

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
ETEC TRAJANO CAMARGO
CURSO DE TÉCNICO EM METALURGIA**

**JEAN MARCEL CLAUDINO
MIKAELLY MORAIS GOMES
NIVALDO GARCEZ SOTO
RODNEI CEZAR RIBEIRO VITAL**

**DESENVOLVIMENTO E CONSTRUÇÃO DE UMA Morsa UTILIZANDO
PROCESSOS DE FUNDIÇÃO**

**LIMEIRA - SP
2026**

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
ETEC TRAJANO CAMARGO
CURSO DE TÉCNICO EM METALURGIA**

**JEAN MARCEL CLAUDINO
MIKAELLY MORAIS GOMES
NIVALDO GARCEZ SOTO
RODNEI CEZAR RIBEIRO VITAL**

**DESENVOLVIMENTO E CONSTRUÇÃO DE UMA MORSA UTILIZANDO
PROCESSOS DE FUNDIÇÃO.**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Banca Examinadora,
como exigência parcial para a
obtenção de título de Técnico em
Metalurgia da Escola Técnica Trajano
Camargo sob a orientação do
Professor João Augusto Montesano.

**LIMEIRA-SP
2026**

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	3
2. OBJETIVOS	5
2.1 Objetivo Geral	5
2.2 Objetivos Específicos	5
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA OU ASSUNTOS RELACIONADOS AO TEMA	6
3.1. Histórico do Problema.....	6
3.2. Pesquisas na Área	6
3.3. Projeto do sistema de alimentação	6
3.4. Escolha da luva refratária	7
3.5. Fluidez do metal e pressurização	8
3.6. Modelagem 2D.....	8
3.7. Metodologia Industrial	8
3.8. Planejamento do Produto.....	9
3.9. Desenvolvimento do Modelo.....	9
3.10. Projeto do Sistema de Alimentação	9
3.11. Fabricação do Molde.....	9
3.12. Fundição e Solidificação	9
3.13. Legislação Pertinente	9
4. METODOLOGIA	11
4.1. Cronograma de execução de atividades.....	13
4.2. Recursos Necessários	13
5. RESULTADOS	15
6.REFERÊNCIAS.....	16

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

O TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) é composto por 4 integrantes e foi de comum acordo desenvolver um trabalho para a fabricação de uma morsa para aplicação dos conceitos tecnológicos dos diversos processos de fabricação. Nesse trabalho, a ênfase será no processo de fundição.

Durante o desenvolvimento das atividades, o grupo buscou compreender e aplicar os princípios teóricos e práticos envolvidos na construção do caixote de moldagem, canais de ataque, distribuição, alimentação e confecção do molde, utilizando conhecimentos obtidos em sala, referências técnicas, livros, artigos e catálogos industriais, como os disponibilizados pela empresa Comil Cover Sand, (Comil 2022).

Esses materiais forneceram base para o embasamento técnico das decisões tomadas ao longo do projeto.

O corpo da morsa será fundido em alumínio, pois o forno da Escola ETEC TRAJANO CAMARGO só tem a funcionalidade de fundir em alumínio.

Durante o desenvolvimento das atividades, foram utilizados softwares de modelagem, como o AutoCAD para garantir precisão no desenho do modelo, no cálculo da contração e no dimensionamento adequado dos canais e reservas de metal. A elaboração do modelo 3D irá permitir melhor visualização do fluxo metálico e análise da viabilidade de execução do sistema escolhido.

A escolha da fundição de uma morsa como objeto de estudo justifica-se pela relevância desse componente no ambiente industrial e pela necessidade de compreender, na prática, todas as etapas do processo de fabricação por fundição. A morsa é uma ferramenta que exige alta resistência mecânica, boa estabilidade dimensional e um sistema de alimentação eficiente para evitar defeitos como rechupes, porosidades e falhas de enchimento. Assim, seu desenvolvimento torna-se ideal para aplicar, de forma integrada, os conhecimentos adquiridos no curso técnico em Metalurgia.

