição.



Fonte: autoria própria.

Figura 3 – Desenho técnico – Perspectiva e vistas do Cadinho.



Fonte: autoria própria.

3.1 Fabricação do forno de fundição

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.

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, conforme ilustrado na Figura 4.

Figura 4 - Botijão de gás refrigerante para ar condicionado (vazio)



Fonte: autoria própria.

Foi feito um corte no botijão e retirada de suas alças. A parte superior que serviria de tampa, recebeu um tubo soldado que inicialmente teria a função de duto de exaustão de gases, conforme Figura 5. Posteriormente, após processo de teste verificou-se a necessidade de remoção desse tubo.

Figura 5 - Tampa do equipamento com tubo de exaustão de gases



Fonte: autoria própria.

Através de fixação parafusada, corpo e tampa receberam as alças metálicas e dobradiças para o sistema de abertura e fechamento do forno, e, na parte inferior do corpo foram instalados também, com parafusos, os pés para sustentação do equipamento, conforme Figura 6.

Figura 6 - Pés instalados ao corpo do equipamento



Fonte: autoria própria.

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

botijão e realizando acabamento superficial do conjunto corpo e tampa. Posteriormente realizou-se nova pintura com tinta para alta temperatura, conforme Figura 7 e Figura 8.

Figura 7 - Preparação da superfície do equipamento para pintura



Fonte: autoria própria.

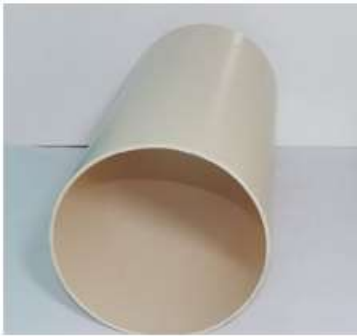
Figura 8 - Pintura do equipamento com tinta para alta temperatura



Fonte: autoria própria.

A etapa seguinte foi a construção da parede de material refratário que tem função fundamental para eficiência do equipamento e segurança de operação. Nessa aplicação, foi utilizado o concreto refratário *Togni 42*, na quantidade aproximada de 20 kg. Além disso, foram também utilizados materiais para dar as formas desejadas à parede refratária, sendo um tubo PVC de 150 mm para formar o diâmetro interno da parede, um tubo PVC de 25 mm para formar o orifício de acesso do queimador no refratário ao interior do forno e alguns calços de madeira para fixação do conjunto, ilustrados na Figura 9.

Figura 9 - Materiais para dar forma desejada à parede refratária. (1) Tubo PVC de 150 mm. (2) Tudo PVC de 25 mm. (3) Calços de madeira para fixação do conjunto.



(1)



(2)



(3)

Fonte: autoria própria.

Foi realizada a preparação do concreto refratário conforme instruções do fabricante e posicionados corpo e tampa do equipamento em superfície plana. Em seguida, foi feito o preenchimento da região do fundo do corpo com o concreto preparado até a altura ligeiramente inferior ao orifício de entrada do queimador. Foi realizado também o preenchimento completo da tampa com o concreto refratário. Após o período de secagem de 48 horas da etapa anterior, foi realizado o posicionamento do tubo de PVC de 150 mm no centro do corpo do forno, realizado o travamento com os calços de madeira, conforme Figura 10.

Figura 10 - Tubo de PVC posicionado no centro do corpo



Fonte: autoria própria.

O tubo de PVC de 25 mm foi então posicionado no orifício de entrada do queimador para formar o canal de passagem no concreto refratário para o queimador. Após posicionamento e fixação das peças de apoio para obter as formas desejadas cuidadosamente foi realizado o preenchimento com o concreto refratário, conforme Figura 11.

Figura 11 - Corpo do forno preenchido com concreto refratário



Fonte: autoria própria.

Após período de secagem de trinta horas foi feita a retirada dos calços e posterior acabamento da parede refratária do corpo com preenchimento adicional de concreto refratário, conforme Figura 12.

Figura 12 - Acabamento da parede de concreto refratário



Fonte: autoria própria.

Após vinte quatro horas de secagem, foi realizada a remoção dos tubos utilizados para formar as paredes, a montagem da tampa no sistema de articulação e retoques de pintura, conforme Figura 13.

Figura 13 - Forno montado com concreto refratário aplicado



Fonte: autoria própria.

