

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE ENGENHARIA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

ELVIRA MATOS QUEIROZ

**ANÁLISE DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE UM LABORATÓRIO DE
FUNDIÇÃO PARA O CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA DA UFGD**

DOURADOS

2021

ELVIRA MATOS QUEIROZ

**ANÁLISE DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE UM LABORATÓRIO DE
FUNDIÇÃO PARA O CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA DA UFGD**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal da Grande Dourados, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel de Engenharia Mecânica.

Orientador: Dr. Rafael Ferreira Gregolin

DOURADOS

2021



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

ANEXO D - AVALIAÇÃO FINAL DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aluna: Elvira Matos Queiroz

Título do trabalho e subtítulo (se houver): Análise de viabilidade de implantação de um laboratório de fundição para o curso de Engenharia Mecânica da UFGD

BANCA EXAMINADORA

1. **Presidente (orientador):** Prof. Dr. Rafael Ferreira Gregolin, UFGD
2. **Membro:** Prof. Dr. Rodrigo Borges Santos, UFGD
3. **Membro:** Prof. Dr. Edilson Nunes Pollnow, UFGD

De acordo com o grau final obtido pelo aluno, nós da banca examinadora, declaramos Aprovada (Aprovado/Reprovado) o aluno acima identificado, na componente curricular Trabalho de Conclusão de Curso (TCC-II) de Graduação no Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal da Grande Dourados.

Dourados, 28 de maio de 2021

Presidente

Prof. Dr. Rafael Ferreira Gregolin

Membro

Prof. Dr. Rodrigo Borges Santos

Membro

Prof. Dr. Edilson Nunes Pollnow

RESUMO

O curso de engenharia mecânica da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) iniciou-se no ano de 2014, desde então busca-se recursos para a melhoria de sua infraestrutura. O Brasil, por conta de seus recursos naturais, tem a possibilidade de se tornar um dos maiores produtores de fundidos do mundo, ressaltando assim a importância do engenheiro mecânico formado pela UFGD aprender de forma satisfatória, tanto na teoria quanto na prática, os variados métodos da fundição. Este trabalho apresenta uma análise de viabilidade de implantação de um laboratório de fundição na Faculdade de Engenharia (FAEN) da UFGD. Através de consultas bibliográficas e pesquisas sobre laboratórios de referência, foi definido os equipamentos e materiais básicos para o laboratório, bem como o investimento inicial e o gasto mensal do mesmo. Através dos dados levantados chegou-se a um investimento mínimo de R\$ 60.464,00 e um gasto mensal de R\$ 4.099,54.

Palavras-Chaves: Processos de fundição, orçamentos para laboratório, equipamentos de fundição, estrutura de laboratórios de ensino

ABSTRACT

The mechanical engineering course at the Federal University of Grande Dourados (UFGD) began in 2014, since then, resources have been sought to improve its infrastructure. Brazil, due to its natural resources, has the possibility of becoming one of the largest castings producers in the world, thus emphasizing the importance of the mechanical engineer trained by UFGD to learn in a satisfactory way, both in theory and in practice, the various methods of the foundry. This work presents an analysis of the feasibility of implementing a foundry laboratory at the Faculty of Engineering (FAEN). Through bibliographic consultations and research on reference laboratories, the basic equipment and materials for the laboratory were defined, as well as its monthly cost and expense. Through the data collected, a minimum investment of R\$ 60.464,00 and a monthly expense of R\$ 4.099,54 was reached.

Keywords: Foundry processes, laboratory budgets, foundry equipment, teaching laboratory structure.

1. INTRODUÇÃO

No ano de 2014 a Universidade Federal da Grande Dourados passou a ofertar o curso de Engenharia Mecânica, sendo a primeira instituição pública a disponibilizar esta opção de carreira no Estado do Mato Grosso do Sul.

O Engenheiro Mecânico formado pela UFGD pode atuar em indústrias de base, em indústrias de produtos ao consumidor, na produção de veículos, no setor de instalações, em indústrias que produzem máquinas e equipamentos, em empresas prestadoras de serviços, em empresas e laboratórios de pesquisa científica e tecnológica. Também pode atuar de forma autônoma, em empresa própria ou prestando consultoria (FAEN, 2018, p.60).

Uma das áreas de grande importância na engenharia mecânica é a fundição, que é a criação de peças metálicas ou de ligas metálicas a partir de uma matriz. Existem vários métodos para a fundição de peças, sendo possível a criação de diferentes formatos, tamanhos e precisão, tornando esta área extremamente importante economicamente, porque atende diferentes setores e cientificamente porque é possível diferentes estudos e descobertas para aprimorar métodos e técnicas desta área.

Para a formação de um engenheiro é fundamental a oferta de aulas práticas na graduação, pois são a partir delas que o acadêmico desenvolve seus conhecimentos adquiridos em sala de aula. As aulas práticas geralmente acontecem em laboratórios específicos de cada matéria. Segundo Lima et al. (2015) os alunos julgam que aulas práticas de laboratório são tão importantes quanto as aulas teóricas.

Por ser um curso novo na UFGD, a inserção da Engenharia Mecânica se deu com o apoio de laboratórios e disciplinas já existentes em outros cursos da Faculdade de Engenharia - FAEN, complementado por infraestrutura e recursos humanos próprios necessários para as atividades de ensino e pesquisa na modalidade.

De acordo com o Art. 2º do primeiro capítulo do regulamento geral dos laboratórios da FAEN (Resolução N.º313 – 2016) Art. 2º “Os laboratórios têm

como finalidade o desenvolvimento de atividades de ensino, pesquisa e extensão, prioritariamente para os membros desta Faculdade e outras faculdades da UFGD e entidades externas à instituição”.

As atividades de ensino específicas dos laboratórios são prioritárias mediante outras atividades de ensino e, estas, prioritárias frente às atividades de pesquisa e extensão (FAEN, 2016, p.1).

Uma vez que está prevista a instalação de um laboratório de fundição na instituição, e na ausência de um modelo deste, este trabalho pretende através de questionamentos sobre a viabilidade de investimento, a criação de um modelo de laboratório de fundição para o curso de Engenharia Mecânica.

Com base nesta análise foi possível determinar os investimentos necessários para tal ação, assim como os custos mensais.