Com base nos registros das atividades do grupo, observou-se que o projeto permitiu aplicar conceitos fundamentais, como;

- Dimensionamento dos canais de ataque, distribuição e canal de descida;
- determinação da taxa de alimentação adequada para garantir o preenchimento completo da cavidade.
- Cálculo da contração do metal para definir corretamente as dimensões do modelo a 1%.

- Utilização de softwares de modelagem (AutoCAD) para precisão do desenho.
- Consulta a catálogos técnicos, como o da Comil Cover Sand, para escolha de materiais e luvas alimentadoras.

A morsa, por apresentar geometrias específicas e regiões críticas como a base e o corpo principal, exige atenção especial ao fluxo do metal e à compensação de volume durante a solidificação. Isso possibilita que o grupo analise situações reais de fundição, tornando o aprendizado mais eficaz e alinhado às práticas industriais.

Portanto, a fundição da morsa é justificada pela sua complexidade adequada ao nível técnico, pela oportunidade de aplicar teoria e prática de forma direta e pela possibilidade de desenvolver competências essenciais ao controle de processos de fundição, contribuindo significativamente para a formação dos integrantes e para a qualidade do trabalho final.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Elaborar um corpo de uma morsa aplicando os principais processos de fabricação na área Metalúrgica.

2.2 Objetivos Específicos

- Definição do projeto.
- Determinação das medidas do projeto.
- Escolha da luva correta com o catálogo de luvas COMIL COVER SAND
- Desenhar o canal de distribuição utilizando o software AutoCAD para conseguir a pressurização correta.
- Correção das medidas do caixote.
- Montagem do caixote de moldagem em madeira.
- Calcular a receita de areia.
- Fazer a moldagem da Morsa.
- Fazer a fusão da Morsa em Alumínio.
- Projetar a Morsa em impressão 3D para visualização final do projeto.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. Histórico do Problema

A fabricação de dispositivos de fixação, como morsas, acompanha a evolução dos processos industriais desde o surgimento da metalurgia moderna. Com o avanço da fundição de precisão e das técnicas de modelagem, tornou-se possível fabricar componentes metálicos complexos com menor desperdício e melhor desempenho mecânico.

No contexto educacional e industrial, a necessidade de aprender e aplicar processos completos de fabricação, desde o desenho técnico até a fundição, cria o problema que justifica o projeto: como produzir uma morsa funcional utilizando processos industriais reais, seguros e eficientes.

Isso envolve compreender a aprendizagem mais eficaz tornando possível aplicar os conceitos da aula na montagem da alimentação, canal de distribuição, pressurização, luvas refratárias, seleção de materiais e práticas de modelagem e fundição.

3.2. Pesquisas na Área

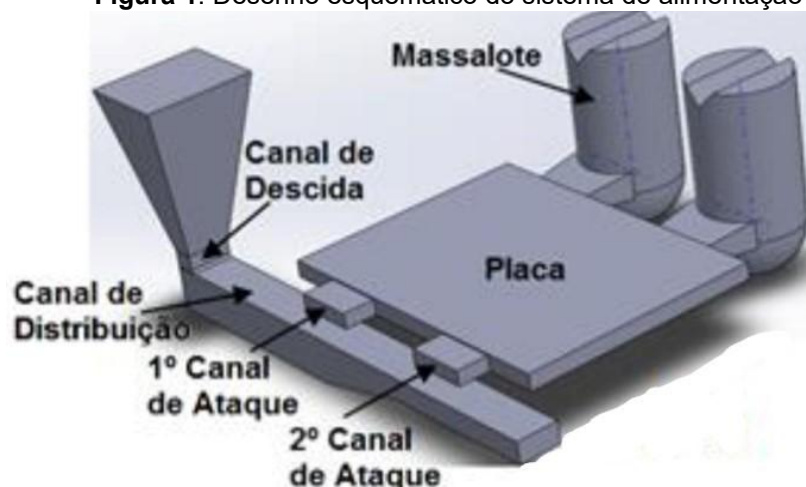
Os estudos na área de fundição mostram que a eficiência e a qualidade de uma peça fundida dependem diretamente do projeto do sistema de alimentação e da geometria do molde. Pesquisas destacam quatro aspectos fundamentais:

3.3. Projeto do sistema de alimentação

O bom preenchimento do molde está relacionado à correta definição do canal de distribuição, e do ataque.

