

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS MG

ENGENHARIA MECÂNICA

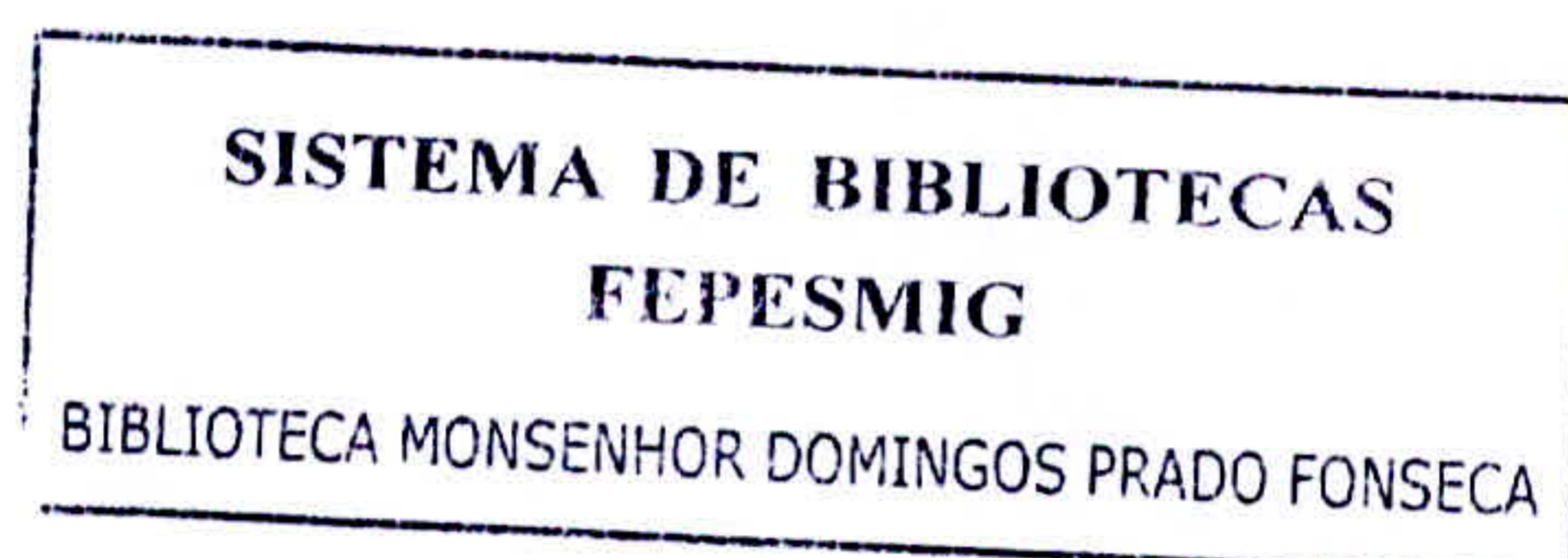
GUSTAVO LÚCIO BRAULINO

Biblioteca Monsenhor Domingos Prado Fc
N. Class. M 641.2
Cutter B 825 a
Ano/Ed. 2010

APLICAÇÃO DE GAXETAS NO SETOR DE FUNDIÇÃO

**Varginha
2010**

GUSTAVO LÚCIO BRAULINO



APLICAÇÃO DE GAXETAS NO SETOR DE FUNDIÇÃO

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas – Unis MG como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel sob orientação do professor Luiz Carlos Vieira Guedes.

**Varginha
2010**

GUSTAVO LÚCIO BRAULINO

APLICAÇÃO DE GAXETAS NO SETOR DE FUNDIÇÃO

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas – Unis MG como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel sob orientação do professor Luiz Carlos Vieira Guedes.

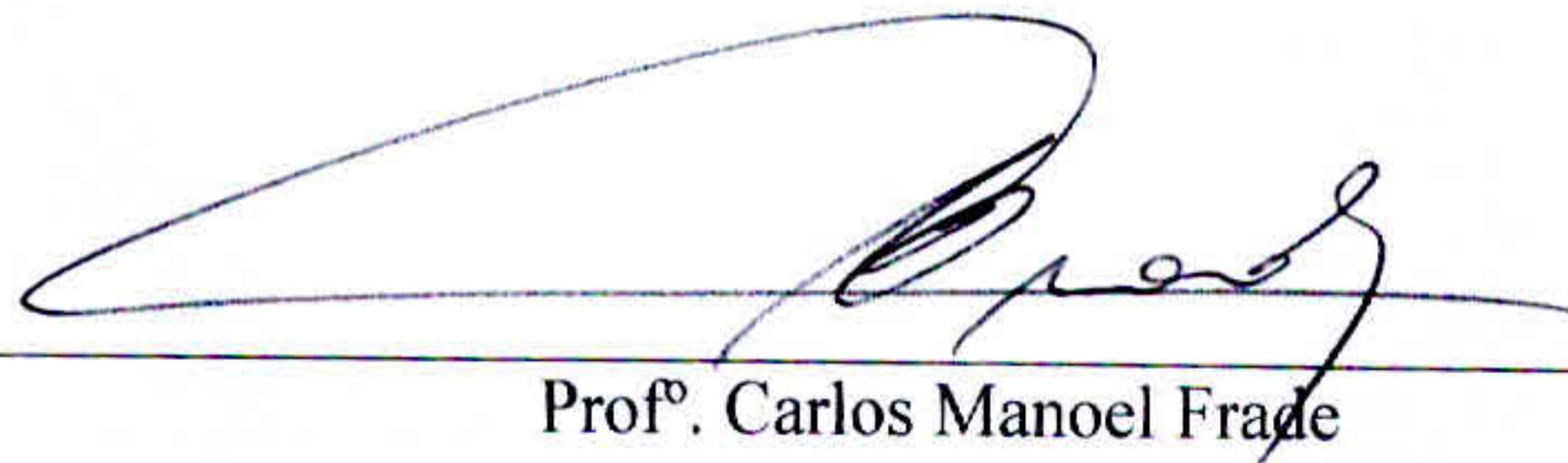
Aprovado em: 30 / 11 / 2010



Profº. Luiz Carlos Vieira Guedes



Profº. Fabiano Farias de Oliveira



Profº. Carlos Manoel Frade

OBS.:

Dedico este trabalho a todos aqueles que contribuíram para a sua realização.

Agradeço aos meus colegas,
professores e a minha família por
terem me ajudado na construção
deste trabalho.

“Há duas coisas que unem os
homens: medo e interesse”.
Napoleão Bonaparte.

RESUMO

Esta monografia tem como base apresentar um projeto de melhoria no setor de fundição em uma fábrica de rodas de alumínio. Foi realizado um estudo para definir o que poderia ser melhorado, o que seria mais crítico. Constatou-se que os refugos e o *down time* (índice de paradas programadas e não programadas) eram os dois fatores que exigiam uma atenção especial. Para isso analisou-se o processo e foi verificado que a troca da vedação do forno de espera da injetora de baixa pressão era o principal causador devido a perda de temperatura. Os resultados obtidos no final foram acima dos esperados, houve redução dos índices de refugo, redução do *down time* e economia na quantidade de gaxetas utilizadas por dia.

Palavras-chaves: Vedação e produtividade.

ABSTRACT

This monograph is based show an improvement project in the foundry sector in a factory aluminum wheels. A study was conducted to determine what could be improved, what is most critical. It was found that the scrap and down time were the two factors that require special attention. For this, analyzed the process and it was found that the exchange of the seal holding furnace injection of low pressure was the main cause because of heat loss. The results on completion of the above were expected, a reduction rates of scrap, reduced down time and savings in the amount of gaskets used in a day.

Keywords: *Sealing and productivity.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: (a) Regime laminar. (b) Regime turbulento.....	15
Figura 2: Massalote (Tela galvanizada)	16
Figura 3: Contração.....	17
Figura 4: Porosidades	19
Figura 5: Lingotes	20
Figura 6: Alumínio líquido.....	20
Figura 7: Forno de Fusão	21
Figura 8: Unidade de desgaseificação e panela com alumínio líquido.	21
Figura 9: Injetora.....	22
Figura 10: Matriz.....	23
Figura 11: Injetora e matriz.....	24
Figura 12: Fluxograma do processo de fabricação até a fundição	25
Figura 13: Prensa.....	26
Figura 14: Roda com pirulito	26
Figura 15: Raio x.....	27
Figura 16: Sistema de apontamento do raio x	27
Figura 17: Fluxograma de fabricação	28
Figura 18: Ciclo PDCA.....	30
Figura 19: Refugo de fundição consolidado	31
Figura 20: Gaxeta durante processo	32
Figura 21: Diagrama de Ishikawa	32
Figura 22: Gaxeta com padrão antigo	34
Figura 23: Bocal de atuação da gaxeta.....	34
Figura 24: Gasto mensal com gaxetas.....	35
Figura 25: Gaxeta com novo padrão	36
Figura 26: Comparativo antes x depois da manta cerâmica.....	37
Figura 27: Comparativo antes x depois das gaxetas	37
Figura 28: Gasto mensal com gaxetas.....	38
Figura 29: Comparativo de gastos mensal	39
Figura 30: Refugo de raio x	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Expansão estimada durante	18
Tabela 2: Propriedades físicas.....	33
Tabela 3: Propriedades térmicas	33
Tabela 4: Catálogo de gaxetas.....	36
Tabela 5: Comparativo antes x depois custos	38

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
Objetivo Geral.....	13
Objetivos Específicos	14
2 – REFERENCIAL TÉORICO.....	14
2.1 – Temperatura de vazamento	14
2.2 – Taxa de resfriamento.....	14
2.3 – Fluidez.....	14
2.4 – Escoamento.....	15
2.5 – Contração	16
2.6 – Tempo de solidificação	18
2.7 – Porosidades.....	19
3 - DESENVOLVIMENTO	19
3.1 – Obtenção da matéria-prima.....	19
3.2 – Forno de Fusão.....	21
3.3 – Desgaseificação.....	21
3.4 – Injeção Sob Pressão	22
3.5 – Processos pós Injeção.....	26
3.5.1 - Estampagem.....	26
3.5.2 – Raio x.....	27
3.6– Fluxograma Geral de fabricação	28
3.7 – Materiais e Métodos.....	29
3.7.1 - Conhecendo a ferramenta Kaizen	29
3.7.2 - Metodologia para análise e solução.....	29
4 – ANÁLISES E RESULTADOS.....	30
CONCLUSÃO	41
REFERÊNCIAS	42

INTRODUÇÃO

Segundo Aurélio fundir seria derreter, solidificar metal em um molde. Vedar seria fechar, tampar, impedir, proibir, interditar. A vedação nada mais é que o processo usado para impedir a passagem de maneira estática ou dinâmica de líquidos, gases e partículas sólidas de um meio para outro.

Este trabalho desenvolveu-se em uma fábrica de rodas de alumínio em que diante dos altos índices de refugo e do alto índice de *down time* no setor de fundição, foi necessário realizar uma melhoria que envolveu metodologias aplicadas pelo Kaizen que segundo Günter Wilhelm Uhlmann seria a melhoria contínua visando atender clientes externos e internos, como por exemplo, o *Gemba Walk* (andar pela fábrica). Através desta filosofia foi constatado que a vedação (gaxeta) do forno de espera da injetora de baixa pressão não estava adequada.

O engaxetamento é dos principais métodos de vedação entre duas peças unidas, e também a forma mais antiga de vedar um eixo rotativo ou alternativo. Basicamente, consiste da compressão de um ou mais material resistente, macio e lubrificante dentro do espaço formado pelo eixo e a caixa de vedação do equipamento, no caso do trabalho a tampa do forno.

O que é gaxeta? A gaxeta é um anel, normalmente de borracha (mas pode ser de outros materiais, como grafita, por exemplo), com uma espécie de lábios, que auxiliam na vedação. Este sistema pode ser chamado, ainda de vedador automático por sua capacidade de vedar usando a própria força exercida contra o material.

Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é melhorar o processo de vedação do forno de espera de uma injetora de baixa pressão e realizar um comparativo entre custo x benefício.

Objetivos Específicos

- Reduzir os índices de refugo
- Reduzir o *Down Time*
- Diminuir custos
- Melhorar produtividade

2 – REFERENCIAL TEÓRICO

Existem fatores importantes que influenciam na qualidade da peça, são eles: temperatura de vazamento do metal líquido, taxa de resfriamento, fluidez, existência de turbulência, contração da peça, porosidade, bolhas e a transferência de calor no molde.

2.1 – Temperatura de vazamento

A temperatura de vazamento seria a faixa em que a solidificação deverá ocorrer (CHIAVERINI, 1.986), ou seja, o alumínio deverá iniciar o processo de solidificação com uma temperatura de 720°C. Caso esta temperatura não seja atingida dificilmente ocorrerá o total preenchimento do molde.

2.2 – Taxa de resfriamento

A taxa de resfriamento seria o componente que influencia na estrutura do fundido. O critério que descreve a cinética da interface sólido-líquido é dado por G/R , onde G é o gradiente térmico (°C/m) e R é a taxa que a interface sólido-líquido se movimenta. Para o alumínio G/R apresenta valores entre 10^5 a 10^7 (CHIAVERINI, 1.986).

2.3 – Fluidez

A fluidez é a capacidade que o metal possui de preencher todas as cavidades do molde antes que ocorra a solidificação, sendo que quanto maior a fluidez maior a

reprodução de detalhes. Esta característica depende de vários fatores, dentre eles: viscosidade do metal, composição química, temperatura de vazamento dentre outros (CHIAVERINI, 1.986).

2.4 – escoamento

Os metais e as ligas possuem características de escoamento semelhantes ao da água. Para que seja evitada a turbulência e conseqüentemente a formação de bolhas nas peças, faz-se necessário controlar o escoamento. Para isso é utilizada a fórmula de Reynolds (CHIAVERINI, 1.986).

$$Re = \frac{V \cdot d}{\nu} \text{ (Eq. 1)}$$

- V = Velocidade do fluxo. D = diâmetro do canal hidráulico + diâmetro do filtro (figura 10).
- ν = viscosidade cinemática do fluido = viscosidade dinâmica/pela densidade do fluido.
- $Re < 2.000$ – Regime laminar (CHIAVERINI, 1.986). Ver figura 1.
- $2.000 < Re < 2.500$ – Regime transitório (CHIAVERINI, 1.986).
- $Re > 2.500$ – Regime turbulento (CHIAVERINI, 1.986). Ver figura 1.