2. METODOLOGIA

Este trabalho foi dividido em duas etapas: Um levantamento dos aspectos técnicos de um laboratório de fundição, através de consultas bibliográficas e a análise da infraestrutura de outras universidades e o setor de projetos de obras da própria universidade. Após essa etapa foi elaborada a proposta de projeto do laboratório, com a análise da viabilidade de implantação do mesmo.

2.1 Levantamento de Informações

2.1.1 Revisão Bibliográfica

Para levantar informações sobre como deve ser um laboratório de fundição e seus processos foi feito uma busca na literatura existente, para determinar quais as necessidades dos processos e os equipamentos para os mesmos.

2.1.2 Laboratórios de referência

Para definir um parâmetro de comparação, foi estabelecido contato com outras instituições, como universidades, centros de pesquisa, empresas e escola

técnicas, para possível visita à algum laboratório de fundição em pleno funcionamento.

Através dos dados recolhidos foi possível entender a importância, o funcionamento e também os possíveis problemas de um laboratório dessa categoria.

2.2 Elaboração do projeto

2.2.1 Local de implantação

Foi elaborado um modelo básico com as dimensões que o local de implantação possui, bem como os requisitos básicos que deve ter. Levou-se em consideração as precauções necessárias para o laboratório como segurança e capacidade máxima permitida de pessoas.

2.2.2 Criação de um layout

A partir de todas as informações coletadas, como dos laboratórios de referência e os pré-requisitos de espaço de segurança, foi possível a criação de um Layout para o laboratório, com o auxílio do software AutoCAD.

2.2.3 Análise de custos de equipamentos e materiais de consumo.

Elaborou-se uma planilha com os respectivos equipamentos, utensílios e acessórios necessários para o laboratório de fundição. Através dessa planilha foi feito uma análise de custos para compras.

Também foi elaborada uma tabela com os gastos mensais, como o consumo de energia, água e se necessário um técnico para o laboratório.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Levantamento de informações

3.1.1 Revisão bibliográfica

Fundição nada mais é que o depósito de um metal líquido ou liga metálica no interior de uma cavidade chamada molde que possui o formato, em negativo, da peça desejada. Após a solidificação do metal ou liga metálica obtêm-se a peça fundida (BALDAM,2014).

A fundição possui uma importância mundial pois tem a capacidade de produzir inúmeras formas, ligas e tamanhos sendo possível fabricar peças gigantescas, como blocos para motores e geradores para hidroelétricas, ou peças minúsculas como implantes odontológicos. Os variados métodos de fundição permitem grande precisão, podendo assim fabricar peças para a indústria aeroespacial.

O Brasil possui um grande potencial para se tornar um dos maiores produtores mundiais de fundidos, devido a suas condições naturais. A tabela 1 mostra que o país tem apresentado avanço no setor da fundição, encontra-se na 7ª posição no ranking de produtores de fundidos mundiais, produzindo 3 milhões de toneladas anuais e aproximadamente 60 mil empregos diretos. (ABIFA, 2016).

Tabela 1: Produção mundial de fundidos em 2012. Fonte: Modern Casting (2015).

| Posição | País | Mil Ton |
|---------|----------|----------|
| 1° | China | 46.200,0 |
| 2° | EUA | 11.997,4 |
| 3° | Índia | 10.021,0 |
| 4° | Japão | 5.538,0 |
| 5° | Alemanha | 5.246,6 |
| 6° | Rússia | 4.200,0 |
| 7° | Brasil | 2.737,2 |
| 8° | Coreia | 2.630,9 |
| 9° | Itália | 2.024,9 |
| 10° | Turquia | 1.750,0 |

No Gráfico 1 é possível visualizar a produção de fundidos no Brasil entre 2005 e 2015. Nota-se um crescimento do setor nos primeiros 10 anos e uma baixa em 2009 e 2012, resultado da crise internacional, recuperando – se em 2013 com 3 milhões de toneladas (ABIFA, 2016).

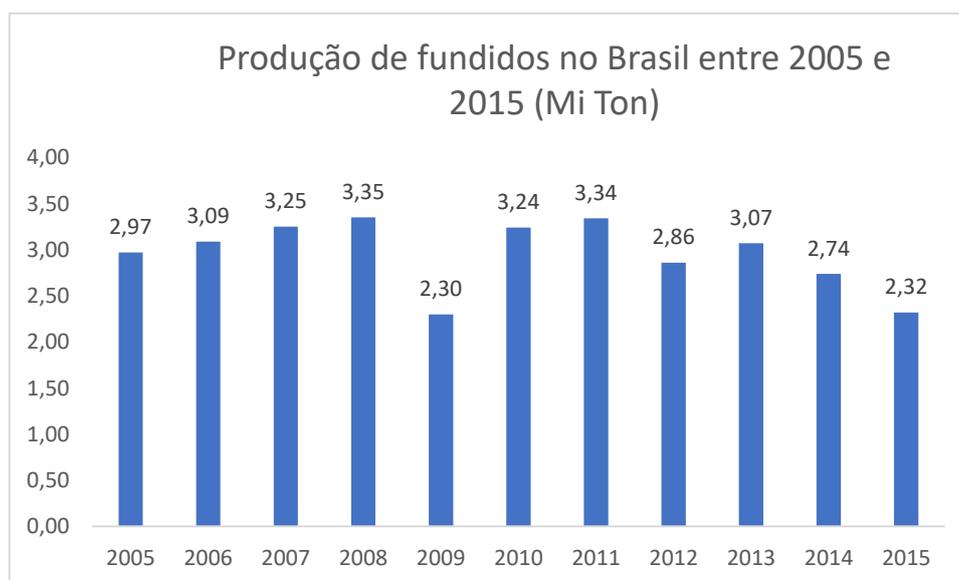


Gráfico 1: Produção de fundidos no Brasil entre 2005 e 2015 (Mi Ton). Fonte: ABIFA (2016).

Em 2015 a indústria de fundição faturou 5,5 bilhões de dólares, com cerca de 1.200 empresas. Os principais atributos dessas indústrias são o uso de mão de obra, matérias primas nacionais e capital nacional. De forma a gerar empregos e movimentar a economia do país. No Gráfico 2 observa-se a distribuição da produção de fundidos no Brasil.