O canal deve permitir fluxo contínuo e evitar turbulência, bolhas e inclusões de escória. Nos textos apresentados acima, isso aparece no desenvolvimento do canal em AutoCAD, considerando ângulo de saída e dimensões adequadas.

Figura 1: Desenho esquemático do sistema de alimentação da peça



Fonte: <https://www.scielo.br/j/rmat/a/SwNkPMgpXRht5mYPZLNtgtJ/?format=html&lang=pt>

3.4. Escolha da luva refratária

Através dos estudos mostram que luvas isolantes ou exotérmicas, como as do catálogo COMIL Cover Sand, são essenciais para reduzir perdas térmicas e melhorar o rendimento da alimentação.

O uso dessas luvas garante solidificação direcional, evitando contrações internas e defeitos estruturais na peça.

Figura 2: Exemplo de luva térmica



Fonte: <https://comilcoversand.com.br/site2022/index.php/luvas/>

3.5. Fluidez do metal e pressurização

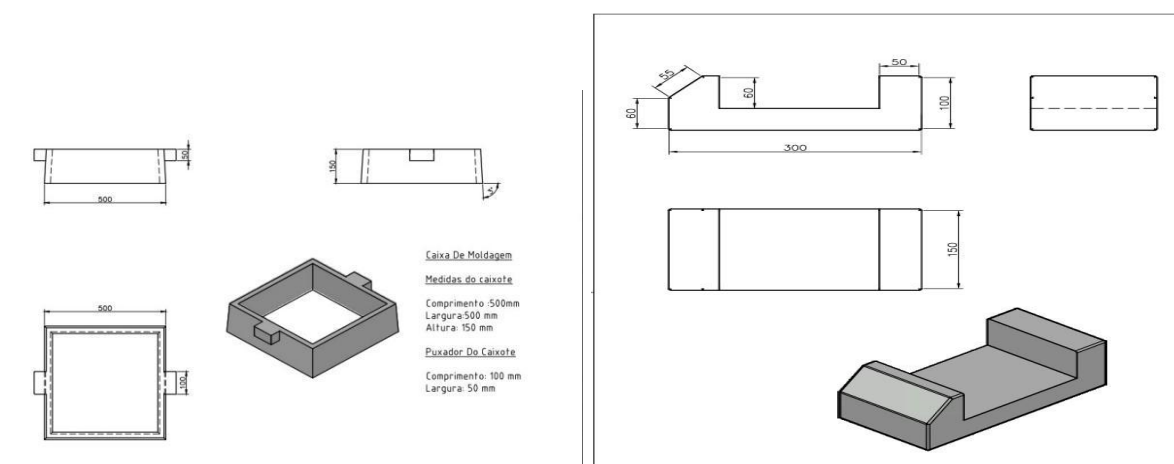
A fluidez do alumínio fundido é recorrente em pesquisas, já que a alimentação depende da relação entre canal, temperatura, velocidade do fluxo e volume do molde.

Há redução de diâmetro no sistema para atingir pressurização adequada.

3.6. Modelagem 2D

Com o avanço dos desenhos no software, como AutoCAD, pesquisas reforçam que a modelagem tridimensional:

Figura 3: Desenho em 2D da caixa de areia e da peça a ser obtida



Fonte: Os autores (2026)

- Reduzem erros dimensionais,
- Permite visualizar interferências,
- Auxilia na fabricação do molde,
- Possibilita simulações de fluxo e enchimento.

O grupo utilizou esse tipo de modelagem para desenvolver os canais, o caixote, o molde superior e o molde inferior da morsa.

3.7. Metodologia Industrial

A metodologia industrial aplicada neste projeto segue os princípios tradicionais da fabricação por fundição, normalmente adotados em empresas metalúrgicas. Entre os métodos reconhecidos, destacam-se:

3.8. Planejamento do Produto

Foi definido o material, o método de fabricação e os requisitos mecânicos e geométricos da peça.