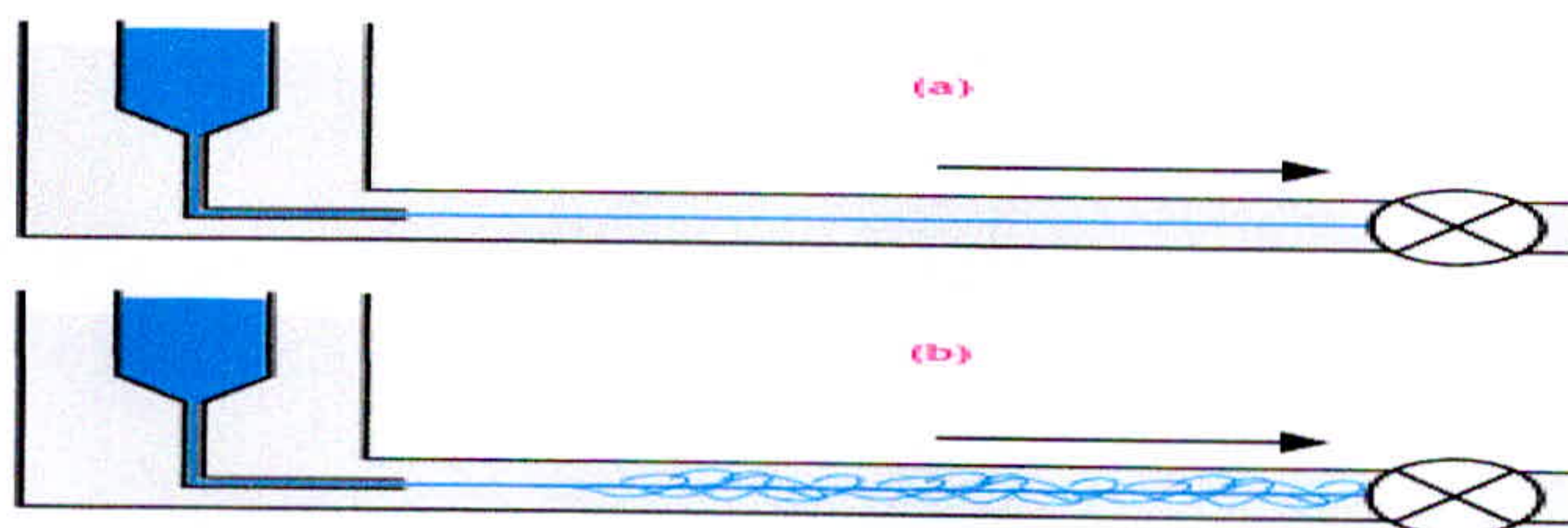


Figura 1: (a) Regime laminar. (b) Regime turbulento
Fonte: Torre, 1.975

2.5 – Contração

A maioria dos metais comercialmente utilizados apresenta contração durante o processo de solidificação. Isso deve ser levado em conta na fabricação do molde (OLIVEIRA, 2.009). Para compensar essa contração existe no projeto do molde a adição de um recipiente para o metal líquido chamado de massalote, ver figura 2, ou também denominado de tela galvanizada (no processo estudado citado são utilizados três tipos de diâmetros: 55 mm, 42 mm e 48 mm). Esse massalote é a última parte a se solidificar e concentra a contração de solidificação. O massalote ou pirulito é retirado da peça após a solidificação e desmoldagem, sendo sucateado.

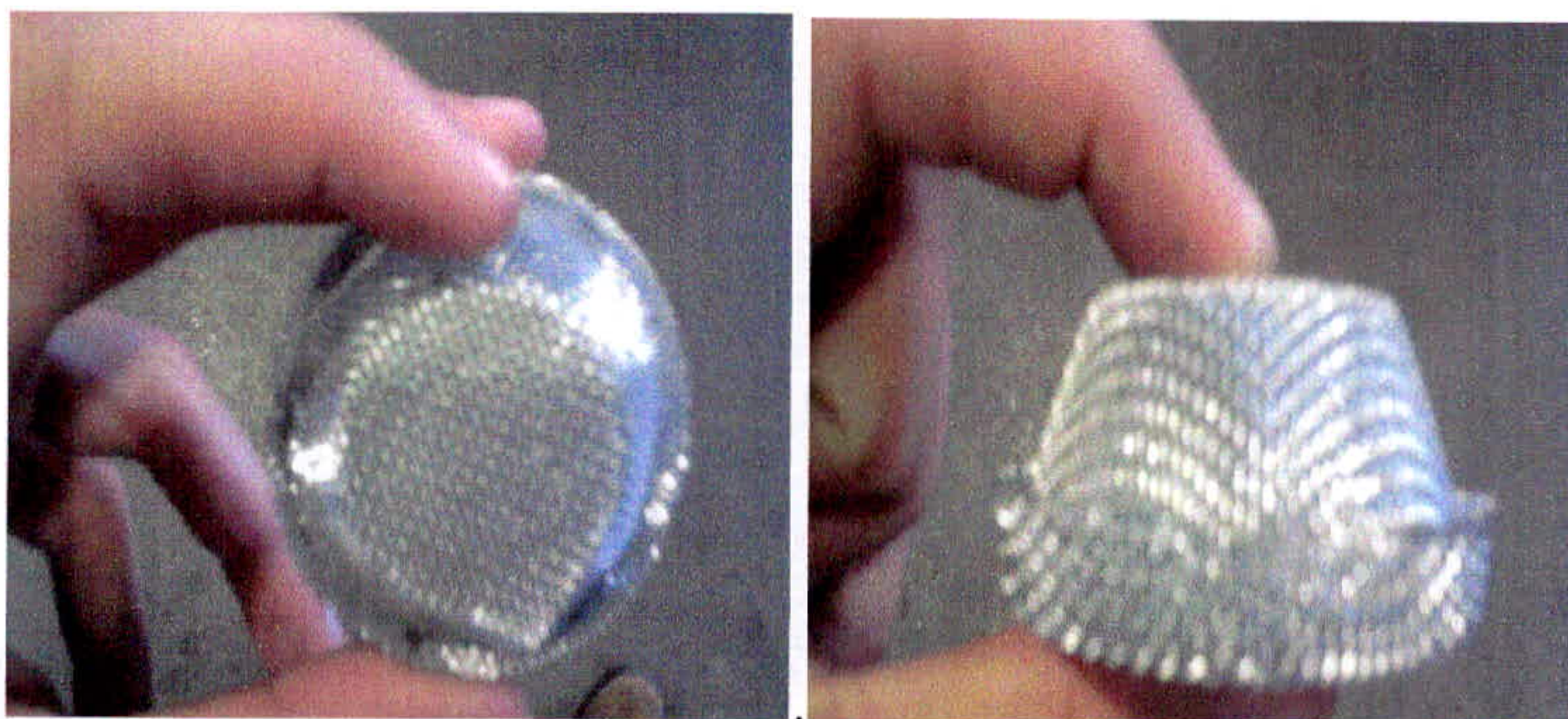


Figura 2: Massalote (Tela galvanizada)
Fonte: Autor

Os metais, ao solidificarem, sofrem uma contração do estado líquido para o sólido (expressa em % de volume), três contrações são verificadas:

- Contração líquida: correspondente ao abaixamento da temperatura até o início da solidificação;
- Contração de Solidificação: correspondente à variação de volume que ocorre durante a mudança do estado líquido para o sólido;

- **Contração Sólida:** correspondente à variação de volume que ocorre já no estado sólido, desde a temperatura de fim de solidificação até a temperatura ambiente.

A contração dá origem a uma heterogeneidade conhecida por vazio ou rechupe, ilustrada na figura 3.

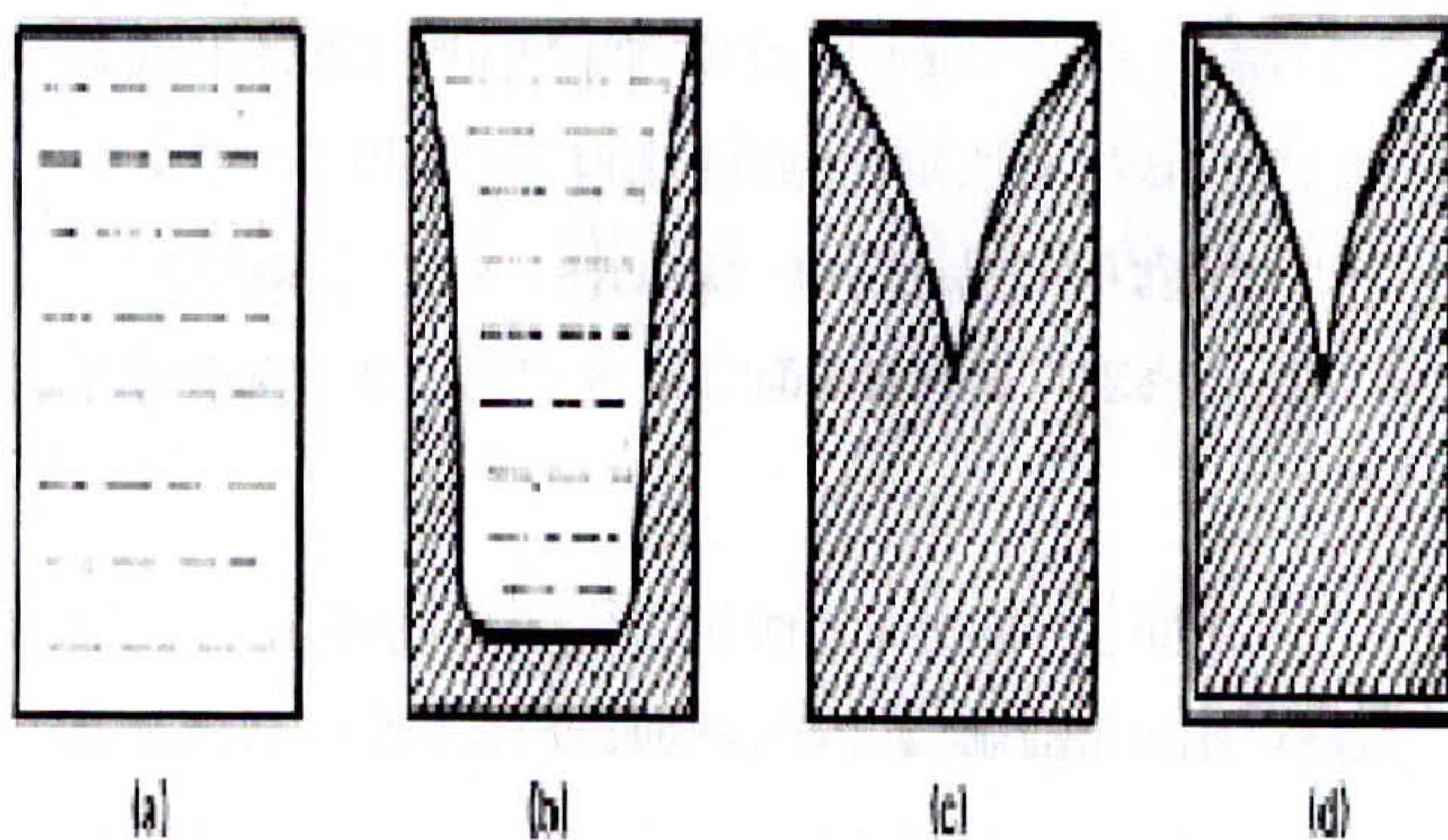


Figura 3: Contração
Fonte: Oliveira, 2009.

- (a) O metal inteiramente no estado líquido;
 (b) A solidificação tem início na periferia, onde a temperatura é mais baixa e caminha em direção ao centro;
 (c) Fim da solidificação;
 (d) Contração sólida.

A tabela 1 demonstra a redução ou a expansão estimada durante a solidificação.

Metal	Varição de volume
Alumínio	-6
Zinco	-5,1
Ouro	-4,2
Cobre	-4,15
Magnésio	-4,1
Cádmio	-4
Ferro	-3
Estanho	-2,3
Gálio	3,2
Bismuto	3,35
Germânio	5

Tabela 1: Expansão estimada durante a solidificação.

Fonte: Oliveira, 2009.

Logo abaixo algumas formas de compensar as conseqüências da contração:

- Super dimensionamento, segundo a contração linear do material;
- O projeto adequado das peças e o uso de machos altamente colapsíveis eliminam as trincas a quente;
- O projeto adequado das peças e a técnica adequada de moldagem eliminam as tensões residuais (que podem também ser eliminadas por tratamento térmico posterior);
- Massalotes e solidificação direcionada evitam a formação de vazios de retração no interior da peça;
- Peças com seções variáveis - procurar iniciar com seções menores e terminar com as maiores (maior capacidade térmica).

2.6 – Tempo de solidificação

O tempo de solidificação da peça no molde é função do volume do fundido e da sua área superficial e é dado por:

$$T = C \cdot \left(\frac{\text{Volume}}{\text{Área sup.}} \right)^2 \quad (\text{Eq. 2})$$

- Onde C é uma constante que depende do molde, das propriedades do metal e da temperatura.

2.7 – Porosidades

As porosidades (ver figura 4) em peças fundidas decorrem essencialmente do teor de hidrogênio no alumínio líquido. Para melhor controle é necessário utilizar a unidade de degaseificação, conforme já citado.