Após a realização de testes foi ainda necessário realizar modificação da tampa eliminando o tubo de metal que servia como duto da exaustão de gases devido à sua contribuição acentuada para transferência de calor por condução ao restante do sistema. Para isso, foi feito o corte total da parte externa do tubo de duto e a parte interna foi aproveitada para servir de grapas para melhor fixação do concreto refratário, ilustrado na Figura 14.

Figura 14 - Grapas para fixação do concreto refratário na tampa



Fonte: autoria própria.

Aproveitou-se dessa intervenção para melhoria também na altura do refratário, na tampa e vedação de saída de gases pela lateral através da confecção de um ressalto, conforme Figura 15.

Figura 15 - Tampa após melhoria de duto e ressalto de refratário



Fonte: autoria própria.

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 16.

Figura 16 - Forno do equipamento com isolamento em manta fibra cerâmica



Fonte: autoria própria.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a análise de viabilidade do projeto, foi feita a estimativa de custos envolvidos na fabricação, descritos na Tabela 2.

Tabela 2 - Orçamento para fabricação do forno de fundição

Área de aplicação	Descrição	Valor
Sistema de cadinho	Cadinho de grafite de derretimento de alta pureza, 65 x 110 mm	R\$ 200,00
Sistema de fornecimento de calor	Kit queimador, válvula e mangueira	R\$ 206,16
Sistema de isolamento térmico	25 kg de concreto refratário - TOGNI 42	R\$ 165,00
Sistema de isolamento térmico	Cano PVC 0,25 m diâmetro x 1 m comprimento	R\$ 20,00
Estrutura de corpo e tampa	Dois frascos de tinta para altas temperaturas	R\$ 63,80
Estrutura de corpo e tampa	Botijão vazio para gás refrigerante	R\$ 20,00
Estrutura de corpo e tampa	Serviços corte e solda para corpo e tampa	R\$ 100,00
Estrutura de corpo e tampa	Material metálico	R\$ 32,92
Manuseio	Mão de obra – Caldeiraria	R\$ 100,00
Manuseio	Alicate tenaz para ferraria	R\$ 100,00
EPI para operação	Par de luva de raspa de couro	R\$ 10,00
EPI para operação	Avental de raspa de couro	R\$ 50,00
EPI para operação	Óculos de segurança	R\$ 5,00
Total		R\$ 1072,88

Fonte: autoria própria.

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 17.

Figura 17 - Medição de temperatura com 30 minutos de funcionamento.



Fonte: autoria própria.

Após o teste inicial, foi notado que haviam 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) (YOUNG, 1992), 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.

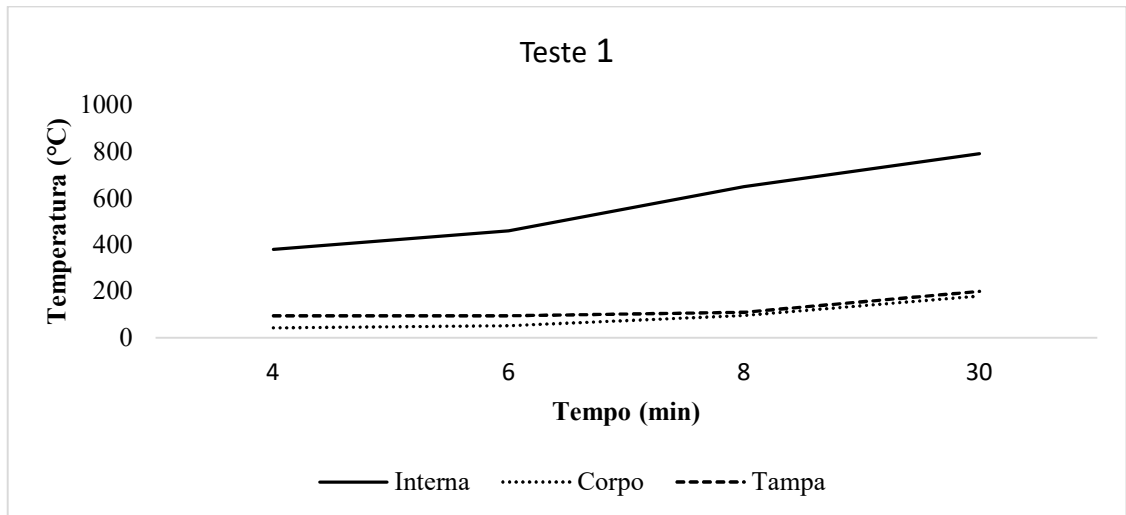
Os dados do primeiro teste, realizado no dia 30/01/2021 às 20:10h estão na Tabela 3, com o gráfico dos resultados apresentado na Figura 18.