A fundição será em alumínio e os acabamentos do desenho inicial da morsa foram encerrados.

3.9. Desenvolvimento do Modelo

Inclui o desenho 2D e a modelagem com software.

Os desenhos geram vistas, cortes e medidas que servirão de base para o molde.

Criação do modelo definitivo em (Madeira) para compactação em areia verde.

3.10. Projeto do Sistema de Alimentação

A Metodologia Industrial foi definida por:

- Canal de descida.
- Distribuição.
- Ataque.
- Massa lotes.
- Pressurização.
- Dimensões padronizadas.

O grupo utilizou como referência de luvas industriais e catálogos específicos da COMIL Cover Sand, que fornecem dados reais para o setor metalúrgico e depois com estudo da fabricação da Morsa, chegamos a conclusão utilizar somente os massa-lotes que nos dá quase o mesmo resultado final.

3.11. Fabricação do Molde

A metodologia tradicional envolve:

- Produção do molde superior e inferior.
- Inserção dos canais de Descida, distribuição e Ataques.
- Verificação das dimensões dos moldes com o caixote.
- Montagem do caixote em madeira.

3.12. Fundição e Solidificação

O metal líquido deve preencher o molde e solidificar seguindo o caminho planejado no sistema de alimentação, reduzindo defeitos internos.

3.13. Legislação Pertinente

A legislação relacionada à fundição e fabricação de materiais metálicos envolve normas técnicas aplicadas à segurança, qualidade e procedimentos industriais. Entre as principais normas aplicáveis ao projeto estão:

• **Normas da ABNT** (Associação Brasileira de Normas Técnicas)

- **NBR 11700** – Fundição de Metais: Diretrizes gerais para processos de fundição.
- **NBR ISSO 2768** – Tolerâncias dimensionais: Define tolerâncias gerais para peças fundidas e usinadas.
- **NBR ISSO 8062** – Tolerâncias para peças fundidas: Regras específicas para modelos e fundição.
- **NBR 6158** – Sistemas e ajustes: Essencial para partes móveis da morsa.

Normas de segurança para laboratórios e oficinas, aplicadas ao manuseio de metais quentes.

Além disso, há diretrizes sobre:

- Controle do processo térmico,
- Manipulação de alumínio líquido,
- Uso obrigatório de EPIs (luvas, óculos, avental, protetor facial).

A legislação orienta a execução segura e padronizada das etapas de fundição, garantindo a integridade dos alunos e a qualidade final da peça.

4. METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho foi desenvolvida com base nos princípios da engenharia de fundição, fabricação mecânica e modelagem aplicada ao processo metalúrgico, visando a elaboração e construção do corpo de uma morsa em alumínio por meio do processo de fundição em areia verde. O desenvolvimento do projeto foi estruturado em etapas sequenciais, permitindo a aplicação prática dos conhecimentos adquiridos ao longo do curso Técnico em Metalurgia.

Inicialmente, realizou-se uma pesquisa bibliográfica e técnica sobre processos de fundição, sistemas de alimentação, propriedades do alumínio, dimensionamento de canais e utilização de luvas alimentadoras, utilizando livros, artigos científicos, normas técnicas da ABNT e catálogos industriais, com destaque para os materiais técnicos disponibilizados pela empresa.

COMIL Cover Sand. Essa etapa teve como finalidade fornecer embasamento teórico para as decisões técnicas adotadas durante a execução do projeto.

Após a definição do tema e da proposta do trabalho, iniciou-se o desenvolvimento do projeto da morsa. Foram definidas as dimensões da peça, levando em consideração sua funcionalidade, resistência mecânica e viabilidade de fabricação pelo processo de fundição disponível no laboratório da ETEC Trajano Camargo. Em seguida, elaborou-se o desenho técnico da peça utilizando o software AutoCAD, permitindo a criação do modelo bidimensional e o dimensionamento preciso do sistema de alimentação. Com base no desenho técnico, foram realizados os cálculos de contração do alumínio, considerando uma taxa aproximada de 1%, de modo a compensar as variações dimensionais ocorridas durante o processo de solidificação. Também foram projetados os canais de descida, distribuição e ataques e nessa transição optamos alterar a Luva COMIL Cover Sand por Massa lotes, no quesito ao forno da ETEC Trajano Camargo, que onde o peso total é de 10 kg de alumínio preparado, assim conseguimos garantir o correto preenchimento do molde, reduzir turbulências e minimizar defeitos de fundição, como porosidades, rechupes e falhas de enchimento.