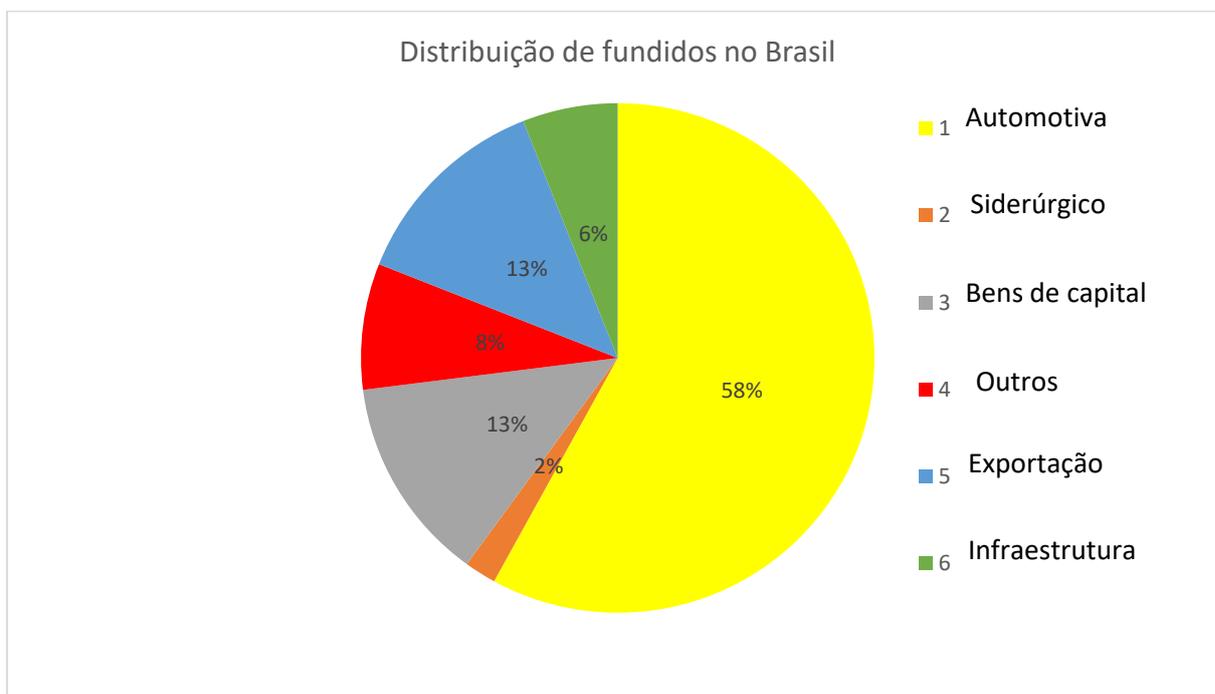


Gráfico 2: Distribuição de fundidos no Brasil. Adaptado de ABIFA (2018).

Para ilustrar o crescimento da indústria de fundidos no Brasil, em maio de 2018 a Associação Brasileira de Fundição – ABIFA realizou uma Reunião Plenária para publicar os números do setor referentes aos meses de janeiro a abril do mesmo ano. Os resultados divulgados no primeiro quadrimestre do ano, podem ser analisados na Tabela 2, alcançando um total de 745.587 Ton de fundidos; volume 6% superior ao mesmo período de 2017 e 12% melhor do que em 2016 (ABIFA, 2018).

Tabela 2: Produção nacional de fundidos no primeiro quadrimestre de 2018. Fonte: ABIFA (2018).

| Metal | Jan-Abr/18 (Ton) | Jan-Abr/17 (Ton) | 2018/2017 (%) |
|--------------|-------------------------|-------------------------|----------------------|
| Ferro | 612.134 | 564.216 | 8,5 |
| Aço | 69.055 | 62.035 | 11,3 |
| Não ferrosos | 64.398 | 77.141 | -16,5 |
| Cobre | 6.943 | 6.815 | 1,9 |
| Zinco | 374 | 412 | -9,3 |
| Alumínio | 55.401 | 68.074 | -18,6 |
| Magnésio | 1.680 | 1.839 | -8,6 |
| Total | 745.587 | 703.392 | 6,0 |

Existem vários processos de fundição, inicialmente, este laboratório terá foco em dois processos, sendo eles: Fundição em areia verde ou moldagem em areia e em fundição de precisão, conhecido como cera perdida. Tem-se a seguir a descrição desses dois métodos.

- **Fundição em Areia Verde**

De acordo com Baldam (2014), a moldagem em areia é o método mais tradicional utilizado em fundição. Possui este nome porque a mistura não é seca, ou seja, mantém sua umidade original. A areia pode ser composta por sílica, cromita ou zirconita, mais argila e água.

As etapas deste processo são simples e de baixo custo. É necessário uma caixa de moldar, a caixa-fundo, que é colocada sobre uma placa de madeira, o modelo a ser confeccionada deve ser coberto por talco ou grafite e posicionado no fundo da caixa, a mesma deve ser preenchida por areia e compactada.

A caixa-fundo é virada de modo que o modelo fique na superfície superior da caixa. Outra caixa, chamada caixa-tampa é colocada em cima da caixa-fundo e são posicionados os massalotes e o canal de descida. Em seguida, deve-se completar com areia e compactá-la (MORO; AURAS,2007).

Retira-se os massalote e o canal de descida e separasse as caixas, o canal de distribuição e o de entrada são abertos e retira-se o modelo da caixa-fundo. Se houver machos, os mesmos devem ser colocados nesta etapa. A caixa-tampa é novamente encaixada na caixa-fundo e são presas com o auxílio de presilhas ou grampos. O molde é preenchido com metal e após estar solido e frio a peça é desmoldada e em seguida usinada (MORO; AURAS, 2007). Este método é ilustrado na Figura 1.