Tabela 3 - Primeiro teste do forno refratário

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

Fonte: autoria própria.

Figura 18 - Gráfico de dados do primeiro teste



Fonte: autoria própria.

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 $\frac{1}{4}$ de volta e o queimador foi aberto $\frac{1}{3}$ 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

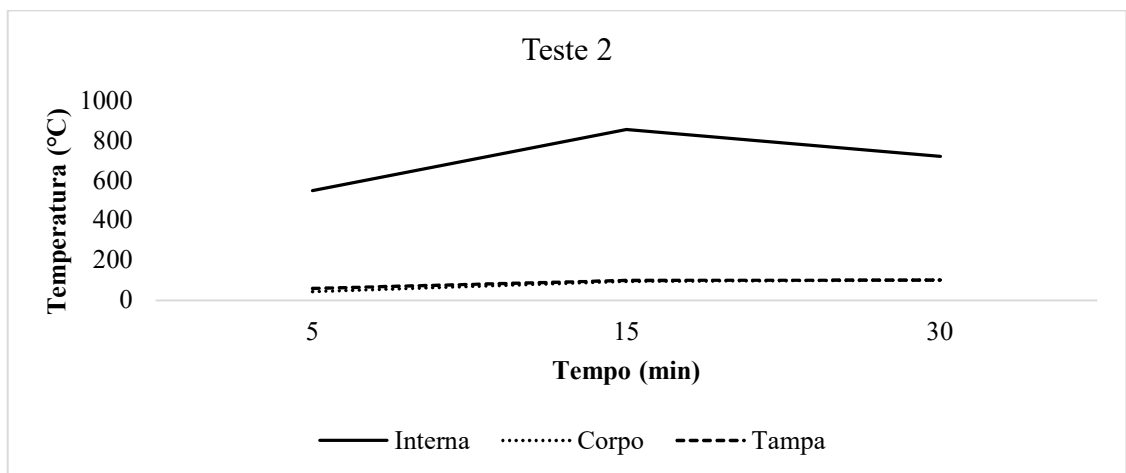
transtornos como, por exemplo, aquecimento acima do desejado na parte externa do forno. Após o ajuste, com 30 minutos foi realizada uma nova medição e o interior do forno estava com aproximadamente 720 °C, temperatura desejada para o processo. Os dados do segundo teste realizado com o forno vazio no dia 02/02/2021 às 13:10h estão na Tabela 4 com o gráfico dos resultados apresentado na Figura 19 e imagem feita durante a medição na Figura 20.

Tabela 4 - Segundo teste do forno refratário

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

Fonte: autoria própria.

Figura 19 - Gráfico de dados do teste 2



Fonte: autoria própria.

Figura 20 - Medição de temperatura com 15 minutos de funcionamento



Fonte: autoria própria.

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.

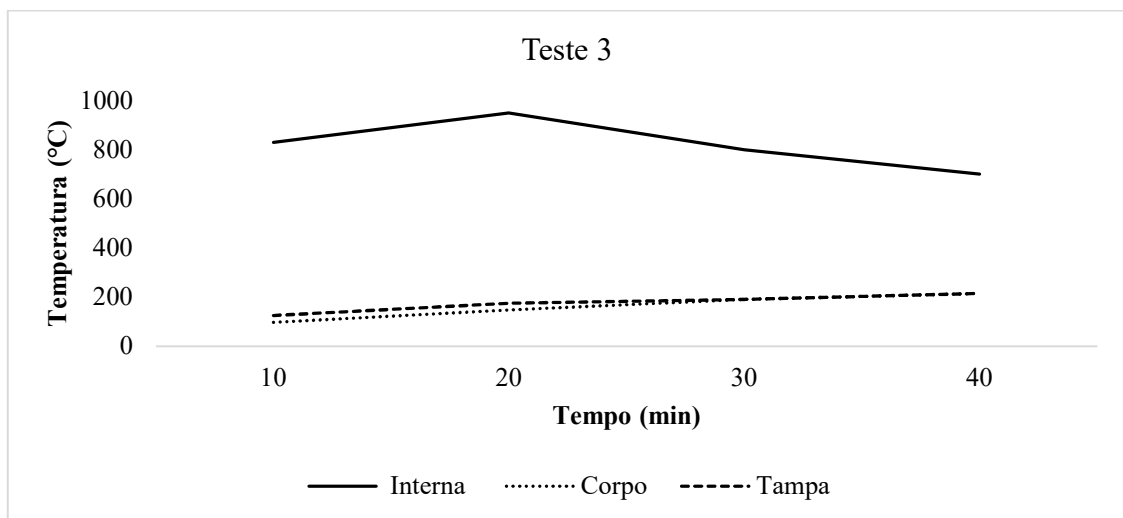
No terceiro teste a temperatura no interior do forno no momento em que o queimador foi aceso era de 65 °C. Nesse teste foram feitas quatro medições de temperatura com o intervalo de dez minutos cada. No momento da realização do vazamento, com 40 minutos de funcionamento, o cadinho foi retirado do forno 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 5 com o gráfico dos resultados apresentado na Figura 21.