Posteriormente, foi executada a etapa de fabricação do modelo e do caixote de moldagem em madeira, respeitando as dimensões previamente calculadas. O modelo foi preparado para possibilitar a compactação adequada da areia verde e facilitar a retirada da peça sem comprometer a integridade do molde.

Na sequência, realizou-se a preparação da mistura de areia utilizada na moldagem, definindo-se a composição adequada para garantir resistência mecânica, permeabilidade e estabilidade dimensional do molde. Após a preparação da areia, foi efetuada a moldagem da peça, contemplando a

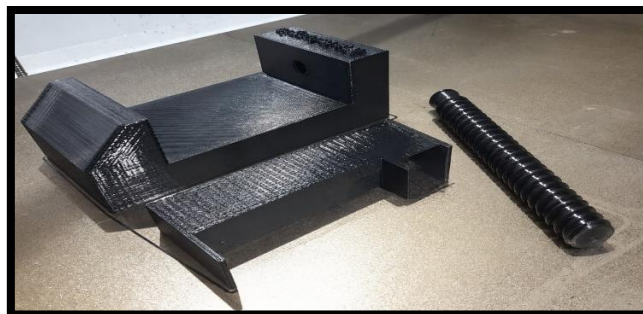
confeção do molde superior e inferior, a abertura dos canais de alimentação e a montagem completa do sistema de fundição.

Concluída a etapa de moldagem, iniciou-se o processo de fusão do alumínio no forno disponível na instituição. O metal foi aquecido até atingir a temperatura adequada de vazamento é de 700 a 750 c°, posteriormente, vertido no molde previamente preparado. Durante essa etapa, foram adotadas todas as normas de segurança aplicáveis ao processo de fundição, incluindo o uso obrigatório de equipamentos de proteção individual, como luvas térmicas, avental, protetor facial e óculos de segurança.

Após o resfriamento e solidificação do metal, a peça fundida foi desmoldada e submetida à inspeção visual para análise da qualidade superficial, preenchimento do molde e identificação de possíveis defeitos

Por fim, foi desenvolvida uma representação da morsa em impressão 3D, permitindo a visualização final do projeto e a comparação dimensional entre o modelo digital e a peça fundida. Todos os resultados obtidos foram analisados com base nos objetivos propostos, possibilitando avaliar a eficiência do sistema de alimentação, a qualidade da fundição e a aplicação prática dos conhecimentos metalúrgicos desenvolvidos ao longo do curso.

Figura 4: Morsa obtida por meio de impressão 3D



Fonte: Os autores (2026)

4.1. Cronograma de execução de atividades

Figura 5: Cronograma de atividades

2025 - 2026	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul
Explicação da metodologia												
Pesquisa do tema												
Revisão da Bibliografia												
Escolha do tema												
Plano de pesquisa												
Correção do plano de pesquisa												
Impressão da peça 3D												
Construção dos Itens Físico como: Morsa, caixas de moldagem e canais.												
Coleta de dados de preparação de moldagem												
Moldagem												
Fusão												
Resultado final												

Fonte: Os autores (2026)

4.2. Recursos Necessários

a) Materiais

Alumínio (matéria-prima para fusão);

Areia verde;

Madeira (para confecção do modelo e caixote);

Luas refratárias ou exotérmicas (alimentadores);

Desmoldante (pó de carvão)

Pregos, parafusos e cola para montagem do modelo;

b) Equipamentos

Forno de fusão para alumínio;

Cadinho para vazamento;

Caixote de moldagem (superior e inferior);

Mesa de moldagem;

c) Ferramentas

Colher de fundição (para retirada de escória);

Soquetes (para compactação da areia);

d) Equipamentos de Segurança (EPIs)