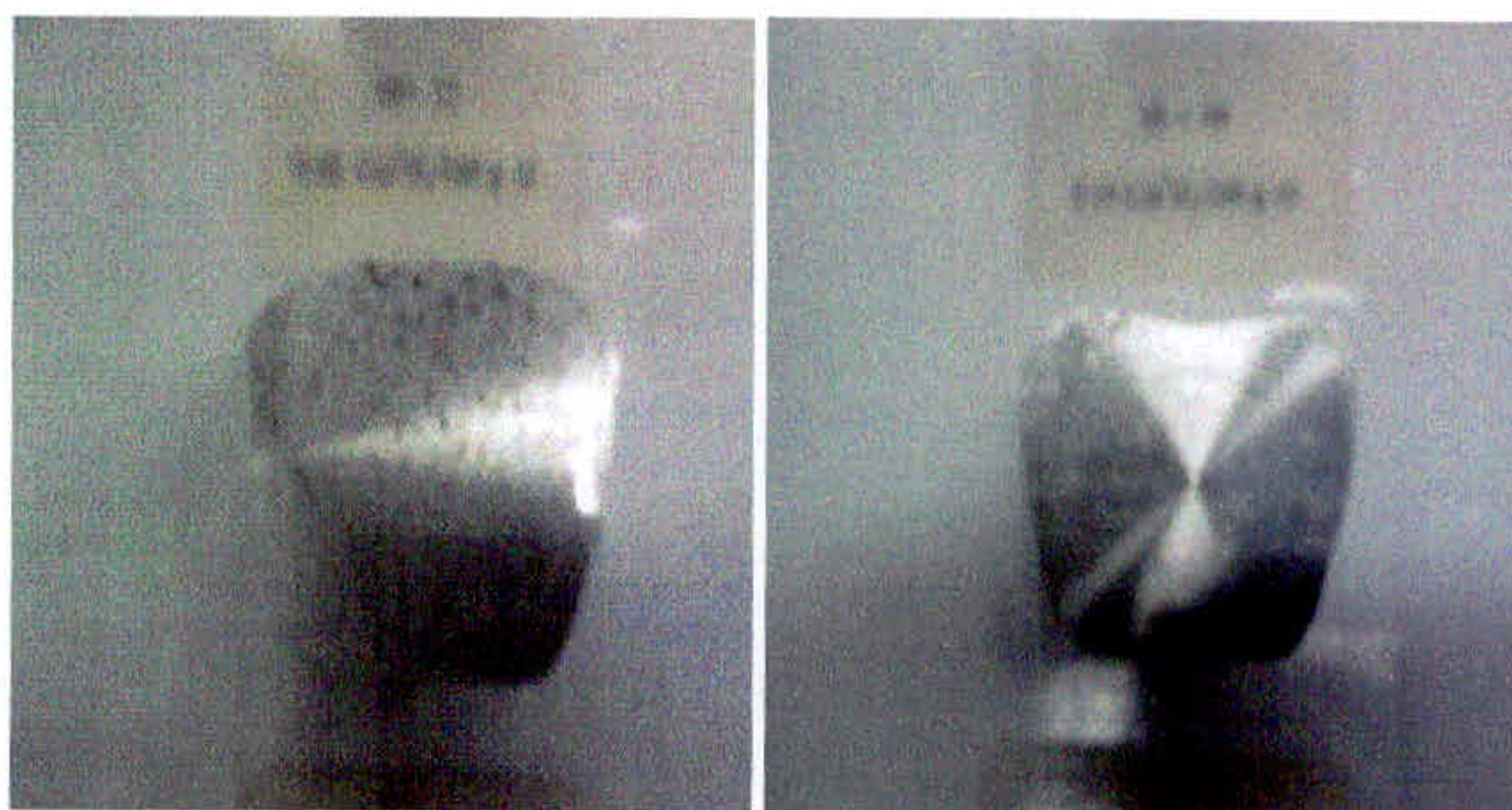


Figura 4: Porosidades
Fonte:Autor

3 - DESENVOLVIMENTO

3.1 – Obtenção da matéria-prima

**SISTEMA DE BIBLIOTECAS
FEPESMIG**

BIBLIOTECA MONSENHOR DOMINGOS PRADO FONSECA

A matéria-prima para o processo estudado é o alumínio. Este por sua vez possui duas classificações em relação ao percentual de silício, 7% e 11%. A matéria prima é obtida de três maneiras:

- 1ª) Compra de lingotes através dos fornecedores Alcoa e CBA (Companhia Brasileira de Alumínio), conforme figura 5.



Figura 5: Lingotes
Fonte: Autor

- 2ª) Compra de alumínio líquido da Alcoa (ver figura 6). O material é transportado em cadinhos (panelas) e descarregado diretamente no forno de fusão, há perda de temperatura (cerca de 80°C. O alumínio sai do fornecedor com temperatura de 800°C e chega com 720°C. O aquecimento é realizado com maçaricos.



Figura 6: Alumínio líquido
Fonte: Autor

- 3ª) Refusão de cavaco gerado na usinagem. Ao todo são dois fornos sendo que cada um possui capacidade para refundir 32.000 kg/dia.

3.2 – Forno de Fusão

Local onde ocorre a fusão do alumínio (ver figura 7), ou seja, ocorre a mudança do estado sólido para o estado líquido. A temperatura do forno fica em torno de 745°C. Neste processo há a adição de ante-ligas tais como: Silício, Titânio Boro e Magnésio.



Figura 7: Forno de Fusão
Fonte: Autor

3.3 – Desgaseificação

A unidade de desgaseificação, conforme demonstrado na figura 8, tem como função retirar o hidrogênio e partículas sólidas em suspensão do alumínio líquido através da aplicação de nitrogênio. Este processo é necessário para a diminuição de porosidades. O tempo em que o aparelho de desgaseificação gira é realizado de forma empírica, ou seja, não é realizado um cálculo prévio, hoje para liga 7% cada panela fica em torno de 10 minutos já a liga 11% 3 minutos.



Figura 8: Unidade de desgaseificação e panela com alumínio líquido.
Fonte: Autor

Após este processo ocorre o abastecimento da injetora. O alumínio é colocado no forno de espera (local de estudo) da injetora de baixa pressão.

3.4 – Injeção Sob Pressão

Consiste em forçar o metal líquido sob pressão a penetrar na cavidade do molde, chamada de matriz. Esta é metálica, portanto de natureza permanente e, assim pode ser usada inúmeras vezes.

Devido à pressão e a conseqüente alta velocidade de enchimento da cavidade do molde, o processo possibilita a fabricação de peças de formas bastante complexas e de paredes mais finas do que os outros processos.



Figura 9: Injetora
Fonte: Autor

A matriz (ver figura 10) é geralmente construída em duas partes, que são hermeticamente fechadas no momento do vazamento do metal líquido.

Ela pode ser utilizada fria ou aquecida à temperatura do metal líquido, o que exige materiais que suportem essas temperaturas.

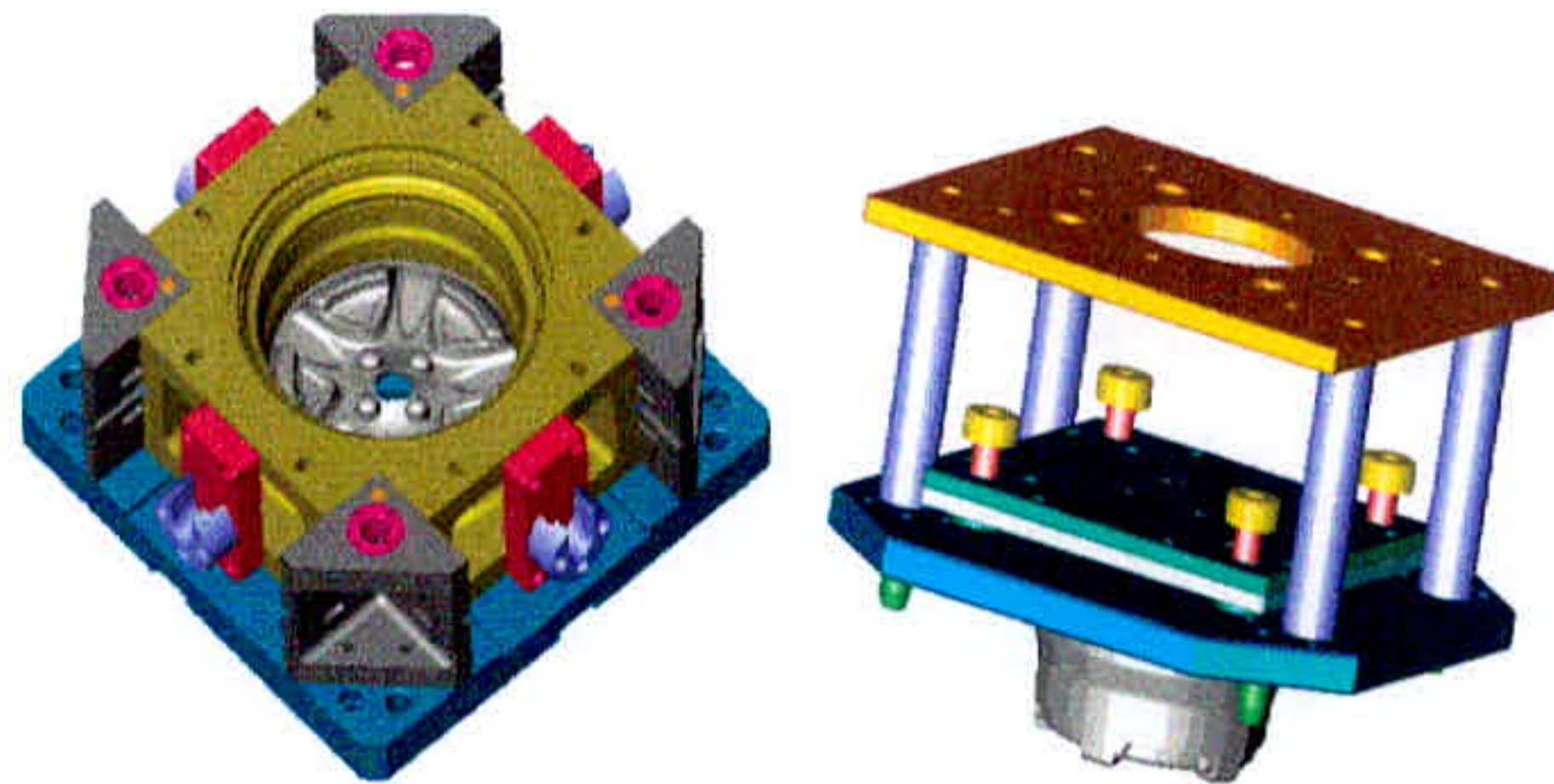


Figura 10: Matriz
Fonte: Empresa Mangels

O metal é bombeado na cavidade da matriz e a sua quantidade deve ser tal que, não só preencha inteiramente esta cavidade, como também os canais localizados em determinados pontos para evasão do ar. Esses canais são igualmente distribuídos para garantir o preenchimento completo das cavidades da matriz (TORRE, 1.975).

Assim, simultaneamente, produz-se alguma rebarba. Enquanto o metal solidifica, é mantida a pressão durante certo tempo, até que a solidificação se complete. A seguir, a matriz é aberta e a peça é expelida. Procede-se, então, a limpeza da matriz e a sua lubrificação. Fecha-se novamente e o ciclo é repetido.

Principais Vantagens (TORRE, 1.975):

- Produção de formas mais complexas do que no caso da fundição por gravidade;
- Produção de peças de paredes mais finas e tolerâncias dimensionais mais estreitas;
- Alta capacidade de produção;
- Produção de peças quase que acabadas;
- Utilização da mesma matriz para milhares de peças, sem variações significativas nas dimensões das peças produzidas;

- As peças fundidas sob pressão podem ser tratadas superficialmente por revestimentos superficiais, com um mínimo de preparo prévio da superfície;
- Algumas ligas, como a de Alumínio, apresentam maiores resistências do que se forem fundidas em areia.

Principais Desvantagens (TORRE, 1.975):

- Pode haver dificuldade de evasão do ar retido no interior da matriz dependendo dos contornos das cavidades e dos canais; o ar retido é a principal causa de porosidade nas peças fundidas;
- O equipamentos e os acessórios, são relativamente caros, de modo que o processo somente se torna econômico para grandes volumes de produção;

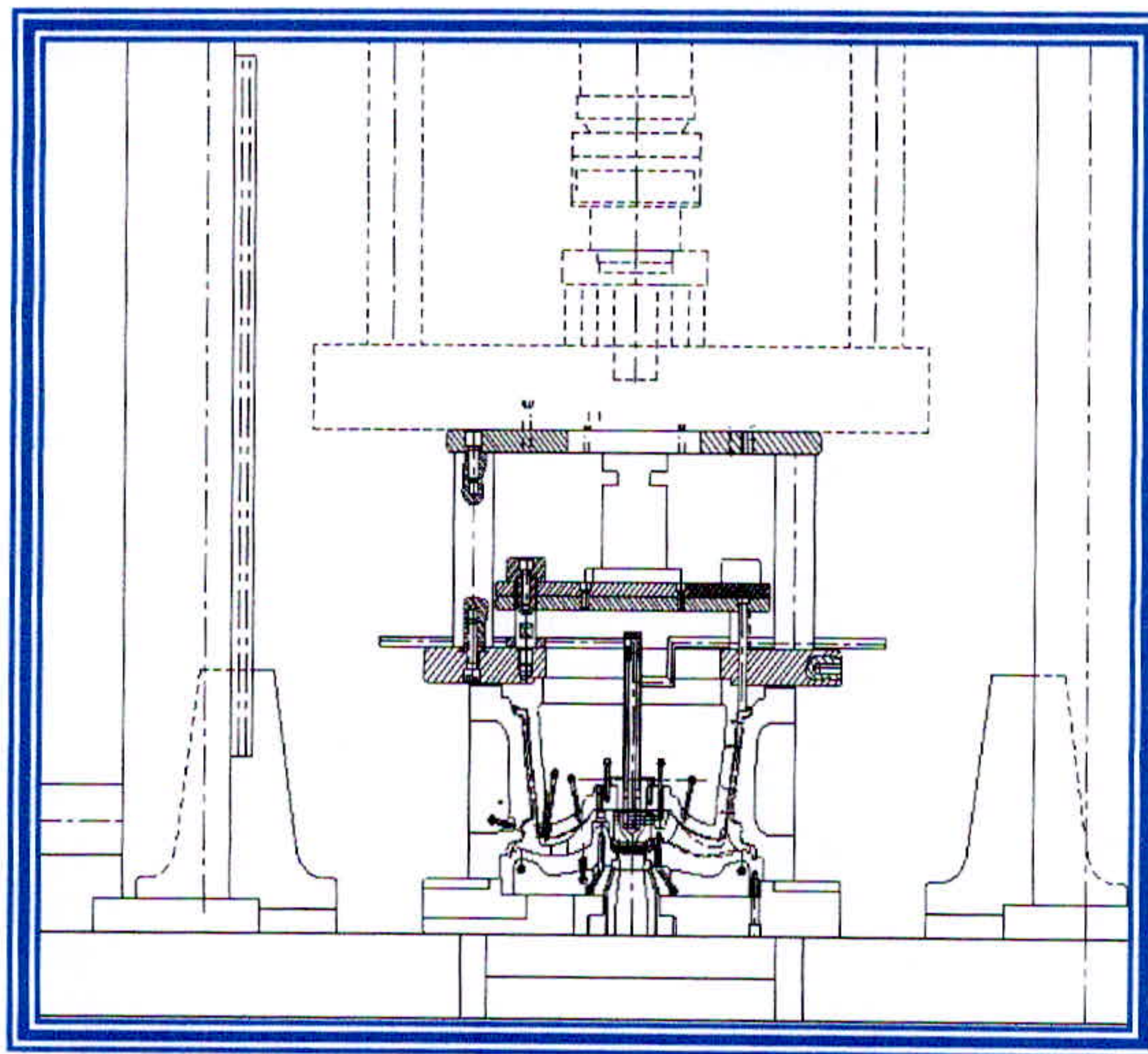


Figura 11: Injetora e matriz
Fonte: Empresa Mangels

De uma maneira bem simples podemos resumir o processo de fundição da seguinte maneira:

- Fusão do metal ou liga.
- Vazamento do metal em um molde
- Solidificação da peça.
- Remoção da peça do molde

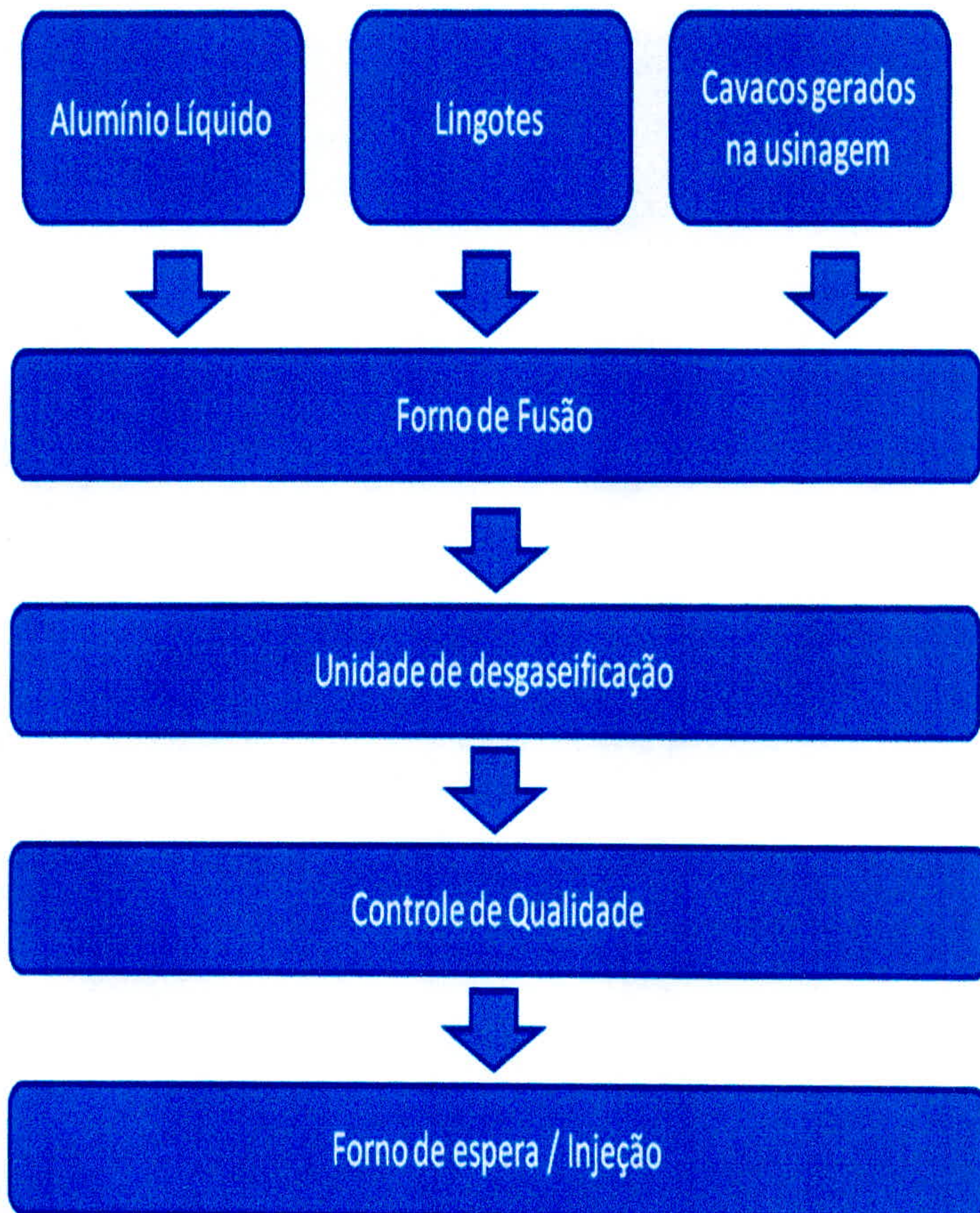


Figura 12: Fluxograma do processo de fabricação até a fundição
Fonte: Autor

3.5 – Processos pós Injeção

3.5.1 - Estampagem

Retirada do massalote (conhecido internamente como pirulito, conforme demonstrado na figura 14) através de prensas hidráulicas (ver figura 13).



Figura 13: Prensa
Fonte: Autor

Conforme figura abaixo podemos evidenciar a irregularidade da forma geométrica do pirulito salientando a sua importância devido ao fato do massalote ter também a ajudar na determinação total de detalhes.

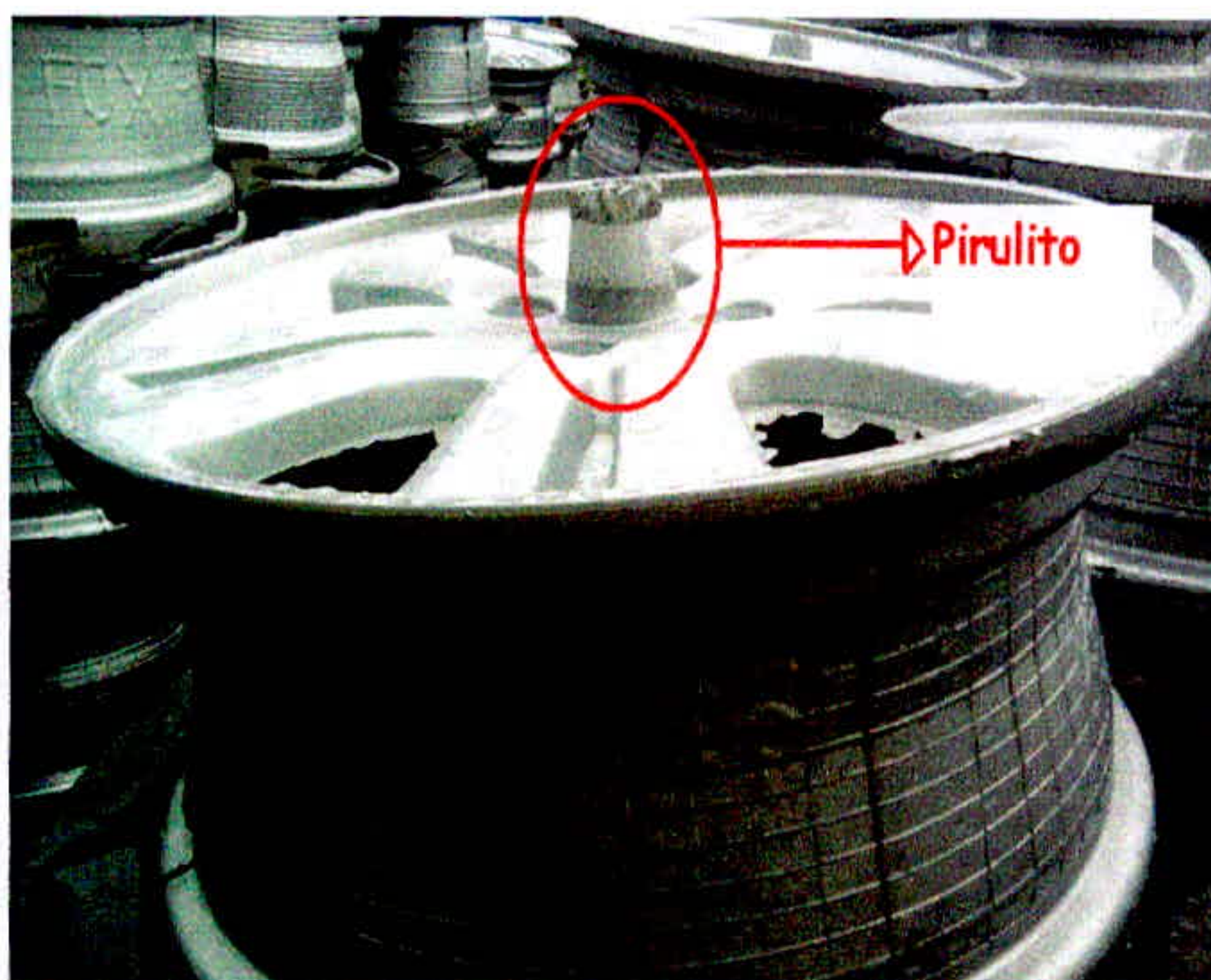


Figura 14: Roda com pirulito
Fonte: Autor

3.5.2 – Raio x

Processo onde ocorre a inspeção das rodas. Primeiramente é realizada a inspeção visual. Em seguida a roda é colocada no raio x, conforme figura 15. São inspecionadas três partes: cubo, tala e aleta. E são verificados três defeitos: bolha, porosidade e contração.



Figura 15: Raio x
Fonte: Autor

Para registro de informações é utilizado um software chamado Pc-Factory (figura 16). Nele são apontadas rodas aprovadas e rodas refugadas por número de ferramenta (este por sua vez fica na aleta e é “gravado” durante a solidificação).

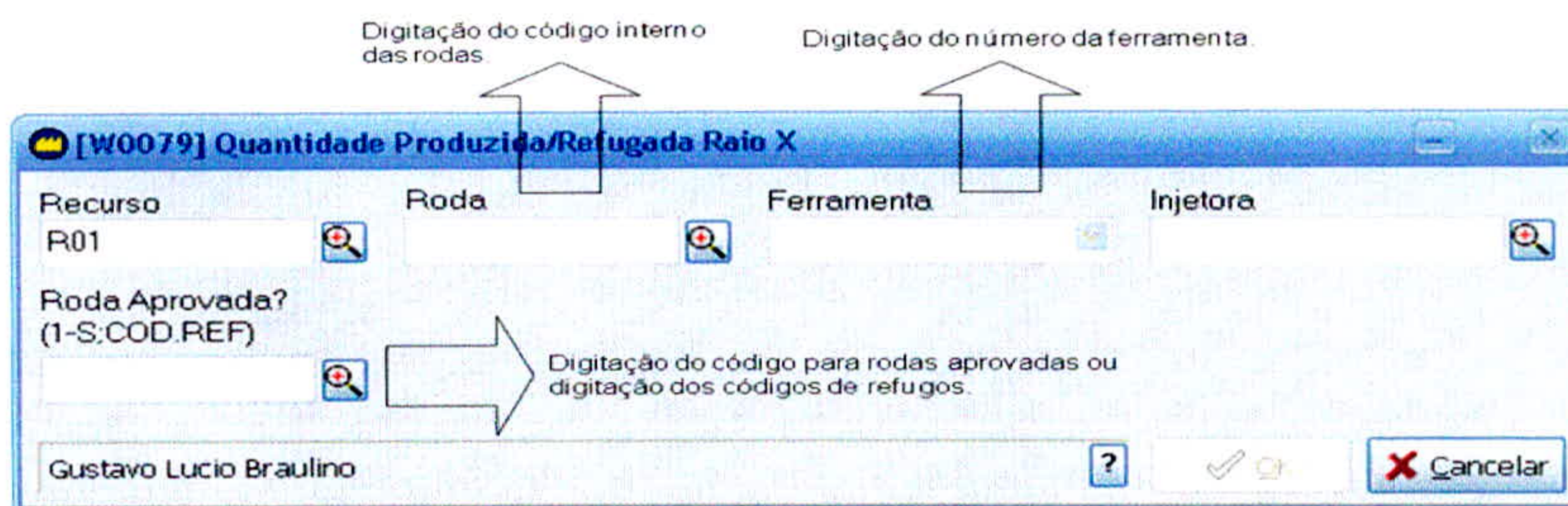


Figura 16: Sistema de apontamento do raio x
Fonte: Autor

3.6– Fluxograma Geral de fabricação

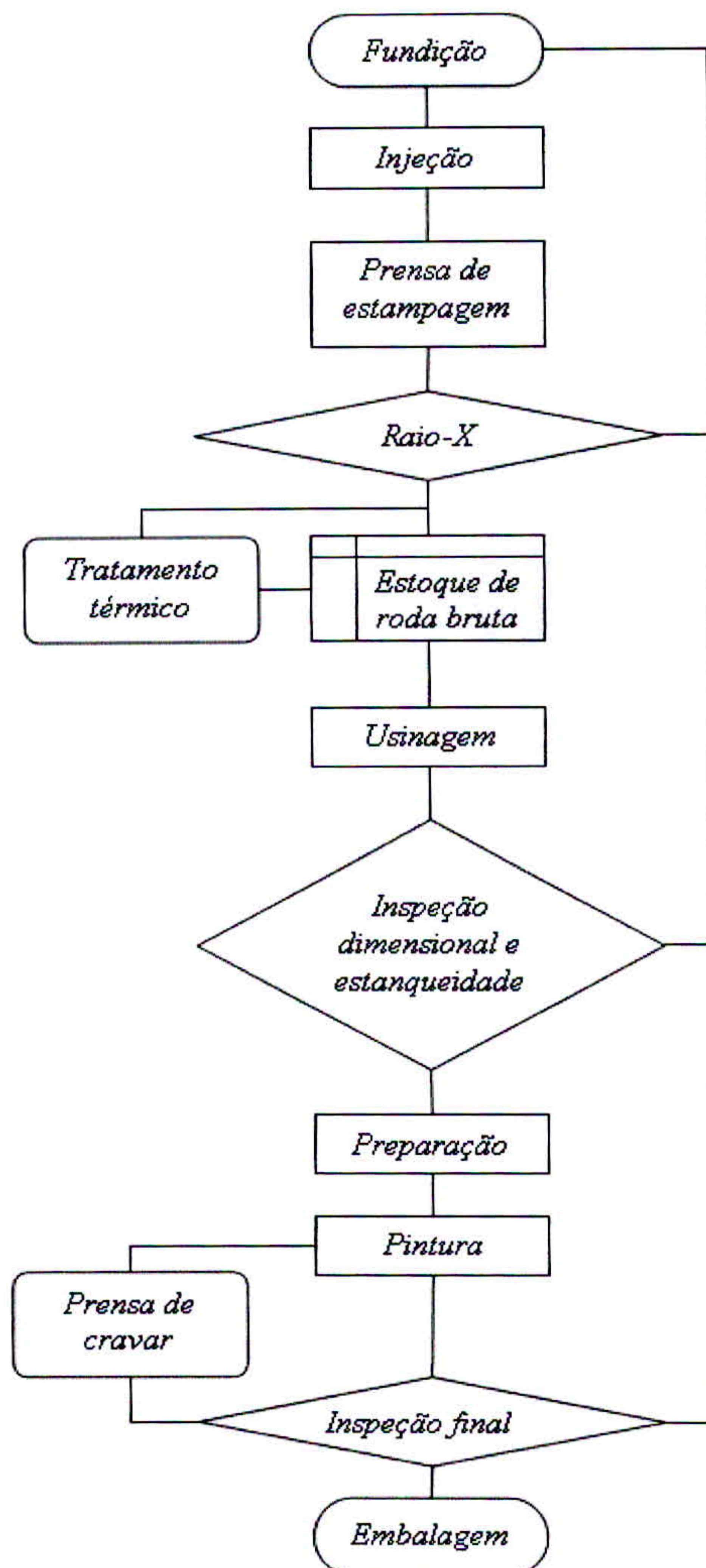


Figura 17: Fluxograma de fabricação
Fonte: Autor

3.7 – Materiais e Métodos

3.7.1 - Conhecendo a ferramenta Kaizen

O nascimento desta ferramenta segundo WOMACK, JONES E ROOS (1992), foi após a segunda guerra mundial a indústria asiática desenvolveu um conjunto de novas técnicas de manufatura que aumentaram sua competitividade global: trata-se das técnicas da produção enxuta.