Tabela 5 - Terceiro teste do forno refratário

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

Fonte: autoria própria.

Figura 21 - Gráfico de dados do terceiro teste



Fonte: autoria própria.

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.

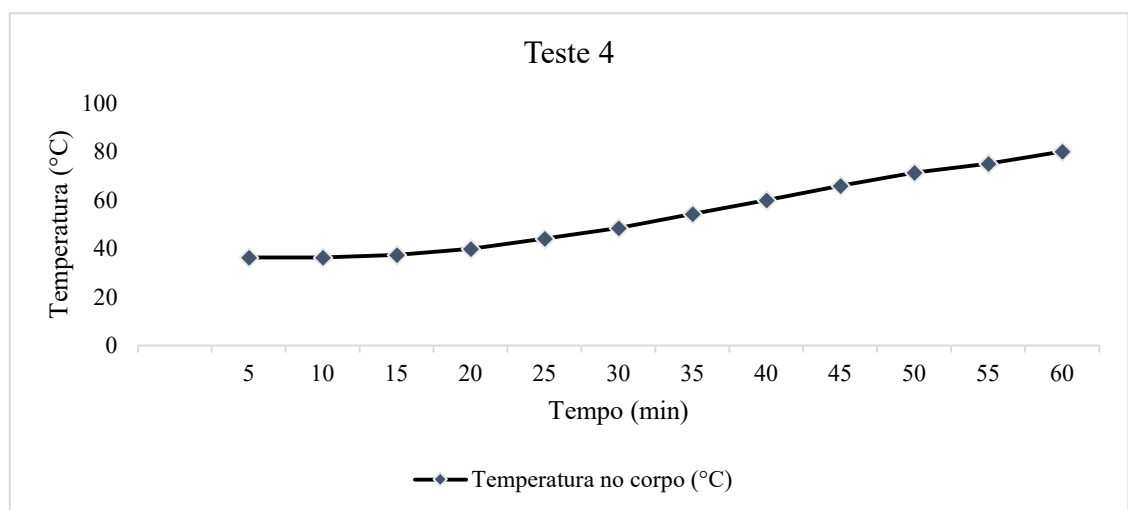
Após a adição do isolante térmico de fibra cerâmica, foi realizado mais um teste com o forno para verificação de qualidade do isolante. O resultado foi satisfatório, visto que a temperatura na parte externa do corpo do forno medida com 40 minutos de funcionamento no teste anterior estava a 215 °C, já 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 6, com o gráfico dos resultados apresentado na Figura 22.

Tabela 6 - Quarto teste do forno refratário

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

Fonte: autoria própria.

Figura 22 - Gráfico de dados do quarto teste



Fonte: autoria própria.

5 CONCLUSÃO

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.

Para estudos futuros, sugere-se realizar testes com a alteração de parâmetros como tempo de fundição e o fluxo de gás utilizados, a fim de se determinar a configuração mais eficiente para o processo de reciclagem de alumínio.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAL. **Alumínio**. Disponível em: <http://abal.org.br/>. Acesso em: 10 fev. 2020.

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.

ADIMIL. **MATERIAIS REFRAATÓRIOS PARA FORNOS**. Disponível em: <http://www.adimilrefratarios.com.br/materiais-refratarios-fornos>. Acesso em: 25 jan. 2020.

ANP. **Produção de derivados de petróleo e processamento de gás natural**. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/producao-de-derivados-de-petroleo-e-processamento-de-gas-natutal>. Acesso em: 11 jan. 2020.

BALDAM, R. L.; VIEIRA, E.A. **Fundição: Processos e tecnologia correlatas**. 1. Ed. São Paulo: Érica, p. 56, 2013.