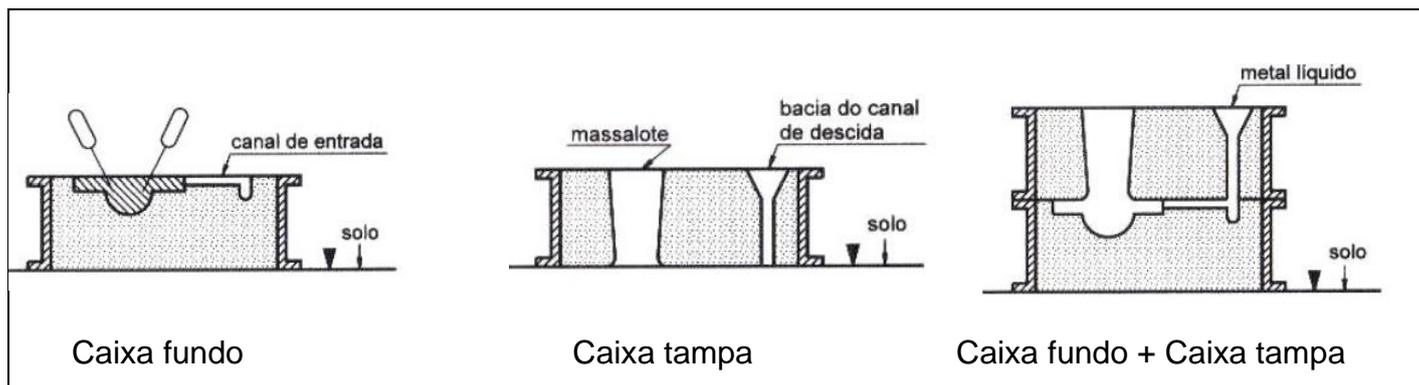


Figura 1: Passo a passo do processo de fundição por Areia verde. Fonte: Moro; Auras (2007).

- **Fundição por Cera Perdida**

Segundo Soares (2000), o processo de cera perdida possui como vantagem a liberdade de formas, bom acabamento e pequena tolerância dimensional, além de grandes quantidades em pouco tempo.

Os modelos são produzidos a partir de uma matriz, que pode ser feita de resinas ou polímeros, a cera líquida é vazada nesta matriz formando o molde. O modelo de cera é mergulhado em uma pasta ou lama refratária, de sílica ou zircônia, misturada com um aglomerante de água, silicato de sódio e/ou silicato de etila. Após a solidificação da lama, o molde é aquecido até o derretimento da cera, permanecendo apenas uma casca que recebe o metal líquido. Após a solidificação do metal e esfriamento o molde é quebrado para a retirada da peça (MORO; AURAS, 2007).

A Figura 2 apresenta todas as etapas descritas anteriormente.

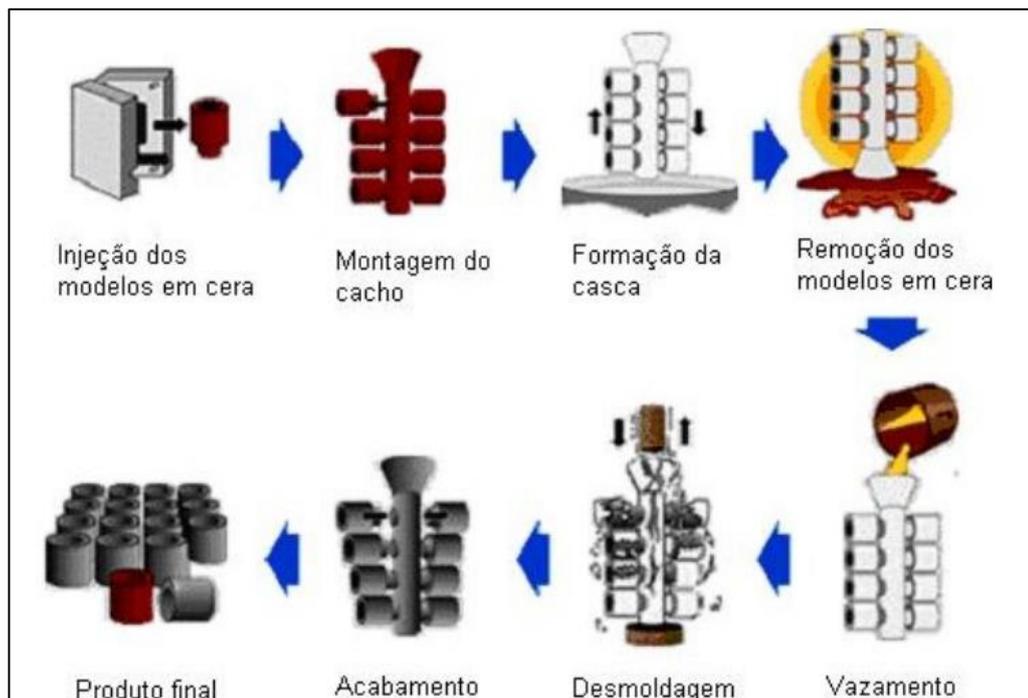


Figura 2: Etapas do processo de fundição por cera perdida. Fonte: Moro; Auras (2007).

3.1.2 Laboratórios de referência

Para definir os laboratórios de referência foi elaborado um questionário com perguntas sobre a infraestrutura, equipamentos, métodos e capacidade de pessoas permitidas no local. Este questionário foi enviado para várias universidades, a única universidade que respondeu foi a Universidade Federal de Pelotas que possui um laboratório de fundição com 15m² com capacidade máxima de 5 pessoas, atende normas de segurança do trabalho e possui acessibilidade. Neste laboratório são realizados processos de fundição. Os equipamentos disponíveis são um forno tipo mufla, cadinho de 1kg, tenaz para cadinho e duas caixas para moldagem.

Outro laboratório usado como referência é o LAFUN, este possui um site onde foi possível o levantamento dos dados necessários. O LAFUN é laboratório de fundição da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) que desenvolve pesquisas nas áreas de processos de fundição, modelagem numérica, solidificação, desenvolvimento e caracterização de ligas ferrosas e não ferrosas e transformação de fase.

Os processos que mais se destacam nesta instituição são os de fundição em areia, cera perdida, fundição sob pressão, fundição no estado semissólido e lingotamento contínuo.

Em relação a sua infraestrutura, o laboratório é organizado por diferentes áreas e possui equipamentos do tipo fornos de fusão e tratamento, de análise química e caracterização mecânica, equipamentos para análise metalográfica e da área de microfusão, bem como da área de moldagem e ensaios em areias de fundição.

3.2 Elaboração do projeto

3.2.1 Local de implantação

De acordo com o projeto pedagógico do curso de Engenharia Mecânica (FAEN, 2018), será construído um prédio para abrigar os laboratórios do curso. O mesmo, terá área total de 1250 m² e será organizado conforme a Figura 3.

O Laboratório de fundição está localizado no piso térreo do prédio e está definido como a sala 9 da Figura 3. Possuirá área total de 106,2 m², pé direito de 4 m, piso de 25 cm, além de portão externo e ar condicionado. Como condições especiais deverá possuir exaustão de gases e exaustores eólicos, pois o mesmo compartilhará espaço com o laboratório de tratamento térmico.