A ferramenta Kaizen baseia-se em conscientizar as pessoas como responsáveis por suas atividades, desenvolvendo e refinando sua percepção a permanente melhoria dos processos produtivos, instigando-as a deixar de lado os paradigmas e até mesmo simplificando situações. A constante avaliação dos resultados, conhecimento de novas tecnologias, *know-how* (conhecimento processual, conhecimento de como executar alguma coisa) do produto e do processo produtivo são importantes itens que influenciam e potencializam o bom desempenho e sucesso desta ferramenta.

Na globalização, a concorrência entre empresas torna-se cada vez mais acirrada, forçando assim com que cada uma tenha suas especialidades cada vez mais refinadas, sempre estipulando menores prazos, velocidade, produtividade e qualidade. Desta realidade, fundamentando-se às técnicas de produção japonesas surgiu a filosofia da melhoria contínua, o Kaizen.

3.7.2 - Metodologia para análise e solução

O método PDCA (*Plan, Do, Check e Act* que significam neste contexto como planejar, fazer, verificar e padronizar) desenvolvido na década de 30 pelo americano Shewart e divulgado por Deming ficou mundialmente conhecido ao ser aplicado nos conceitos de qualidade japoneses, segundo Ishikawa, o PDCA (ver figura 18) constitui a essência do controle da qualidade e pode ser utilizado tanto para resolução de problemas como para aplicação de melhorias contínuas nos diversos segmentos da empresa.

Dentro da técnica Kaizen surgiu esta metodologia que veio a facilitar e planificar o sistema de melhoria contínua. Esta sigla significa quatro coisas básicas (SLACK, 2002):



Figura 18: Ciclo PDCA

- **Plan (Planejar):** Antes de realizar a melhoria deve-se planificar e planejar as mudanças, analisar e coletar os dados.
- **Do (Fazer):** Implementar o processo de melhoria.
- **Check (Verificar):** Verificar se os processos implementados realmente surtiram o efeito esperado, deve-se então realizar um check dos resultados.
- **Act (Padronizar):** Padronizar o processo novo (desde que tenha sido verificada a melhoria) e garantir a conservação do conhecimento adquirido.

4 – ANÁLISES E RESULTADOS

A melhoria apresentada desenvolveu-se na Mangels, na planta de Três Corações, Divisão Rodas, setor Fundição. Cada vez mais as empresas se preocupam em desenvolver-se, em produzir mais com custos menores e com uma melhor qualidade. A Mangels não é diferente e buscando cada vez mais inovações para que possa crescer cada

vez mais. Com esta metodologia ela vem incentivando novos projetos e novas melhorias nos setores.

Com o raciocínio apresentado acima juntamente com as filosofias do Kaizen foi realizado um levantamento para tentar melhorar itens críticos no setor de fundição já que este setor é muito importante devido ao fato de ser o local onde o produto nasce e também por possuir dois clientes internos usinagem e acabamento.

Conforme histórico de refugos (ver figura 19) foi constatado que o maior percentual de refugos gerados na fábrica (refugo geral da fábrica gira em torno de 10%) é por motivos de fundição e os altos índices de retrabalhos no acabamento em determinadas rodas também é por motivo de fundição.

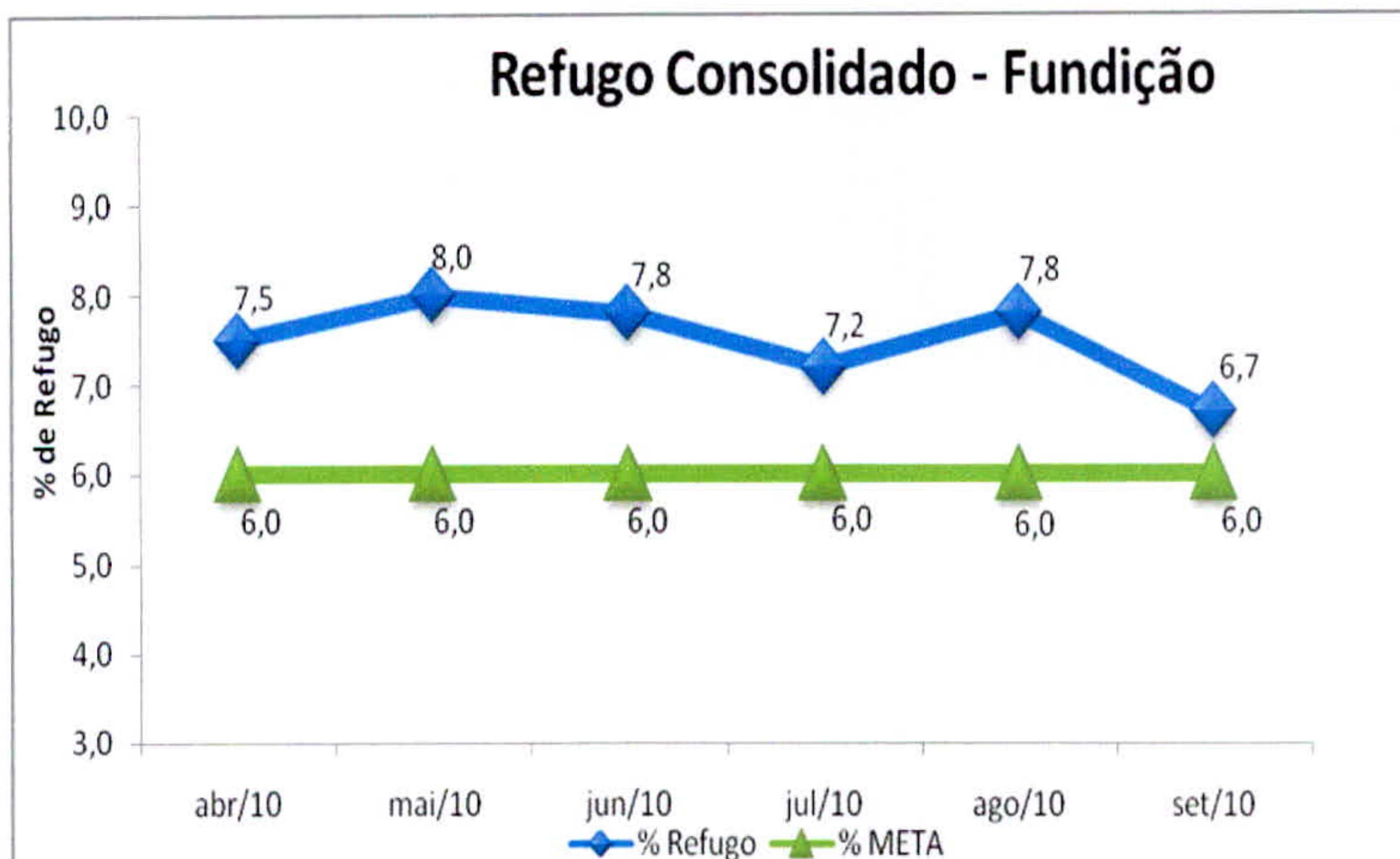


Figura 19: Refugo de fundição consolidado

Fonte: Autor

Através do *Gemba Walk*, que seria andar pela fábrica realizando auditorias, foi verificado que durante o processo de injeção a gaxeta do forno de espera se queimava, conforme demonstrado na figura 20, devido a três fatores: alta temperatura do forno de espera, problemas durante o abastecimento e corte errado da gaxeta. Com isso o operador tem que trocar a gaxeta, causando perdas de temperatura, afetando: a temperatura de vazamento, a fluidez e consequentemente causando contração, rechupes (falta de metal).



Figura 20: Gaxeta durante processo
Fonte: Autor

Com a queima da gaxeta ocorre a troca de temperatura entre o forno de espera e o ambiente. Para evitar este problema teríamos duas soluções: abaixar a temperatura do forno que seria inviável ou trocar o material da gaxeta. Para corrigirmos estes impecílios foi implementado um novo tipo de gaxeta e uma manta cerâmica (isolante térmico) tendo como objetivo a redução em 50% do valor gasto atualmente.

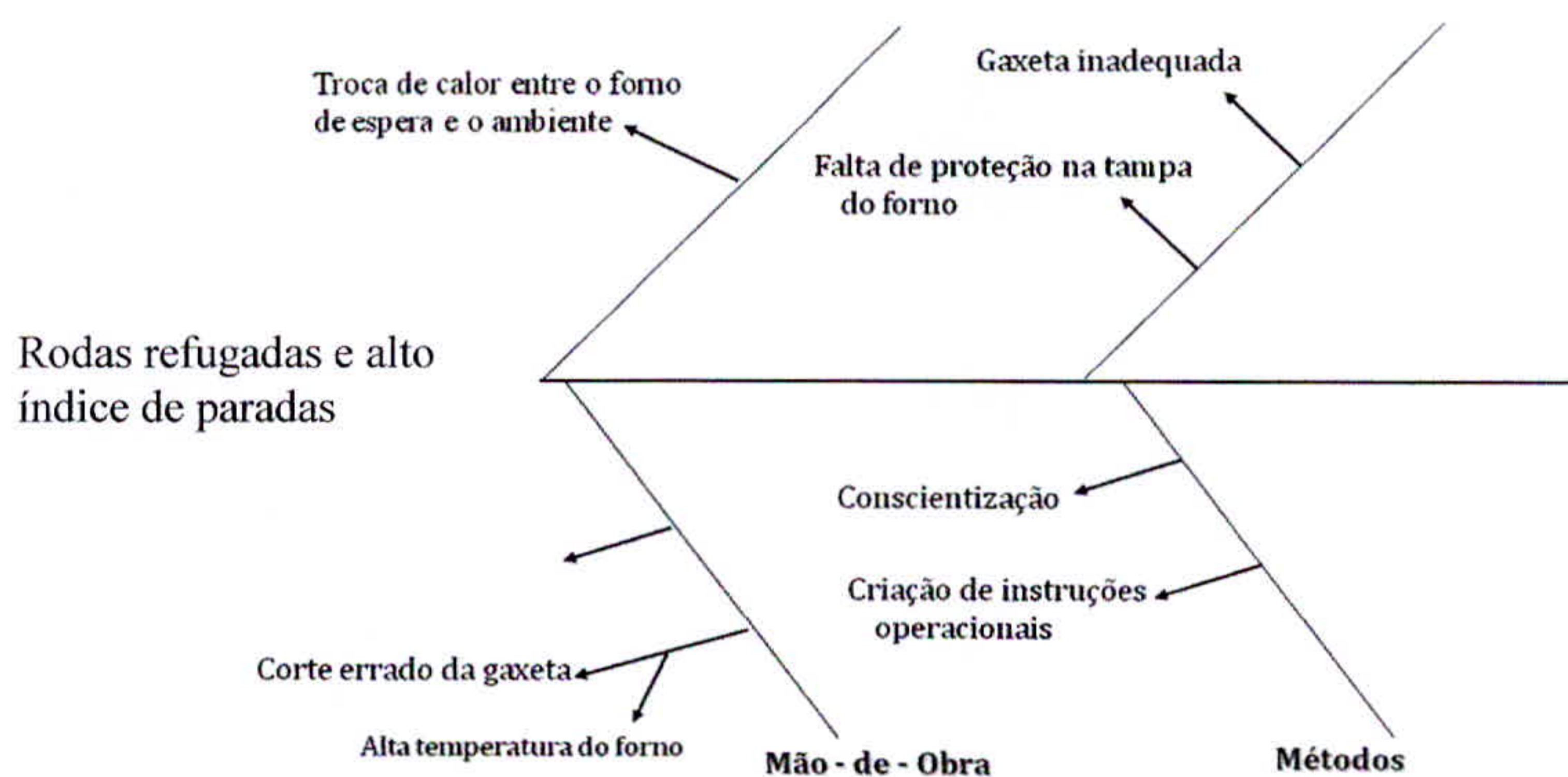
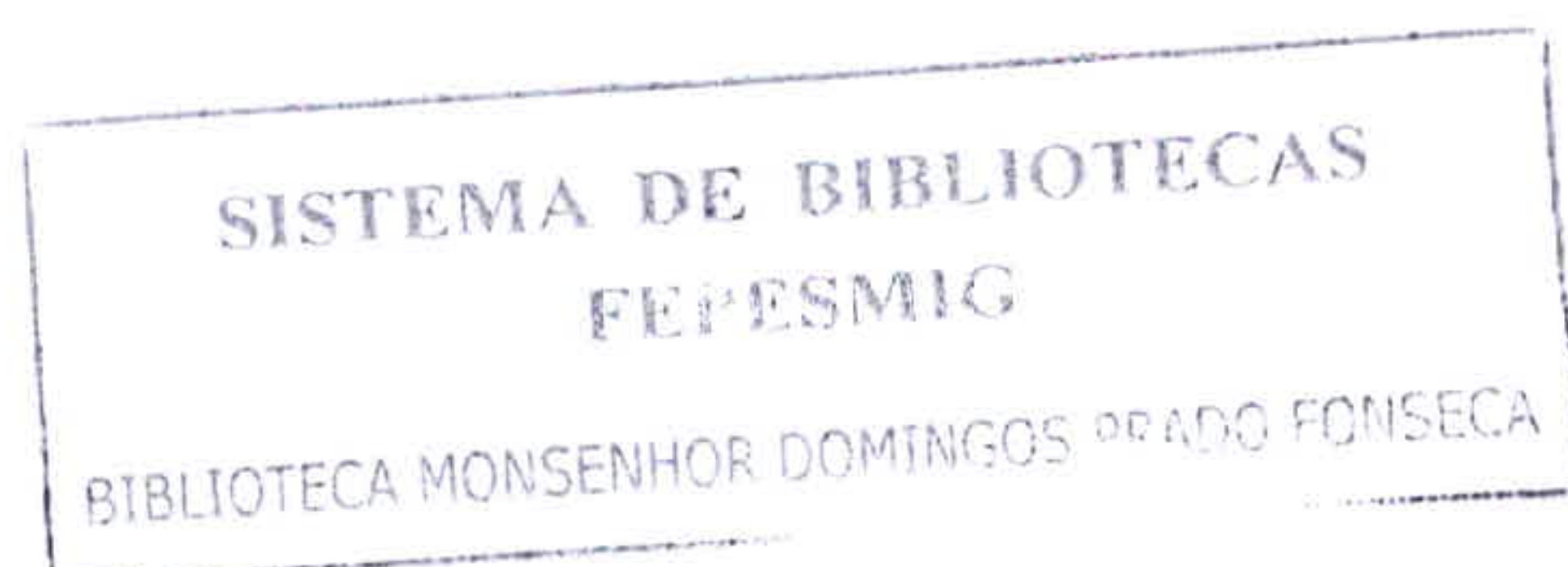


Figura 21: Diagrama de Ishikawa
Fonte: Autor



Para evitarmos o corte errado da gaxeta teria que ser colocado um isolante térmico, no caso do trabalho, o item escolhido foi a manta cerâmica, pois, a alta temperatura prejudica a realização correta da tarefa. As tabelas 2 e 3 mostram as propriedades do material citado acima.