FOGÁS. **GLP: o que é, qual a composição química e fórmula molecular do gás. O que é, qual a composição química e fórmula molecular do gás**. Disponível em: <https://www.fogas.com.br/residencia/propriedade-glp/>. Acesso em: 20 jan. 2020

GAMA, Mara. **Brasil é campeão mundial na reciclagem de latas de alumínio. Folha de São Paulo**. São Paulo. 23 jun. 2016.

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.

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.

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.

TÂMEGA, Fábio. **Fundição de processos siderúrgicos**. Londrina: Educacional S.A, 2017. 204 p.

ZETEC. **EFICIÊNCIA EM PROCESSOS DE COMBUSTÃO A GÁS**. Disponível em: http://www.gasescombustiveis.com.br/encontroglp/PALESTRAS/WAGNER_BRANCO/EFICIENCIA_PROC_COMBUSTAO_GAS_WAGNER_BRANCO.pdf. Acesso em: 03, janeiro 2020.

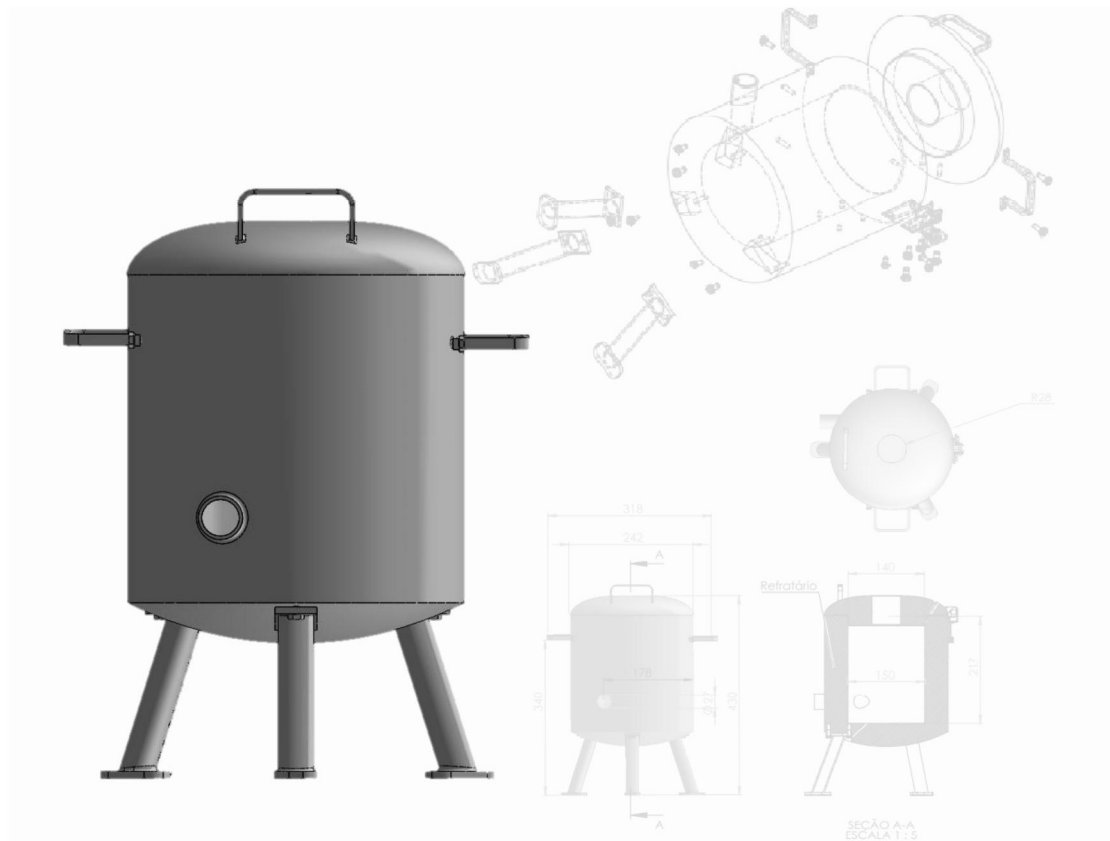
7 APÊNDICE

7.1 Apêndice 1 - Manual de instalação, operação e manutenção do forno de fundição



MANUAL DO PROPRIETÁRIO

FORNO PARA FUNDIÇÃO DE ALUMÍNIO



MANUAL DE INSTALAÇÃO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

INFORMAÇÕES INICIAIS



Este equipamento foi projetado e construído para fins acadêmicos em função da avaliação do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) do curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Evangélica de Goianésia.