Luvas térmicas;

Avental de raspa de couro;

Óculos de proteção;

Sapato de segurança;

e) Recursos Tecnológicos

Software AutoCAD (desenho técnico 2D);

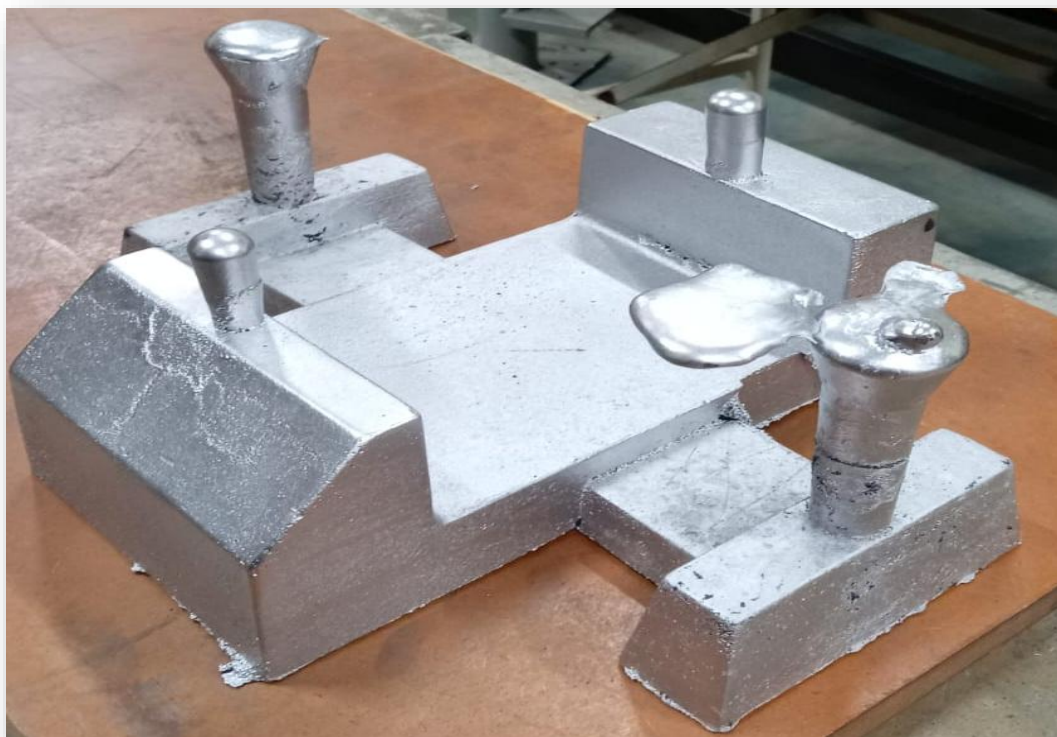
f) (Impresso 3D)

Filamento PETG 1kg

Materiais	Quantidade	Valor
Caixote	2	200,00
Alumínio	10 kg	270,00
Impressão 3D	1	150,00
Desmoldante	500 gramas	25,00
Pregos e parafusos	12	12,00
Luva refratária	1	50,00
Modelo	1	250,00
TOTAL	--/-- --/-- --/--	957,00

5. RESULTADOS

Após uma fase intensa de pesquisas e análises detalhadas, notamos que conseguimos atingir o objetivo e chegar nos resultados esperados, proporcionando um controle eficaz no sistema de alimentação, assim tornando-se a fluidez do alumínio mais calmo, sem turbulências entre o vazamento e o molde, garantindo a qualidade e a aplicação prática dos conhecimentos metalúrgicos desenvolvidos ao longo do curso.



Fonte: Os autores (2026)

6.REFERÊNCIAS

- **Site da Comil:** <https://comilcoversand.com.br/site2022/index.php/luvas/>
acessado no site: 22/11/25.
- **Fonte:** <https://fundicaosacheto.com.br/#produtos>
acessado no site 10/03/26.
- **Fonte:** <https://www.dulong.com.br/fundicao-de-aluminio>
acessado no site 16/03/26.