PROPRIEDADES FÍSICAS	
Cor	Branca
Densidade (kg/m ³)	64-160
Espessura (mm)	38
Temperatura máxima de utilização	1.315 °C
Temperatura de Classificação	1.426 °C
Ponto de Fusão	1.760 °C
Diâmetro das Fibras (µm, médio)	4
Comprimento das Fibras (cm, médio)	10-25

Tabela 2: Propriedades físicas
Fonte: Termocom

PROPRIEDADES TÉRMICAS				
Temp. de trabalho (K)	Densidade (Kg/m ³)			
	64	96	128	160
	Condutibilidade térmica (W/m.K)			
533	0,08	0,07	0,06	0,06
811	0,19	0,15	0,13	0,1
1.089	0,35	0,27	0,23	0,17
1.255	0,45	0,35	0,3	0,21

Tabela 3: Propriedades térmicas
Fonte: Termocom

Para os testes na fábrica foi escolhida a manta cerâmica de densidade 160 kg/m^3 , pois, sua condutibilidade térmica é menor para todas as temperaturas de trabalho. O segundo item a ser implementado seria uma nova gaxeta.

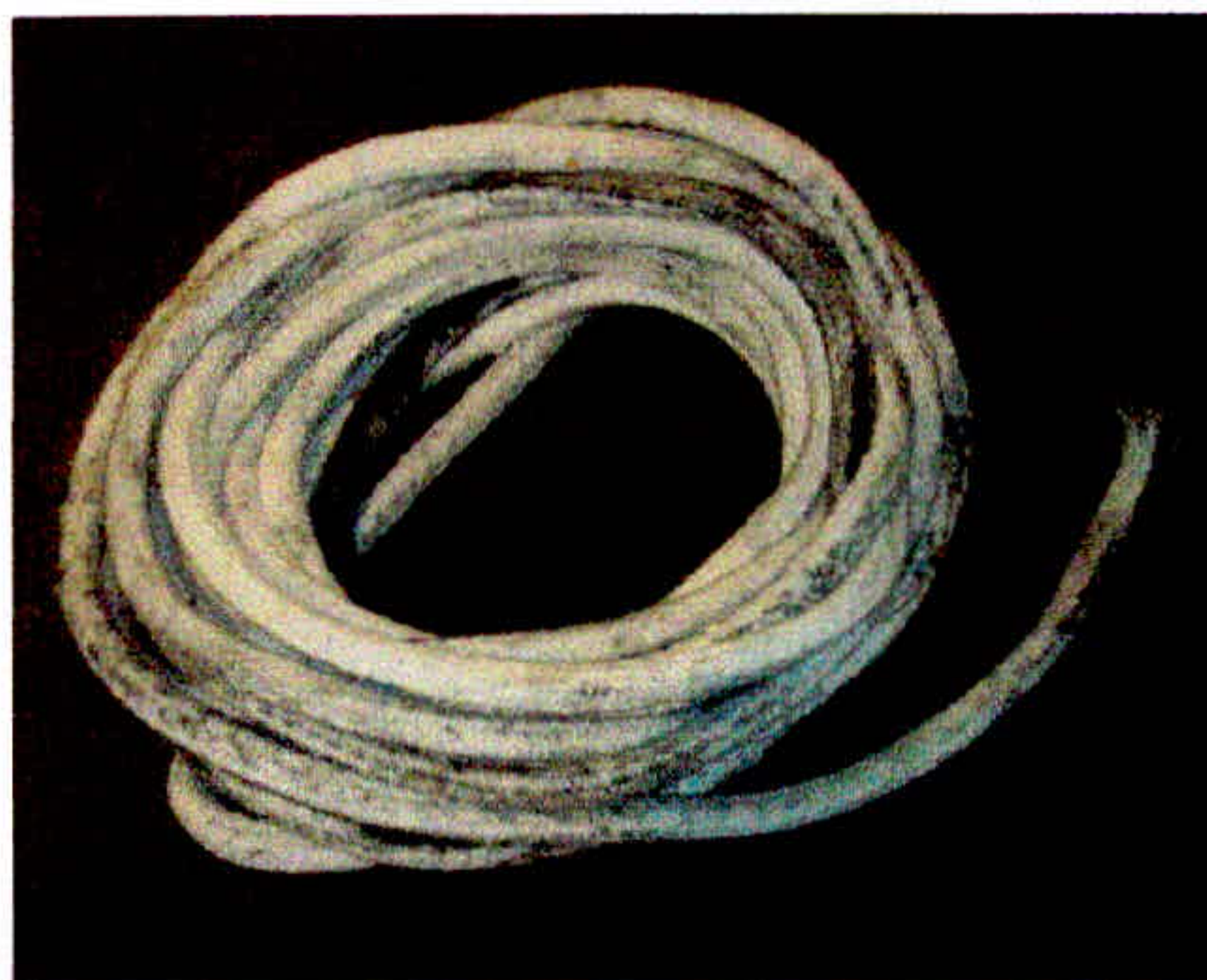


Figura 22: Gaxeta com padrão antigo
Fonte: Autor

Conforme levantamentos realizados diariamente cada colaborador gasta em média 3 minutos para trocar cada gaxeta. São necessárias duas trocas por dia. Ao todo são 43 máquinas, ou seja, por dia ocorre uma perda de 258 minutos. Os testes empíricos realizados demonstram que para cada gaxeta trocada é refugada uma roda, total de 86 rodas/dia. A primeira gaxeta possuía especificação para suportar 680°C . É fornecido com embalagem padrão de 5 kg sendo que cada quilo custa R\$ 74,28.

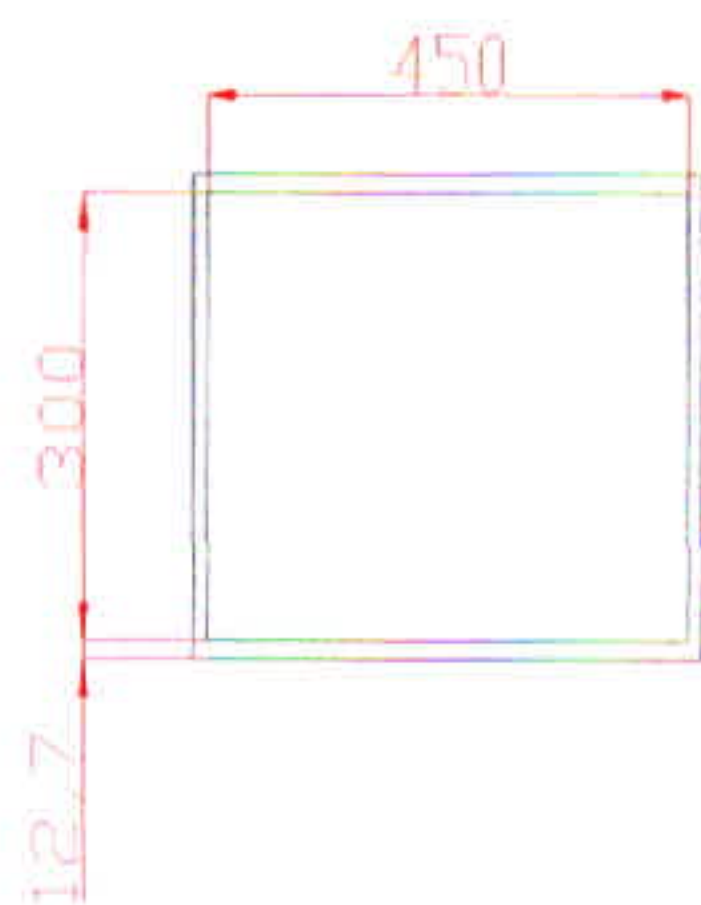


Figura 23: Bocal de atuação da gaxeta
Fonte: Autor

Como foi mostrado na figura 23 calculando o perímetro.são gastos com cada troca 1,55 m, o equivalente a 450 gramas de gaxeta, ou seja, por troca R\$ 33,43

$$\text{Total de gastos / dia} = (K.Q.M) \Rightarrow TGD = (33,43 * 2 * 43) = R\$2.875,98 \text{ (Eq. III)}$$

Onde:

- K = Valor em reais por troca
- Q= Quantidade de trocas por máquina / dia
- M = Total de máquinas

Considerando 25 dias trabalhados no mês há um gasto de R\$ 71.899,00. A meta seria redução de 50% do valor, ou seja, R\$ 35.949,00 (ver figura 24).

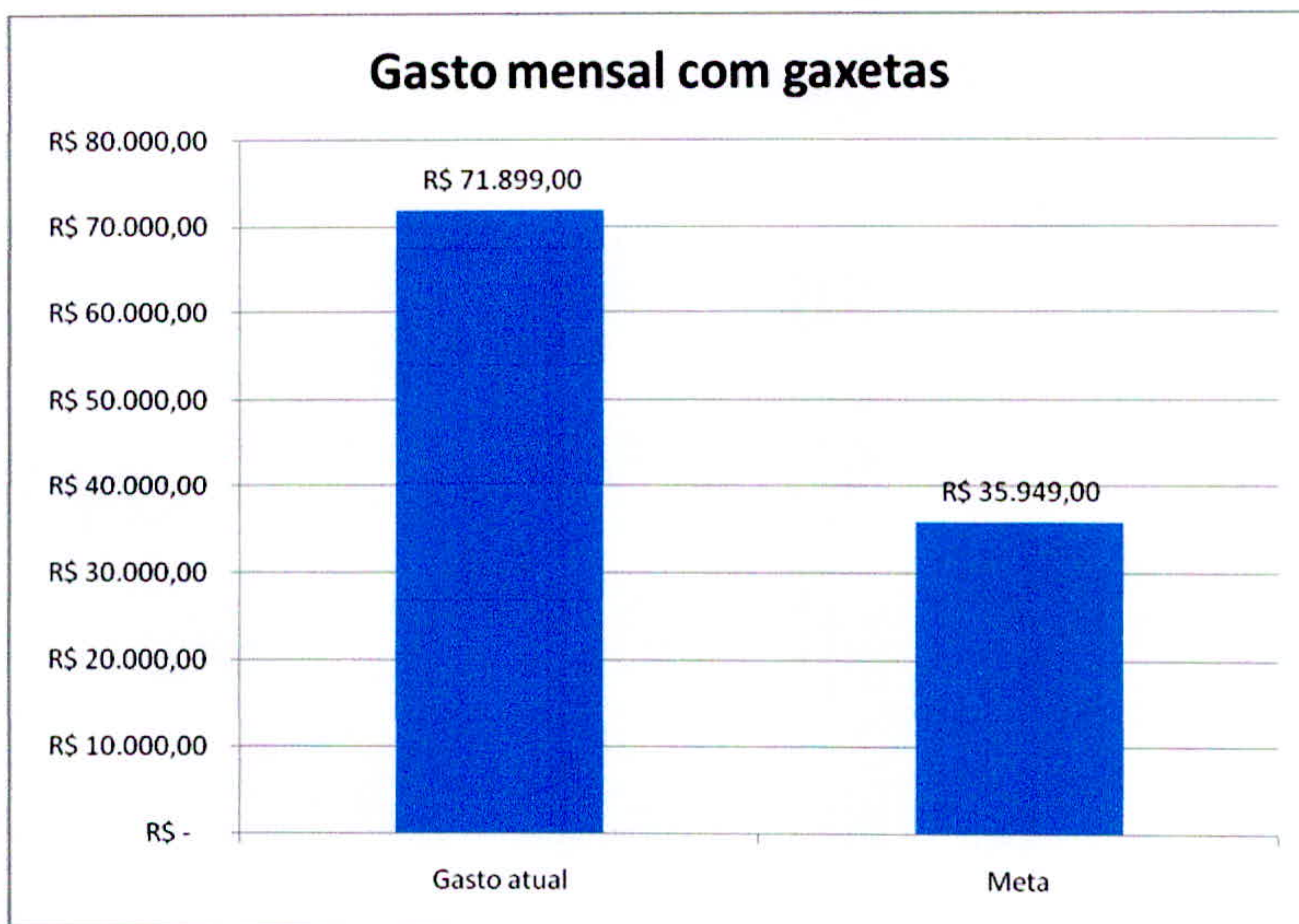


Figura 24: Gasto mensal com gaxetas

Fonte: Autor

Já a segunda, conforme especificação fornecida pelo fabricante Fibertex (ver tabela 4), possui temperatura de aplicação para 900°C. Embalagem de padrão também de 5 kg. Cada quilo custa R\$ 61,30. A espessura da gaxeta também é de ½". É usado 1,55 m para cada troca, o equivalente 600 gramas, ou seja, R\$ 36,78 para cada troca.