O forno tem o objetivo de fundir até 200g de alumínio, utilizando uma potência calorífica igual à 46054 kJ/h.

Para projeto e construção foram levados em consideração as perdas térmicas, potência necessária para fundição do alumínio, aspectos de segurança e meio ambiente e o custo de fabricação.

Acadêmico:
Igor Bernardes de Oliveira

Faculdade Evangélica de Goianésia
Av. Brasil, nº 1000 – Covoá – Goianésia-GO
Curso: Engenharia Mecânica – 10º Período

ÍNDICE



1. Especificações técnicas.....	3
2. Instruções de segurança.....	5
3. Instruções de instalação.....	7
4. Instruções de operação.....	10
5. Instruções de manutenção e limpeza.....	18
6. Desenho técnico do forno e suas dimensões.....	19

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS



MATERIAL DO CORPO E TAMPA:

Corpo e tampa do equipamento constituídos de reaproveitamento de cilindro de aço para gás refrigerante. Alças, pés e sistema de fechamento da tampa instalados no conjunto.

Além do concreto refratário o corpo conta com isolamento em manta Fibra Cerâmica SUPERFELT S-4-2 e acabamento em chapa galvanizada.

CONCRETO REFRAATÁRIO:

Concreto Refratário Regular CASTOGNI-42.

Análise Química	Típico (%)
Al ₂ O ₃	43,1
SiO ₂	47,0
CaO	4,5
Fe ₂ O ₃	1,8
TiO ₂	1,4

Ensaio físico	Típico
Densidade aparente após secagem a 110°C	2,10 g/cm ³
Resistência à compressão após secagem a 110°C	25 Mpa
Resistência à compressão após a queima a 800°C	20 Mpa
Resistência à compressão após a queima a 1450°C	35 Mpa
Varição linear dimensional após a secagem a 110°C	0,00%
Varição linear dimensional após a queima a 800°C	0,10%
Varição linear dimensional após a queima a 1450°C	-0,30%



ESPECIFICAÇÃO DO QUEIMADOR:

Marca: Ember.

Comprimento da Mangueira: 1,5 metros.

Material: Aço carbono galvanizado à fogo.

Temperatura máxima: 1300°C.

Consumo: 1Kg de gás GLP por hora.

ESPECIFICAÇÃO DO COMBUSTÍVEL:

Gás liquefeitos de petróleo GLP.

Compostos	Típico (%)
Butenos	31,76
Propeno	30,47
Butanos	23,33
Propano	14,34
Etano	0,30
Pentanos	0,07

ESPECIFICAÇÃO DO CADINHO:

Cadinho em aço carbono, diâmetro externo de 85 mm e altura de 150 mm, peso: 1,35 kg.

INSTRUÇÕES DE SEGURANÇA



Leia cuidadosamente este manual antes de utilizar o Forno de Fundição para Alumínio.

- Todas as instruções para operação adequada estão presentes nesse manual de instruções. Guarde-o apropriadamente para futuras consultas.
- É altamente recomendada a utilização desse equipamento em ambiente externo. Caso seja utilizado em locais fechados verifique se o local dispõe de janelas, portas de segurança/saída de emergência e que disponha de um volume bruto mínimo de 6m³, exigido pela norma ABNT NBR 13103:2013 - Instalação de aparelhos a gás para uso residencial.
- Este produto não pode ser utilizado por pessoas (incluindo crianças) com capacidades físicas, sensoriais ou mentais reduzidas.
- Não instale o forno em superfícies desniveladas e irregulares, reduzindo riscos de derramamento e tombamento.
- Inspeccione a mangueira de alimentação antes de cada uso e a substitua em caso de avarias.
- Certifique-se que o equipamento esteja completamente frio e o registro de gás completamente fechado antes de realizar atividades de limpeza.
- Não introduza mãos ou outras partes do corpo no interior do forno durante o seu funcionamento.

- Sempre utilize todos os EPI's (Equipamentos de proteção individual) prescritos neste manual.
- Não obstrua a saída de gases do forno, isso resultará no mal funcionamento do produto e risco de explosão.
- Feche imediatamente o registro de gás em caso de qualquer anormalidade.
- Não utilize o forno para fins não previstos neste manual.
- Mantenha um extintor de incêndio Classe B - Gás carbônico (CO₂) próximo ao local de trabalho.