Figura 3: Planta piso térreo. Fonte: Relatório da comissão (2014)

3.2.2 Criação de um layout

Para a criação do layout do laboratório utilizou-se as medidas descritas na Figura 3. Como o laboratório compartilhará espaço com o laboratório de tratamento térmico, o mesmo possui uma ampla área. Os equipamentos cotados para o laboratório de fundição foram então alocados como mostra a Figura 4.

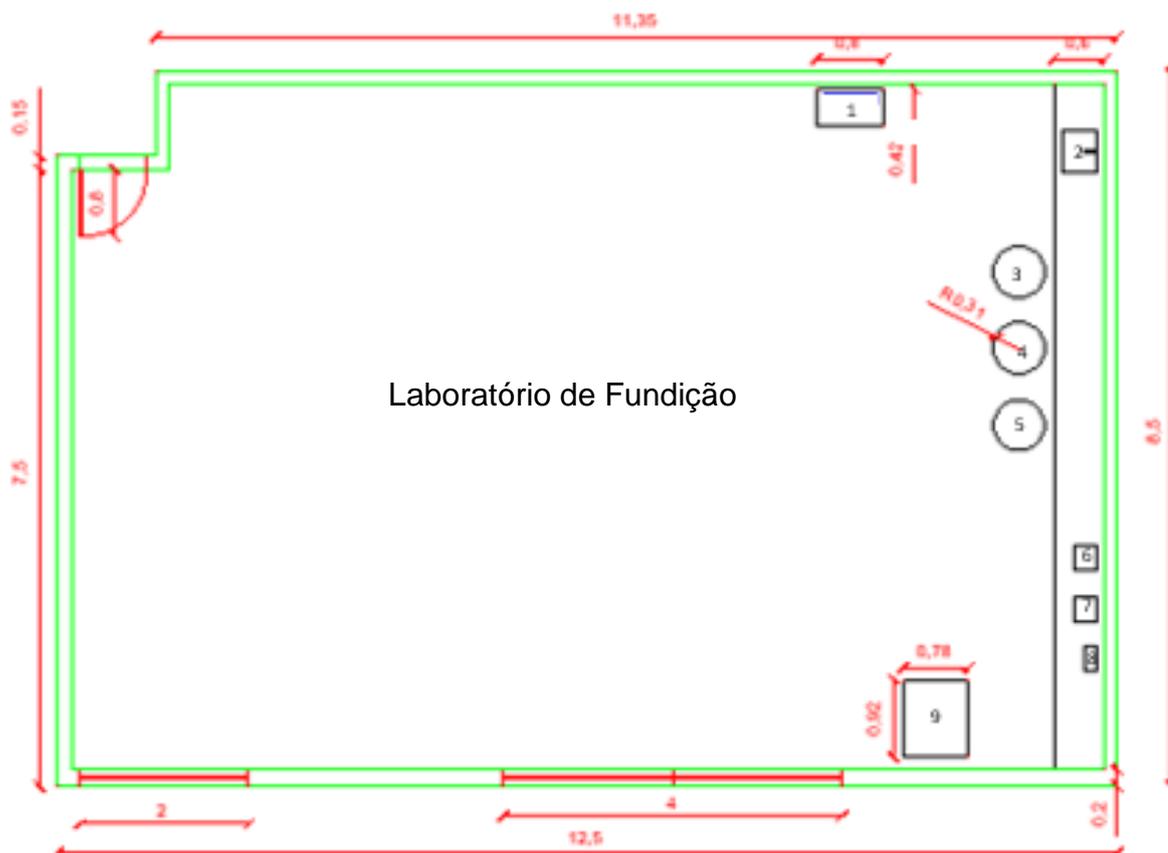


Figura 4: Layout do Laboratório de fundição. Fonte: Acervo do autor (2021).

Na Tabela 3 tem-se a descrição dos itens enumerados na Figura 4. O forno mufla, o banho maria e a chapa aquecedora estão posicionados próximos para evitar a longa movimentação de utensílios quentes.

Tabela 3: Descrição da Figura 04. Fonte: Acervo do autor (2021).

| Item | Descrição |
|------|-------------------------|
| 1 | Armário para utensílios |
| 2 | Pia |
| 3 | Banqueta |
| 4 | Banqueta |
| 5 | Banqueta |
| 6 | Banho Maria |
| 7 | Chapa Quente |
| 8 | Balança de Precisão |
| 9 | Forno mufla |

3.2.3 Equipamentos e materiais de consumo necessários

Para atender os dois processos de fundição que serão executados no laboratório serão necessários os materiais e equipamentos descritos a seguir. As informações serão divididas em dois tópicos, sendo eles, equipamentos e utensílios e o outro tópico definido como materiais de insumo.

3.2.3.1 Equipamentos e utensílios

Segue os equipamentos e utensílios necessários para a realização dos métodos de areia verde e cera perdida.

Caixa de moldagem: Necessária para abrigar a areia e o modelo ao qual deseja-se reproduzir.



Figura 5: Caixa de moldagem. Fonte: JFmachine.

Peneira granulométricas: As peneiras são utilizadas para peneirar a areia. Esse procedimento determina a composição granulométrica da areia utilizada e denomina-se ensaio peneiramento



Figura 6: Peneira Granulométrica. Fonte: SP Labor.

Martelo: Utilizado para acomodar as peças na areia e compactar a mesma.



Figura 7: Martelo de borracha. Fonte: Vonder.

Banho-Maria: Necessário para a fusão da Cera.



Figura 8: Banho Maria. Fonte: SolidSteel (2019).

Chapa aquecedora: Atua na preparação de moldes em cera perdida.



Figura 9: Chapa aquecedora. Fonte: SolidSteel (2019).

Tenazes: Necessária para manipular o cadinho.



Figura 10: Tenaz. Fonte: CheeseLab

Balança de precisão: A balança de precisão será utilizada, principalmente, na pesagem de metais para fundição.



Figura 11: Balança de precisão. Fonte: Micheletti Balanças (2015)

Forno mufla: Utilizado para fazer a fundição dos metais.



Figura 12: Forno mufla. Fonte: QUIMIS (2014).

Bandeja para mistura: É necessária para auxiliar na peneiração da areia, preparação da areia verde e produção da lama refratária.



Figura 13: Bandeja plástica. Fonte: PLEION (2021).