Tipo de gaxeta	Acabamento	Temperatura de aplicação	Aplicação
Aramida	Seca	400°C	Vedação, pressão e isolamento
Fibra cerâmica	Grafite seca	900°C	Isolante térmico e elétrico

Tabela 4: Catálogo de gaxetas

Fonte: Fibertex



Figura 25: Gaxeta com novo padrão

Fonte: Autor

Para a manta cerâmica a aplicação, ou seja, o ato de colocar foi considerado de fácil, ou seja, aprovada. E a sensação térmica foi diminuída, mas, para cada abastecimento que ocorre na injetora o material deveria ser trocado gerando utilização de mão-de-obra fora do comum, atrasando outras operações e custo acima da meta, portanto, a utilização deste produto torna-se **inviável**.

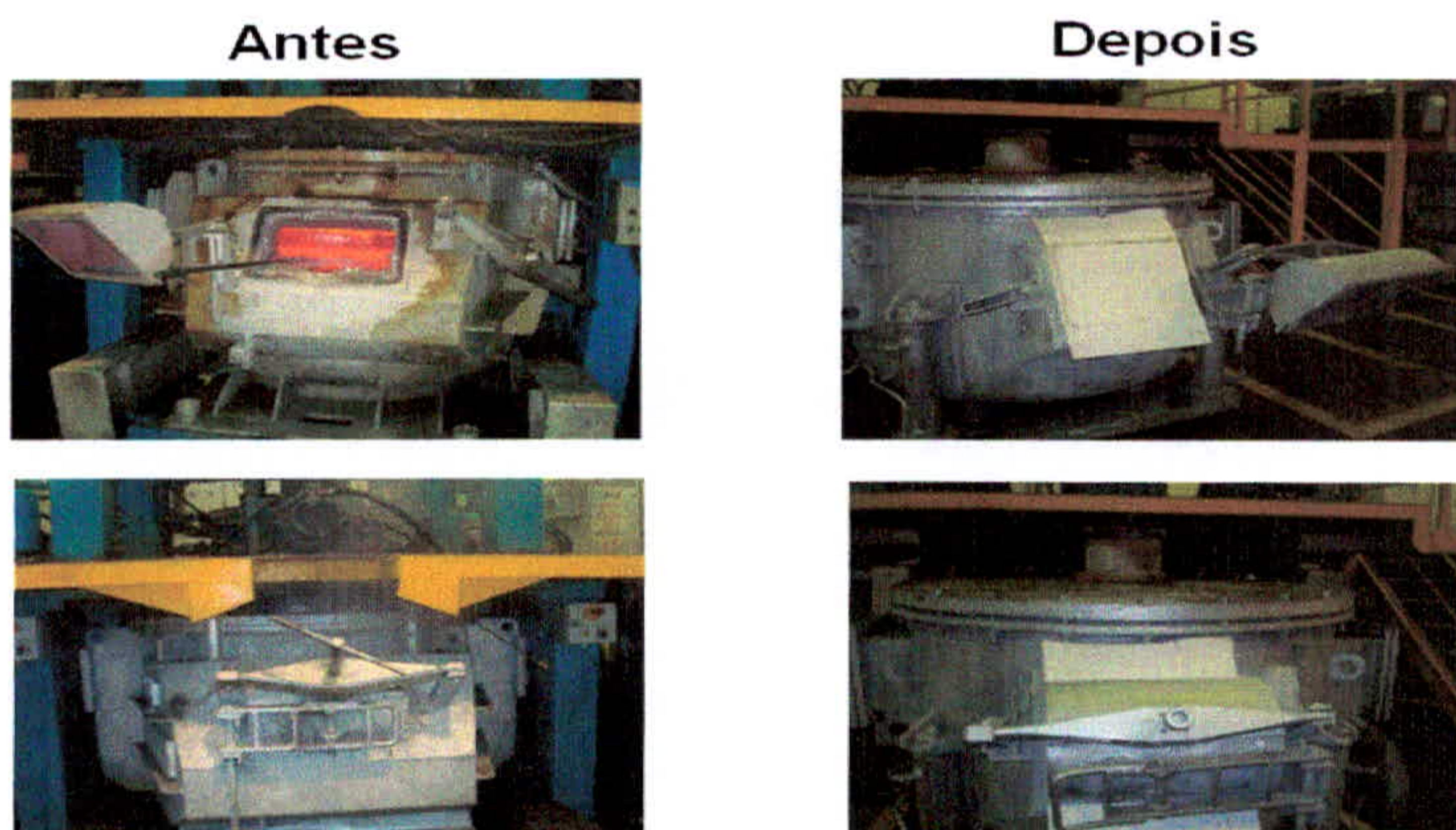


Figura 26: Comparativo antes x depois da manta cerâmica
Fonte: Autor

Em relação à colocação e corte das gaxetas os dois materiais possuem o mesmo grau de dificuldade. Já a diferença entre o número de trocas foi considerado exorbitante. Foi realizado teste durante um mês com duas máquinas. Aqui denominada de máquina 1 para a gaxeta já utilizada e máquina 2 para o novo material proposto. O material da máquina 1, duas trocas diárias. Para a gaxeta da máquina 2 apenas uma troca durante um mês, essa troca foi planejada, ou seja, ocorreu em um domingo onde o forno de espera estava frio não ocasionando cortes errados. Na figura 27 há um comparativo.

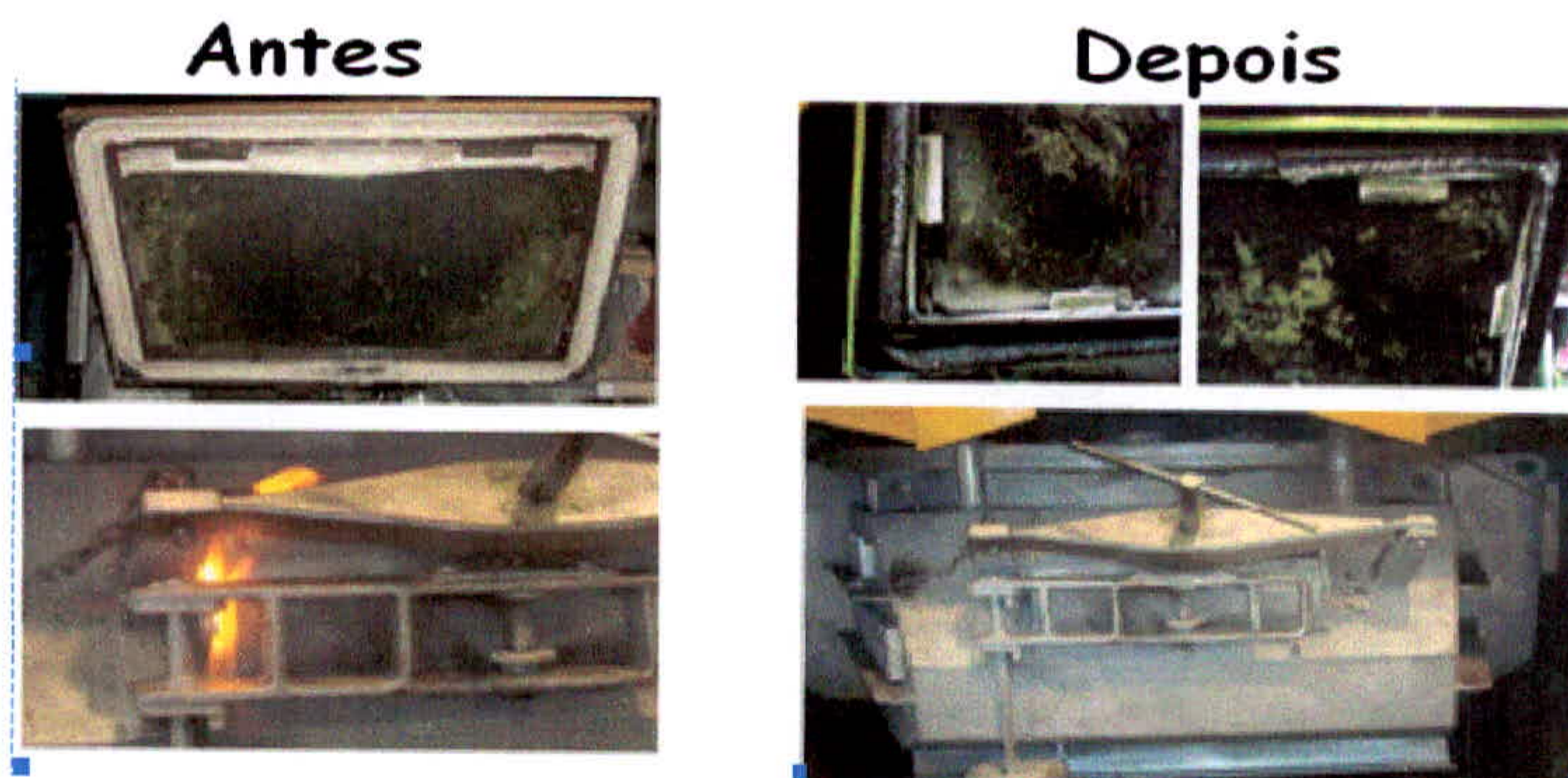


Figura 27: Comparativo antes x depois das gaxetas
Fonte: Autor

Realizando um comparativo entre antes x depois, conforme tabela 5, há:

COMPARATIVO ANTES X DEPOIS				
	Antes	Depois	Diferença	OBS.:
Custo por troca	R\$ 33,43	R\$ 36,78	(R\$ 3,35)	
Custo em um mês (25 dias)	R\$ 71.899,00	R\$ 1.581,54	R\$ 70.317,46	Redução de 97,8%
Custo em um ano	R\$ 862.788,00	R\$ 18.978,48	R\$ 843.809,52	
Total de trocas no mês	111	43	68	
Rodas refugadas no mês	2.150	0	2.150	

Tabela 5: Comparativo antes x depois custos

Fonte: Autor

As rodas refugadas para o item “depois” como zero devido ao fato da troca ocorrer em um dia onde as injetoras não estão trabalhando, ou seja, parada programada.