- Equipamentos de proteção individual necessários para operação:

Descrição
Luva de raspa de couro
Óculos de segurança
Protetor facial
Calçado segurança
Avental de raspa de couro

INSTRUÇÕES DE INSTALAÇÃO



- Certifique-se em atender normas ou códigos aplicáveis à instalação e/ou utilização do equipamento no local selecionado para instalação, assegurando que o sistema esteja em conformidade com os requisitos.
- O forno deve ser posicionado em superfície nivelada e livre de irregularidades reduzindo riscos de tombamento e derramamento.
- Manuseie o forno somente pelas alças.
- Posicione o equipamento levando em consideração necessidade de área livre para movimentação manual do processo evitando qualquer tipo de obstrução. Recomenda-se uma área com raio mínimo de 1 (um) metro no entorno do equipamento.

MATERIAIS PARA INSTALAÇÃO:

Descrição	Item
Forno de fundição	1
Queimador	2

- Em uma superfície plana e nivelada e livre de irregularidades, posicione o forno (item 01), garantindo a estabilidade.



Imagem 1 - Forno de fundição posicionado para instalação.

- O queimador demonstrado a seguir na imagem 2, deve ser acoplado ao botijão de gás. Ao término, verifique a existência de vazamentos.



Imagem 2 - Queimador contido no kit instalação.

- Encaixe o tubo do queimador no mínimo 2cm no acoplamento do forno e realize a fixação com o parafuso, conforme demonstrado na imagem 3.



Imagem 3 - Queimador conectado ao forno.

INSTRUÇÕES DE OPERAÇÃO



Após a instalação descrita anteriormente, o forno de fundição para alumínio estará pronto para operação.

EPI (EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL):

● Para operação do forno são necessários os seguintes equipamentos de proteção individual:

Descrição
Luva de raspa de couro
Óculos de segurança
Protetor facial
Calçado segurança
Avental de raspa de couro

Sempre utilize todos os EPI's prescritos neste manual.

INSTRUÇÕES PRÉ-OPERAÇÃO

- Verifique se o forno está com os apoios firmes antes de iniciar o processo.
- Inspeccione a mangueira do queimador quanto à ressecamento e vazamentos. Substitua se necessário.
- Utilize acendedor para maçarico (centelhador). Não utilize isqueiro ou fósforo.
- Durante toda operação tenha cuidado com superfícies quentes e fluxo de saída de gases na tampa.



- Utilize sempre a luva e o avental de raspa de couro em qualquer contato com o equipamento.

- Recomenda-se não operar o equipamento com uma única pessoa.

PROCEDIMENTOS DE PARTIDA DO FORNO:

- Abra o registro do botijão de gás até $\frac{1}{4}$ de volta, imagem 4, e acenda o forno com a ajuda do acendedor de maçarico (centelhador).



Imagem 4 – $\frac{1}{4}$ de volta, registro botijão de gás.

- Regule a entrada de ar do queimador até a marcação indicada, imagem 5.



Imagem 5 – Marcação do controle de entrada de oxigênio.

- Com a alimentação estabilizada feche a tampa do forno.
- Abra o registro do gás até a marcação 1, imagem 6.



Imagem 6 – Marcação 1, registro botijão de gás.



- As marcações no registro de gás e na entrada de ar do queimador foram feitas para que o equipamento trabalhe com a temperatura interna de 800º C.

PREPARAÇÃO DA MATÉRIA PRIMA:

- É pré-requisito para operação do sistema utilizar matéria prima isenta de umidade.
- Quando do uso de material de reciclagem, recomenda-se a cortar as latas em pedaços quadrados com lados de tamanho até 1,5 cm para melhor aproveitamento do volume do cadinho.

PROCESSO DE FUNDIÇÃO DO ALUMÍNIO:

- Para o processo de fundição manual recomenda-se o uso dos seguintes acessórios:

Descrição	Item
Pegador para retirar escoria	01
Alicate tenaz	02
Lingoteira / molde ***	03

***Itens não fornecidos com esse equipamento.

- Abra a tampa e com o alicate tenaz na posição vertical coloque o cadinho com o alumínio a ser fundido no interior do forno. Em seguida, feche a tampa. Vide Imagem 7.



Imagem 7 – Cadinho posicionado dentro do forno.

- Monitore até que o metal esteja fundido.
- Retire o cadinho do forno com o alicate tenaz na posição vertical e retire a escória do material fundido com auxílio do pegador de escória. Vide imagem 8.



Imagem 8 - Retirada da escoria.