Balde: Será utilizado para mergulhar a matriz em cera na lama refratária.



Figura 14: Balde de 10 litros. Fonte: Facilimp.

Cadinho de 1kg: O cadinho será utilizado para a fundição dos metais e preenchimento do molde.



Figura 15: Cadinho. Fonte: TAPCAMP (2021).

Copos Becker 1000ml: Serão utilizados para auxiliar no preparo da areia verde e lama refratária.



Figura 16: Copo Becker. Fonte: J ProLab.

Estiletes: Para auxiliar na criação de moldes.



Figura 17: Estilete. Fonte: Norma (2021).

Luvas: EPI obrigatório para manipulação de objetos em alta temperatura.



Figura 18: Luvas. Fonte: Net Suprimentos (2021).

Banquetas: Serão necessárias para o conforto e ergonomia dos frequentadores do laboratório.



Figura 19: Banqueta. Fonte: LAFALINE (2014).

3.2.3.2 Materiais de insumo

Segue os materiais necessários para a realização dos métodos da cera perdida e areia verde.

Plastilina: Massa de modelar para fabricação de moldes.



Figura 20: Plastilina. Fonte: Altezza.

Lama refratária: Para a fabricação da lama refratária são necessários alguns ingredientes como a Sílica coloidal, Zirconita malha 325, Chamote fino e médio.



Figura 21: Lama refratária. Fonte: Compilação do autor.

Wax Clean: Removedor de ceras e parafina.



Figura 22: Removedor. Fonte: Audaxco.

Borracha de Silicone: Para criação de moldes.



Figura 23: Borracha de silicone. Fonte: Redecenter.

Cera desmoldante: Facilita a retirada do molde na borracha de silicone



Figura 24:Cera desmoldante. Fonte: Redecenter.

Grafite em pó: Age como desmoldante no processo de moldagem e macharia.



Figura 25: Grafite em pó. Fonte: Vonder

Blocos de alumínio: A princípio será utilizado alumínio para a fabricação das peças.



Figura 26: Alumínio. Fonte: DSX Metais.

Areia de moldagem: A areia de moldagem é o principal item para a execução do método, é utilizado areia sintética por ser mais uniformes e refratárias. Não é recomendado o uso de areia natural pois a mesma contém muitas impurezas que podem acarretar em imperfeições na peça desejada.



Figura 27: Areia NR 30. Fonte: SoloTest (2021)

Parafina: É a cera utilizada no método da cera perdida.



Figura 28: Parafina. Fonte: Loja Solven.

3.2.4 Análise de custos de equipamentos e materiais de consumo.

Elaborou-se a Tabela 4 que apresenta as quantidades e preço dos materiais e utensílios necessários para o laboratório de fundição. Para chegar a esses valores, foi solicitado três orçamentos de cada item e escolheu-se o item de menor valor.

Tabela 4: Equipamentos e utensílios. Fonte: Acervo do autor (2021).

| Material | Quantidade | Preço por Unidade (R\$) | Preço total (R\$) |
|-----------------------------------|------------|-------------------------|---------------------|
| Caixa de Moldagem 12"x12"x3"x3" | 03 | 2.100,00 | 6.300,00 |
| Peneira 1/2",1/4",3/8" | 03 | 306,00 | 918,00 |
| Martelo 50mm | 03 | 69,00 | 207,00 |
| Bandeja para mistura 34x36x16 cm | 06 | 34,92 | 209,52 |
| Balde 10l | 03 | 7,92 | 23,76 |
| Cadinho de 1kg | 02 | 82,79 | 165,58 |
| Copos de Becker 1000ml | 03 | 12,00 | 36,00 |
| Balança de precisão 6kg | 01 | 877,80 | 877,80 |
| Forno de Mufla 1400 °C | 01 | 37.588,25 | 37.588,25 |
| Estiletes | 10 | 20,78 | 207,80 |
| Banho-Maria para fusão da Cera 5l | 01 | 872,45 | 872,45 |
| Chapa aquecedora 300 °C | 01 | 887,56 | 887,56 |
| Tenazes 50cm | 03 | 72,13 | 216,39 |
| Luvras 250 °C | 03 | 46,91 | 140,73 |
| Óculos de proteção | 20 | 7,52 | 150,40 |
| Armário 1500x700x335mm | 01 | 228,42 | 228,42 |
| Banquetas | 03 | 149,99 | 449,97 |
| Total | | | R\$49.479,63 |

A Tabela 5 é referente aos materiais de insumo do laboratório e seguiu o mesmo critério de escolha e orçamento da tabela anterior.

Tabela 5: Materiais Utilizados para os métodos da cera perdida e areia verde. Fonte: Acervo do autor (2021).

| Material | Quantidade | Preço da Unidade (R\$) | Preço Total (R\$) |
|----------------------------------|------------|------------------------|---------------------|
| Plastilina 1kg | 20 | 18,90 | 378,00 |
| Sílica coloidal 1l | 12 | 226,34 | 2.716,08 |
| Zirconita malha 325 1kg | 10 | 14,00 | 140,00 |
| Chamote fino 1kg | 20 | 10,30 | 206,00 |
| Chamote médio 1kg | 20 | 3,45 | 69,00 |
| Wax Clean 5l | 10 | 84,90 | 849,00 |
| Borracha de Silicone 12,360kg | 04 | 432,90 | 1.731,60 |
| Cera desmoldante 425g | 02 | 84,44 | 168,88 |
| Grafite em pó 5kg | 01 | 116,99 | 116,99 |
| Areia de Moldagem 25kg | 02 | 250,00 | 500,00 |
| Blocos de alumínio 70x50x31.75mm | 20 | 139,00 | 2.780,00 |
| Bentonita 25kg | 01 | 58,00 | 58,00 |
| Parafina 140/145 25kg | 02 | 635,41 | 1.270,82 |
| Total | | | R\$10.984,37 |

O investimento total necessário para compra de insumos e equipamentos é de R\$60.464,00

3.2.5 Análise de custos do laboratório

O laboratório de fundição da UFGD produzirá gastos mensais com energia, água, pagamento do técnico de laboratório, depreciação dos equipamentos, manutenção e também com os insumos em geral que já foram apresentados nas tabelas anteriores.

Para estimar os gastos mensais do laboratório, vamos considerar que o mesmo atenderá quatro aulas de 50 minutos por semana, sendo então utilizado por 800 minutos ao mês.