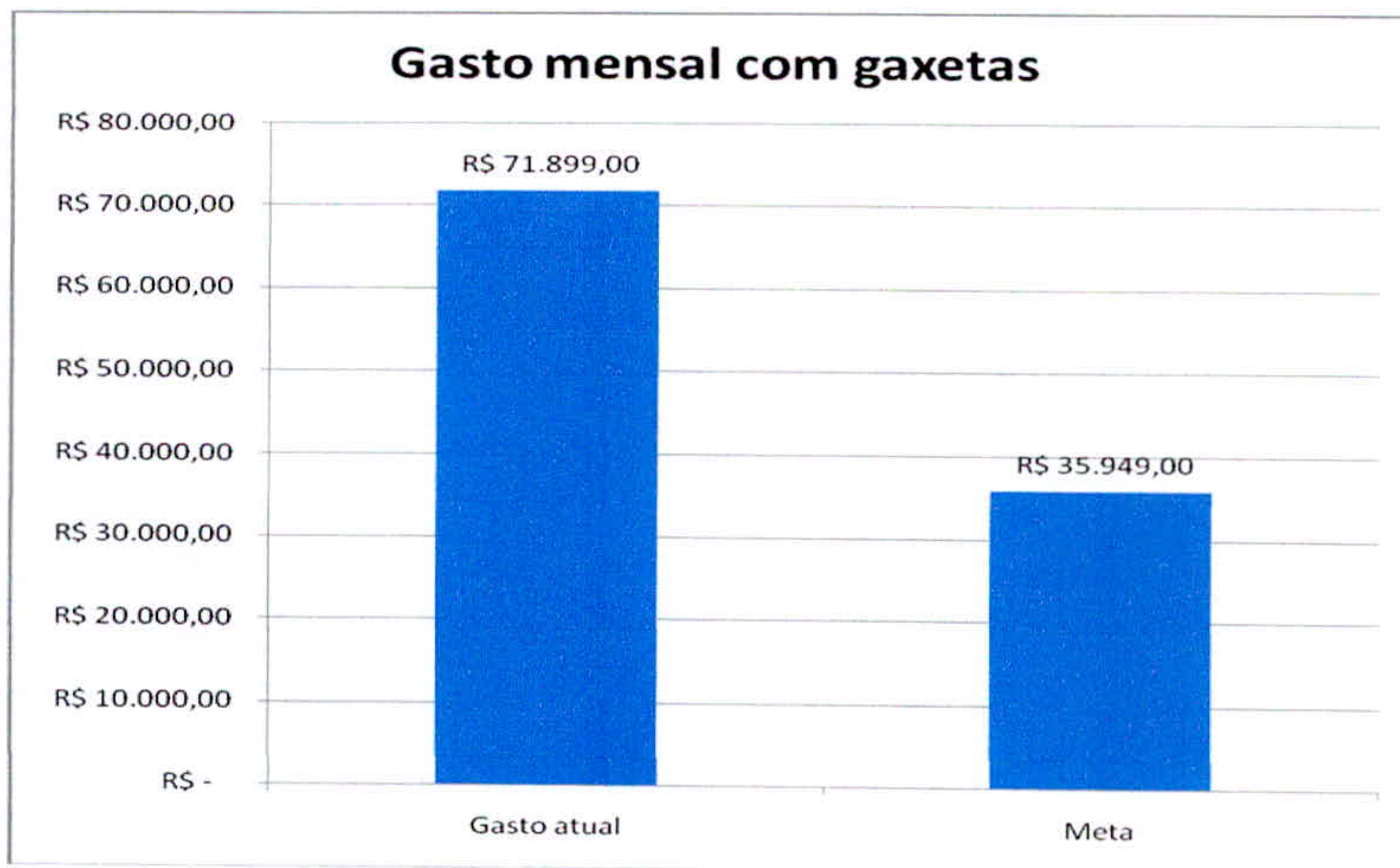


Figura 28: Gasto mensal com gaxetas

Fonte: Autor

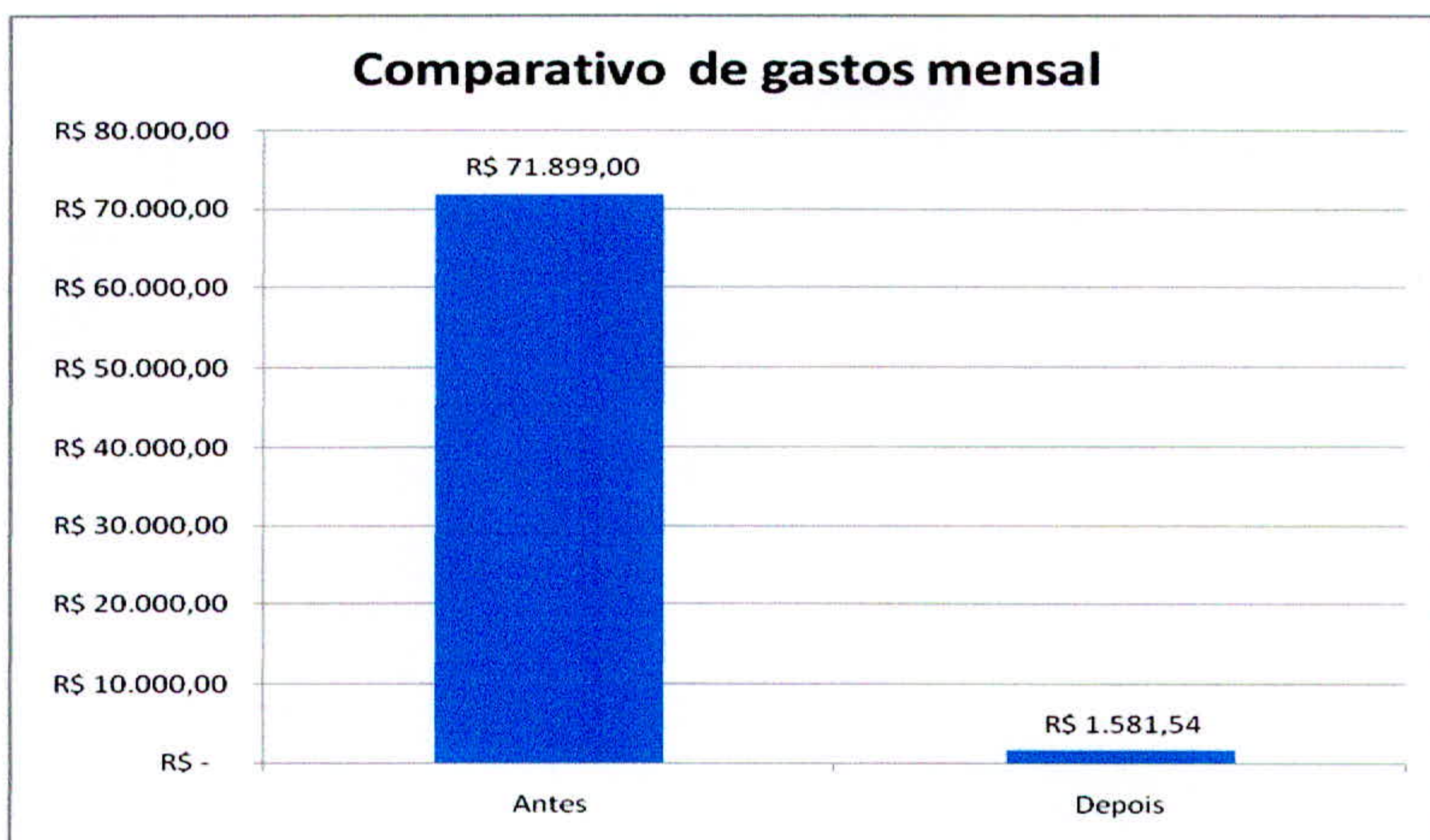


Figura 29: Comparativo de gastos mensal

Fonte: Autor

Conforme figura 30 foi constatado redução no percentual de refugo de raio x. Lembrando apenas que redução se deve também a outros fatores, não somente devido a trocas das gaxetas.

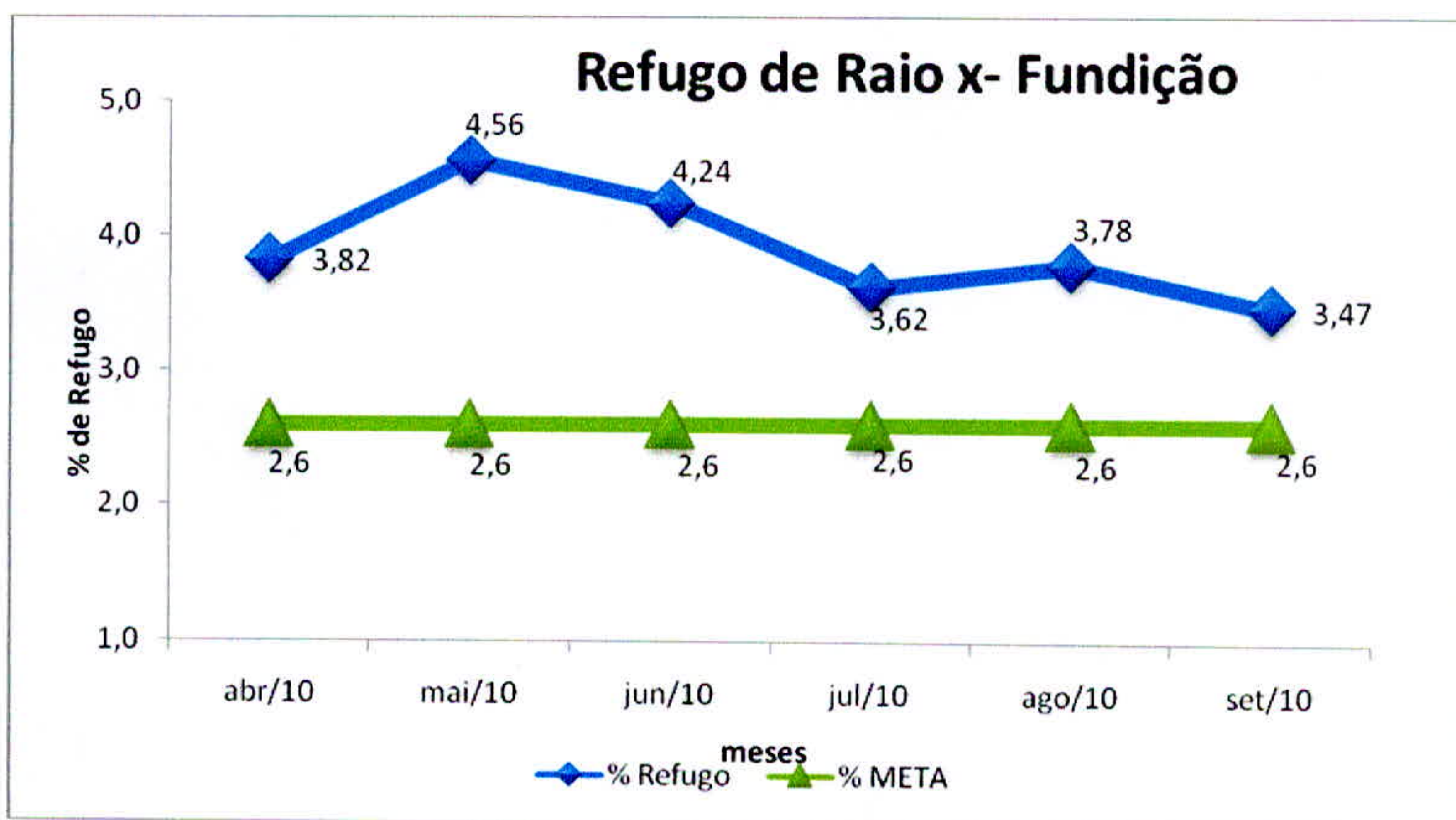


Figura 30: Refugo de raio x

Fonte: Autor

Houve outros benefícios tais como: redução no tempo de parada de 258 minutos / dia para zero, ocasionando um ganho de aproximadamente 51 rodas / dia.

No gráfico 31 foi constatado aumento na produtividade das injetoras 259 rodas para 271. Apenas lembrando que este aumento não foi alcançado apenas com este trabalho. Foi colocado em prática o sistema de refrigeração a água que traz também grandes benefícios.

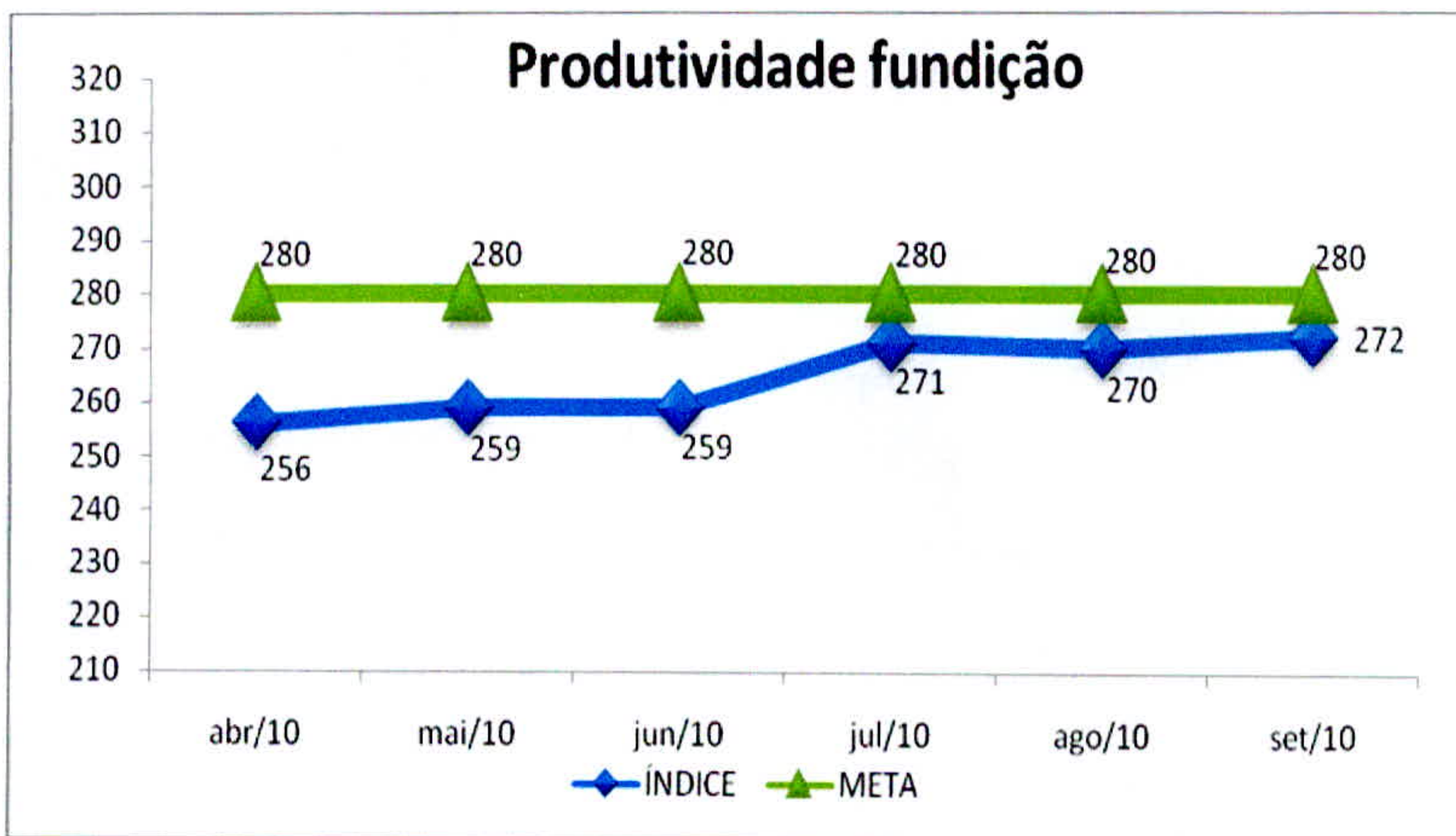


Figura 31: Produtividade Fundição
Fonte: Autor

CONCLUSÃO

Neste trabalho foi realizado uma modificação no processo de vedação dos fornos de espera das injetoras em uma empresa de rodas tendo como objetivos específicos reduzir o *down time*, reduzir os índices de refugo, diminuir os custos e melhorar a produtividade. A vedação é de suma importância, pois, sem a gaxeta correta ocorre troca de temperatura entre o forno de espera e o ambiente afetando os parâmetros de solidificação, tais como: temperatura de vazamento e a fluidez.

Os resultados foram satisfatórios, pois, o custo mensal antes da implementação do novo produto era de R\$ 71.899,00 e após a utilização da nova gaxeta caiu para R\$ 1.581,54, ou seja, redução de 97,8%, considerando as condições ideais de utilização. O que seriam as condições ideais? Nenhum erro do empilhador durante o abastecimento. Em algumas ocasiões ocorre a queima da gaxeta, pois, o colaborador se aproxima demais do forno de espera derrubando alumínio líquido.

Houve também outros ganhos tais como redução do tempo de parada das máquinas de 258 minutos para zero resultando em um ganho de 51 rodas produzidas por dia, ou seja, rodas aprovadas mais refugos sejam eles quente, visual ou de raio x. O refugo de raio x caiu 0,62% no período de junho a julho de 2010. A produtividade aumentou neste mesmo período de 259 rodas para 271.

O processo estudado foi de grande importância, pois, conseguimos melhorar os indicadores do setor de fundição e também aumentar o índice de satisfação dos clientes internos.

REFERÊNCIAS

CHIAVERINI, V. **Tecnologia Mecânica** : Processos de fabricação e tratamento. 2. ed. São Paulo: Makron, 1986.

OHNO, A. **Solidificação dos Metais**. São Paulo. Livraria Ciência e Tecnologia Ltda.

OLIVEIRA, Fabiano Farias de. **Processo de Fundição**, Varginha, cap. 6, p.1-7, 2009.

SLACK, Nigel, **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 2002.

TORRE, J. **Manual de Fundição**. São Paulo. Hemus, 1975.

UHLMANN, Günter Wilhelm. Kaizen. In: _____. **Administração: Das Teorias Administrativas à Administração Aplicada e Contemporânea**. São Paulo: FTD, 1997. Cap. 6, p. 162.

WOMACK, J. P; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. 5. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

FIBERTEX. São Paulo: 23 nov. 2010. Disponível em: <<http://www.fibertex.com.br/>>. Acesso em : 23 nov. 2010.

TERMOCOM. Campinas: 23 nov. 2010. Disponível em: <<http://www.termocom.com.br/isolamento/index.php>>. Acesso em: 23 nov. 2010.