- Em seguida, retorne o cadinho ao forno e feche a tampa novamente para elevar a temperatura do alumínio acima do ponto de fusão, facilitando a operação de vazamento.
- Retire o cadinho utilizando o alicate tenaz na posição vertical.
- Em seguida, utilize o alicate tenaz na posição horizontal realizando o agarramento do cadinho no corpo cilíndrico e realize o vazamento. Vide imagem 9 e 10.



Imagem 9 - Manuseio do alicate verticalmente.



Imagem 10 - Manuseio do alicate horizontalmente.

- Aguarde a solidificação e resfriamento para manusear o material fundido. Vide exemplo de material fundido na imagem 11.

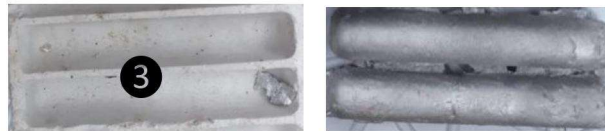


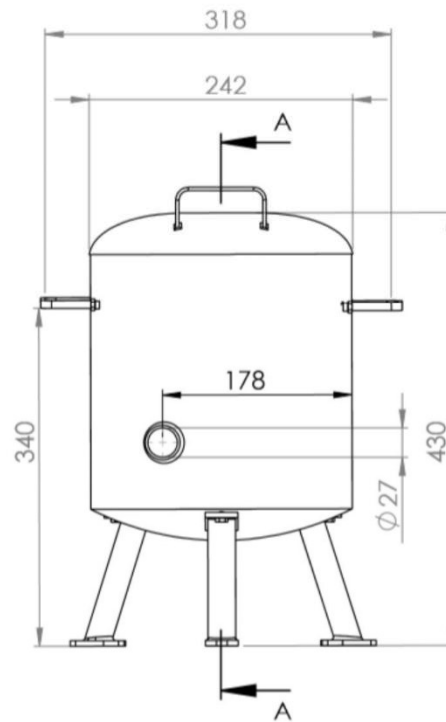
Imagem 11 – Produto final, alumínio na lingoteira

- Ao término da operação, desligue o forno fechando completamente o registro de gás GLP.
- Aguarde o resfriamento total para realizar procedimentos de desmontagem, limpeza e transporte do equipamento.
- Após resfriamento total, desinstale o queimador soltando o parafuso de fixação do acoplamento.
- Guarde o queimador sem dobrar a mangueira, evitando danos e necessidade de troca prematura.

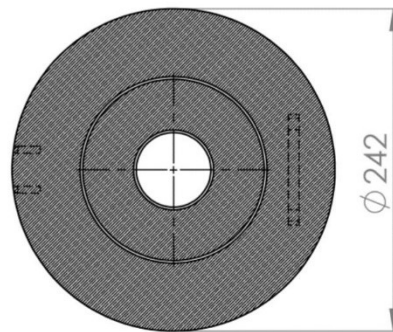
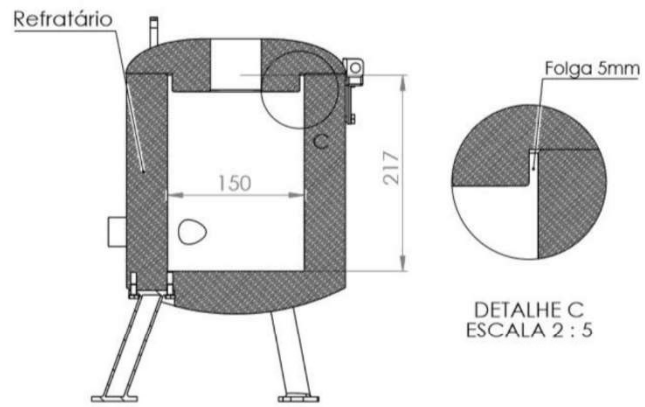
INSTRUÇÕES DE MANUTENÇÃO E LIMPEZA



- Ao término da operação inspecionar o refratário quanto à resíduos de materiais fundidos e trincas.
- Utilize uma espátula para retirar eventuais fragmentos de alumínio que tenha se solidificado no interior do forno.
- Troque a mangueira do queimador a cada 5 anos, conforme recomendação do Inmetro (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia) ou conforme necessidade identificada em inspeção pré-operação.
- Guarde o equipamento em local limpo e seco.

DESENHO TÉCNICO CORPO E TAMPA

Nota: Os desenhos não contemplam o isolamento térmico em manta de fibra cerâmica.



Nota: OS desenhos não contemplam o isolamento térmico em manta de fibra cerâmica.



Nota: Os desenhos não contemplam o isolamento térmico em manta de fibra cerâmica.