Para o cálculo dos gastos de água foi considerado que uma torneira completamente aberta gasta em torno de 20 l/min. Portanto se utilizarmos a água durante os 800 minutos de aulas mensais o laboratório consumirá um total máximo de 16000 litros de água ao mês, ou seja, 16 m³. De acordo com a tabela mais recente da estrutura tarifária da Sanesul de 2019, para o poder público a tarifa de água para consumo acima de 20 m³ são de R\$ 26,51 e esgoto de R\$ 13,26 o metro cúbico. Dessa forma, podemos calcular o consumo de água mensal através da fórmula a seguir, onde *Ta* é a tarifa de água e *Tes* é a tarifa de esgoto.

$$\text{Consumo de água (R\$)} = \left(Ta \times \frac{\text{consumo}}{\text{mês}} \right) + \left(Tes \times \frac{\text{Consumo}}{\text{mês}} \right)$$

$$\text{Consumo de água (R\$)} = (26,61 \times 16) + (13,26 \times 16) = 637,92$$

Para estimar os gastos com a energia, foi somada as potências dos equipamentos elétricos do laboratório, bem como as 13 lâmpadas que estão descritas no projeto pedagógico do curso de Engenharia Mecânica (FAEN, 2018), multiplicado por 800 minutos mensais. Foi consultado o custo da tarifa da Energisa e obteve-se que a mesma é de 0,58733 R\$/kWh. A tabela 6 mostra o consumo em kW de cada equipamento.

Tabela 6: Consumo dos Equipamentos elétricos. Fonte: Acervo do autor (2021).

| Quantidade | Equipamentos elétricos | Consumo (kW) |
|------------|------------------------|--------------|
| 01 | Banho-maria | 0,55 |
| 01 | Chapa quente | 0,60 |
| 01 | Balança de precisão | 0,012 |
| 01 | Forno Mufla | 7,00 |
| 13 | Lâmpadas | 0,52 |
| | Total | 8,682 |

Portanto pode-se calcular o consumo através da fórmula a seguir, onde *kW* é o consumo total dos equipamentos, *h* é a hora e *Te* a tarifa de energia.

$$\text{Consumo de Energia (R\$)} = kW \times h \times Te$$

$$\text{Consumo de Energia (R\$)} = 8,682 \times \frac{800}{60} \times 0,58733 = 67,98$$

O gasto mensal com o técnico de laboratório foi referenciado a partir do último concurso oferecido pela UFGD.

Para estabelecer a depreciação dos equipamentos foi utilizada a Tabela 7 que apresenta as taxas de depreciação estabelecidas pelo Regulamento do Imposto de Renda (RIR). A partir dela pode-se considerar que equipamentos possuem uma vida útil de 10 anos e possuem 10% de taxa anual de depreciação (BRASIL, 1975).

Tabela 7: Taxas de depreciação estabelecidas pelo RIR. Fonte: Brasil (1975).

| | Taxa anual (%) | Anos de vida útil |
|--|----------------|-------------------|
| Edifícios | 4 | 25 |
| Máquinas e equipamentos | 10 | 10 |
| Instalações | 10 | 10 |
| Móveis e utensílios | 10 | 10 |
| Veículos | 20 | 5 |
| Sistema de processamento de dados | 20 | 5 |

Pode-se calcular a depreciação dos equipamentos através da fórmula a seguir.

$$De = \frac{(Vn - Vr)}{N}$$

Sendo, *De* é a depreciação, *Vn* é o valor do equipamento novo, *Vr* é o valor residual e *N* é a vida útil do equipamento. A depreciação de cada equipamento é apresentada na Tabela 8.

Tabela 8: Depreciação dos equipamentos. Fonte: Acervo do Autor (2021).

| Equipamento | Vn (R\$) | Vr (R\$) | N (anos) | De (R\$/ano) |
|---------------------|-----------|----------|----------|--------------|
| Balança de precisão | 877,80 | 87,78 | 10 | 79,00 |
| Forno de Mufla | 37.588,25 | 3758,83 | 10 | 3382,95 |
| Banho-Maria | 872,45 | 87,25 | 10 | 78,52 |
| Chapa quente | 887,56 | 88,76 | 10 | 79,88 |
| Total | | | | 3707,47 |

Para o cálculo da depreciação mensal dos equipamentos foi dividido o total da tabela 8 por 12 meses, chegando a um resultado de R\$ 308,95 por mês.

Para calcular os gastos de manutenção com os equipamentos, foi consultado o valor médio da manutenção preventiva com cada fornecedor e tempo médio para realização da mesma. Tem-se o resultado na tabela a seguir.

Tabela 9: Depreciação dos equipamentos. Fonte: Acervo do Autor (2021).

| Equipamento | Período manutenção preventiva | Valor médio da manutenção (R\$) |
|---------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| Balança de precisão | Anual | 142,31 |
| Forno de Mufla | Anual | 1200,00 |
| Banho-Maria | Anual | 407,20 |
| Chapa quente | Anual | 407,20 |
| Total | | 2156,71 |

Na tabela 10 é apresentado todos os gastos mensais do laboratório.

Tabela 10: Gastos mensais. Fonte: Acervo do autor (2021).

| Tipo de gasto | Quantitativo | Gastos (R\$) |
|-------------------------------------|---------------------|---------------------|
| Água | 4,00 m ³ | 637,92 |
| Energia | 28,94 kWh | 67,98 |
| Técnico de laboratório | 01 | 2.904,96 |
| Depreciação dos equipamentos | 04 | 308,95 |
| Manutenção | 04 | 179,73 |
| Total | | 4.099,54 |

4 CONCLUSÃO

Diante do exposto, pode-se concluir que para implantar um laboratório de fundição na UFGD é necessário um investimento mínimo de R\$ 60.464,00, além dos gastos mensais que estarão em média de R\$ 4.099,54. Quando analisamos a importância da fundição para a economia do Brasil, bem como a presença da mesma no nosso dia-a-dia, podemos afirmar que o valor necessário para a implantação é viável. Todos os anos o curso de Engenharia Mecânica recebe em média 60 novos alunos, que serão os frequentadores deste laboratório, eles poderão usufruir dos equipamentos não só durante a aula de fundição, mas também poderão usá-lo para pesquisas de iniciação científica ou projetos de extensão. Através deste laboratório será possível atender as demandas da estrutura acadêmica da instituição, bem como possíveis necessidades da sociedade, atendendo de forma sustentável a toda a comunidade da UFGD.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIFA – Associação Brasileira de Fundição. Produção de fundidos segue ascendente no primeiro quadrimestre do ano. Disponível em: <http://www.abifa.org.br/producao-de-fundidos-segue-ascendente-no-primeiro-quadrimestre-do-ano/>. Acessado em 20 jun. 2018.

ABIFA – Associação Brasileira de Fundição. Anuário ABIFA 2016. Disponível em: http://abifa.org.br/wpcontent/uploads/2016/09/revista_abifa_193.pdf. Acessado em 20 jun. 2018.

ALTEZZA. Disponível em: <http://altezza.com.br/index.php/portfolio-item/plastilina-soft-oil-clay/>. Acessado em: 18 de abr. 2021.

AUDAXCO – Audax Company. Disponível em: <https://audaxco.com/portfolio/innovation-removedor-remotion/>. Acessado em: 18 de abr. 2021.

BRASIL. Regulamento do imposto de renda atualizado para 1978: texto integral atualizado do regulamento do imposto de renda aprovado pelo decreto n. 76.186, de 2 de setembro de 1975, e do decreto lei 1598, de 26 de setembro de 1977, que adapta a legislação do imposto de renda à nova lei das sociedades por ações. Rio de Janeiro: Gráfica Ouro Verde, [19-].

CHEESE LAB – Produtos para laboratório. Disponível em: https://www.cheeselab.com.br/pinca-inox-para-cadinho/p?idsku=97&gclid=EAlaIQobChMIooaH4eSI8AIViICRCh2UDwetEAQYASABEgJ-G_D_BwE. Acessado em: 18 de abr. 2021.

DSX Metais. Disponível em: <http://www.dsxmetais.com.br/projeto/laminado-6061/86/>. Acessado em: 18 de br. 2021

ENERGISA. Tipos de tarifa. Disponível em: <https://www.energisa.com.br/Paginas/informacoes/taxas-prazos-e-normas/tipos-tarifas.aspx>. Acessado em 11 abr. 2021.

FACILIMP. Disponível em: <https://www.facilimp.com.br/balde-10000ml-graduado-nalgon>. Acessado em: 03 de jun. de 2021.

FAEN. Projeto pedagógico do curso de graduação em engenharia mecânica, Dourados, MS, 2018. 141 p.

FAEN. Resolução N.º 313, de 8 de nov. de 2016. Regulamento geral dos laboratórios da faculdade de engenharia, Dourados, MS, nov. 2016. 14 p.

JF MACHINE – Máquinas e equipamentos para fundição. Disponível em: <https://www.jfmachine.com.br/produto/caixas-p-moldagem-expansivas-em-aluminio/>. Acessado em 18 de abr. 2021.

JPROLAB. Disponível em: <https://www.jprolab.com.br/produtos/copo-de-becker/>. Acessado em: 18 de abr. 2021.

LAFALINE – Segurança e praticidade. Disponível em: <http://www.lafaline.com.br/banqueta-alpha.html>. Acessado em: 18 de abr. 2021.

LOJA SOLVEN. Disponível em: https://loja.solven.com.br/produto/solven-waxplus/?utm_source=Google%20Shopping%20Feed&utm_campaign=Loja%20Solven&utm_medium=cpc&utm_term=6601. Acessado em: 03 de jun. 2021.

LIMA, C. C.; RABELO, R.A.; BRITO, F.M.G; BARBOSA, Z.; SILVA, A. P. Importância da aula prática de campo e laboratório para o estudo de algas.

MICHELETTI – Balanças. Disponível em: <http://www.balancasmicheletti.com.br/produtos/balanca-pesadora>. Acessado em: 18 de abr. 2021.

MORO,N.; AURAS,A.P. Processos de Fabricação. Fundição. 2007. Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina.

NET SUPRIMENTOS – O seu portal de produtos profissionais. Disponível em: https://www.netsuprimentos.com.br/luva-kourion-punho-20-cm-2561-2944/p?idsku=3019&gclid=EAlaIQobChMIwr291uel8AIVBgqRCh3BhAeWEAQYAYABEgIK9_D_BwE. Acessado em: 18 de abr. 2021.

NORMA – Lâminas e Estiletes. Disponível em: <https://norma.ind.br/produto/estilete-largo-l460>. Acessado em: 18 de abr. 2021.

PLEION – Plástico para o dia-a-dia. Disponível em:
<https://www.pleion.com.br/produtos/bandejas/bandeja-multi-uso/bandeja-plastica-para-restaurante-15>. Acessado em: 18 de abr.2021.

QUIMIS. Disponível em:
<http://www.quimis.com.br/produtos/detalhes/forno-mufla-1400>. Acessado em: 18 de Abr. 2021.

REDECENTER – Distribuidora oficial Redeleaser. Disponível em:
<https://www.redelease.com.br/borracha-de-silicone-azul-alta-flexibilidade-para-moldes-com-catalisador-1-030-kg.html>. Acessado em: 18 de abr. 2021.

SANESUL – Empresa de Saneamento Básico de Mato Grosso do Sul. Estrutura Tarifária 2019. Disponível em:
<http://www.sanesul.ms.gov.br/Content/upload/evolucao-tarifaria-2019.pdf>. Acessado em 11 abr. 2021.

SKINNER, B. F. Tecnologia do ensino. São Paulo: EPU, 1972.

SOLIDSTEEL. 2019. Disponível em:
<https://www.solidsteel.com.br/banhos>. Acessado em: 18 de abr. 2021

SOLOTEST. Disponível em: <https://solotest.com.br/novo/produtos/areia-normal-brasileira-nr--30-/3.326.030>. Acessado em: 18 de abr. 2021.

SP Labor – Equipamentos para laboratório .Disponível em:
<https://www.splabor.com.br/produto/peneiras-granulometricas-em-aco-inox-diametro-8-2032mm-x-altura-2-50mm/>. Acessado em 18 de abr. 2021

TAPCAMP – Soluções industriais. Disponível em:
https://www.tapcamp.com.br//categoria/2575543/_Refratarios_eFundicao/. Acessado em: 21 de abr. 2021.

VONDER. Disponível em:
https://www.vonder.com.br/produto/martelo_de_borracha_50_mm_com_cabo_de_fibra_vonder/29181. Acessado em: 18 de abr. 2021

